

**ИННОВАЦИОННЫЕ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ И
КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Сборник трудов
XV Международной научно-практической конференции**



Мероприятие проводится при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований,
Проект № 18-07-20057

1 – 10 октября 2018 года
Россия, г. Сочи

УДК 681.3 + 681.5
И 66

И 66 Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции. / под ред. С.У.Увайсов – Москва: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2018, с. 652.

ISSN 2500-1248

Представлены материалы четырнадцатой международной научно-практической конференции. Сборник отражает современное состояние инноватики в образовании, науке, промышленности, социально-экономической сфере и медицине с позиций внедрения новейших информационных и коммуникационных технологий.

Представляет интерес для широкого круга специалистов в области современных информационных и коммуникационных технологий, научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов, связанных с инновационной деятельностью.

Редакционная коллегия:

Авдеюк О.А., Васильев А.Г., Витязев В.В., Wójcik W., Голованова Н.Б., Горбунов А.П., Иванов И.А. (отв. ред.), Каперко А.Ф., Кечиев Л.Н., Климов К.Н., Кофанов Ю.Н., Кравец А.Г., Кудж С.А., Кулагин В.П., Касејко Р., Нефедов В.И., Панков В.Л., Петросянц К.О., Пожидаев Е.Д., Рагуткин А.В., Сасенко В.С., Сигов А.С., Соколов В.В., Стукач О.В., Тимошенко А.В., Халютин С.П., Харьков В.П., Черемисина Е.Н., Чернова Н.И., Шашурин Г.В., Шелупанов А.А., Шмид А.В., Увайсов С.У. (гл. ред.), Юрков Н.К.

ISSN 2500-1248

© Оргкомитет конференции ИНФО-2018

МЕРОПРИЯТИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

Планарное заседание



Фундаментальные проблемы инноватики

Рассматриваются результаты фундаментальных исследований в различных областях научной и практической деятельности.

Секционные заседания



Современные технологии в информационном обществе

Посвящена применению информационных и коммуникационных технологий в образовании и социально-экономической сфере. Рассматриваются вопросы: управления образовательным процессом в высшем, среднем и начальном образовании; дистанционного обучения; применения ИКТ для повышения качества преподавания; применения ИКТ для управления, регулирования и повышения качества социальных и бизнес-процессов; и другие.



Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования в науке, технике и технологиях

Рассматриваются вопросы использования современных ИКТ при проведении научных исследований и разработке новых видов техники и технологий в промышленности.



Энергетика и энергосберегающие технологии

Посвящена вопросам разработки новых видов источников энергии и их практического применения, использования альтернативных источников энергии в жизни и деятельности человека, повышения их эффективности.



Антенны, СВЧ техника, технологии и производство радиоэлектронных систем

Рассматриваются вопросы электромагнитной совместимости, излучения, приема и распространения электромагнитных волн, управления полями с помощью различных физических явлений, численного электродинамического моделирования, исследования, разработки и создания антенн, СВЧ-устройств, материалов и компонентов проектирования спецоборудования для радионавигации, радиолокации, телевидения, радиоастрономии, радиоуправления, радиоэлектронной борьбы и телекоммуникаций.



Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций

Рассматриваются экологические, технологические, экономические и информационные и правовые проблемы развития строительного материаловедения, возникающие при создании новых энергоэффективных строительных материалов, изделий, конструкций и технологий, нормативной документации, соответствующей современным социальным требованиям жизни и деятельности общества. Задачами работы секции являются: развитие современного материаловедения, создание и информатизация современной правовой, нормативной базы при исследованиях, производстве и эксплуатации новых строительных материалов и технологий; увеличение доли энергоэффективных строительных материалов, изделий и конструкций в строительстве.

Круглые столы, семинары, мастер-классы

Контакты оргкомитета:

E-mail: conf@diag.ru

www: www.diag.ru

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ

Сигов А.С., профессор, доктор физико-математических наук, академик РАН, президент МИРЭА – Российского технологического университета.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель

Кудж С.А., профессор, доктор технических наук, ректор МИРЭА – Российского технологического университета.

Заместитель председателя

Карминская Т.Д., доцент, кандидат технических наук, ректор Югорского государственного университета

Васильев А.Г., проф.	Москва, директор ИРТС РТУ МИРЭА
Витязев В.В., проф.	Рязань, зав. каф., РГРТУ
Голованова Н.Б., проф.	Москва, заместитель первого проректора РТУ МИРЭА
Горбунов А.П., проф.	Пятигорск, ректор ПГУ
Гузейн-заде Н.Г., проф.	Москва, заведующий отделом, ИОФ РАН
Kasęjko Piotr, prof. dr hab., inż.	Lublin, Rektor of Lublin University of Technology
Карпенко А.П., проф.	Москва, зав. каф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Klaban Vladimír, Prof. Ing., CSc	Brno, RAŠÍNOVA VYSOKÁ ŠKOLA s.r.o.
Kokes Josef, Assoc. prof., CSc.	Prague, prorector of VSMIEP Prague
Kuzaev G.A., Prof.	Nordheim, Prof. radio group of Norwegian Institute of Science and Technology
Мещеряков Р.В., проф.	Москва, ИПУ РАН
Новиков Н.Н., проф.	Москва, ген. директор НАЦОТ
Панков В.Л., проф.	Москва, советник по УМР РТУ МИРЭА
Пожидаев Е.Д., проф.	Москва, Научный руководитель лаборатории, НИУ ВШЭ
Prachař Jan, Ing., PhD.	Prague, Evropský polytechnický institut
Рагуткин А.В.	Москва, проректор по инновационному развитию РТУ МИРЭА
Романенко Ю.А., проф.	Серпухов, с.н.с. ВА РВСН
Соколов В.В., проф.	Москва, советник, РТУ МИРЭА
Тимофеев Г.А., проф.	Москва, руководитель "НУК РК", МГТУ им. Н.Э. Баумана
Тимошенко А.В., проф.	Москва, проректор по учебной работе РТУ МИРЭА
Халютин С.П. проф.	Москва, ген. дир. ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт»
Черемисина Е.Н., проф.	Дубна, директор Института системного анализа и управления университета «Дубна»
Чернодаров А.В., проф.	Москва, гл.н.с. ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт»
Шашурин Г.В., доц.	Москва, декан, МГТУ им. Н.Э. Баумана
Шелупанов А.А., проф.	Томск, ректор ТУСУР
Шмид А.В., проф.	Москва, генеральный директор "ЕС-Лизинг"

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель

Увайсов С.У., профессор, доктор технических наук, зав. каф., РТУ МИРЭА

Заместитель председателя

Юрков.Н.К., профессор, доктор технических наук, зав. каф., ПензГУ

Ученый секретарь конференции

Иванов И.А., кандидат технических наук, доцент, РТУ МИРЭА

Абрамов О.В., проф.	Владивосток, зав. отд. РАН Дальневосточное отд. ИАПУ
Аверченков В.И., проф.	Брянск, БГТУ
Авакян А.А., проф.	Жуковский, НИИАО
Авдеюк О.А., доц.	Волгоград, декан ФЭВТ ВолгГТУ

Битюков В.К., проф.	Москва, РТУ МИРЭА
Бушмелева К.И., проф.	Сургут, зав. каф., СурГУ
Воробьев Г.А., доц.	Пятигорск, директор института, ПГУ
Воруничев В.С.	Москва, зам.дир. ИРТС РТУ МИРЭА
Wójcik Waldemar, Prof. dr hab., inż.	Lublin, director of the Institute of Electronics and Information Technology of Lublin University of Technology
Галкин В.А., проф.	Сургут, СурГУ
Горшков П.С., доц.	Москва, упр. Директор ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт»
Грачев Н.Н., проф.	Москва, РТУ МИРЭА
Гродзенский С.Я., проф.	Москва, РТУ МИРЭА
Дрейзин В.Э., проф.	Курск, Юго-западный государственный университет
Замуруев С.Н., проф.	Москва, зав. каф., РТУ МИРЭА
Исаева З.У.	Махачкала, директор медицинского центра «Ваш доктор»
Исмагилов Ф.Р., проф.	Уфа, зав. каф., УГАТУ
Каперко А.Ф., проф.	Москва, НИУ ВШЭ
Касимов А.О., доц.	Алматы, АУЭС
Кечиев Л.Н., проф.	Москва, НИУ ВШЭ
Киричек А.В., проф.	Брянск, проректор по перспективному развитию БГТУ
Климов К.Н., проф.	Москва, НПО ЛЭМЗ
Костин М.С., доц.	Москва, зам.дир. ИРТС РТУ МИРЭА
Косякин Ю.В., доц.	Тула, ТулГУ
Кофанов Ю.Н., проф.	Москва, НИУ ВШЭ
Кравец А.Г., проф.	Волгоград, ВолгГТУ
Краснов А.Е., проф.	Москва, гл.н.с. ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика»
Кулагин В.П., проф.	Москва, зам.дир. ИКБСП РТУ МИРЭА
Куликов Г.В., проф.	Москва, РТУ МИРЭА
Курьлев А.С. проф.	Астрахань, АГТУ
Левин В.А., магистр	Прага, Чешская республика
Львов Б.Г., проф.	Москва, рук. Департамента, НИУ ВШЭ
Макарова И.Л., доц.	Сочи, зав. каф. СГУ
Минзов А.С., проф.	Москва, НИУ МЭИ
Назаренко М.А., доц.	Москва, зав. каф., РТУ МИРЭА
Нефедов В.И., проф.	Москва, зав. каф., РТУ МИРЭА
Никишина Е.Е., доц.	Москва, зам.дир. ИРТС РТУ МИРЭА
Нурмагомедова Р.А.	Сочи, представитель оргкомитета ИНФО
Орлова Ю.А., доц.	Волгоград, зав. каф., ВолГТУ
Остринская А.Д.	Сочи, директор пансионата «Фрегат»
Парамонов А.А., проф.	Москва, РТУ МИРЭА
Саенко В.С., проф.	Москва, начальник лаборатории, НИУ ВШЭ
Саушев А.В., проф.	Санкт-Петербург, зав. каф., ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова
Старых В.А., проф.	Москва, рук. департамента НИУ ВШЭ
Стукач О.В., проф.	Томск, ТПУ
Теплов С.В.	Москва, ген. директор КП Технопарк «Строгино»
Трусов В.А., доц.	Пенза, ПГУ
Харьков В.П., проф.	Москва, советник ген. дир. ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт»
Чернова Н.И., проф.	Москва, зав. каф., РТУ МИРЭА

КООРДИНАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Кузина Е.А., РТУ МИРЭА
 Лышов С.М., СурГУ
 Милованова Н.В., РТУ МИРЭА
 Панасик Д.С., ПАО "РКК "Энергия"
 Увайсова С.С., НИУ ВШЭ
 Увайсова А.С., МГТУ им. Н.Э. Баумана

Основной организатор	
МИРЭА - Российский технологический университет	
Спонсоры	
Российский фонд фундаментальных исследований	
Экспериментальная мастерская НаукаСофт	
Поддержка	
Российская академия наук	
Министерство образования и науки РФ	
Организационные партнеры	
Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА имени профессора Н.Е. Жуковского	
Брянский государственный технический университет	
Государственный университет «Дубна»	
Московский Союз научных и инженерных общественных объединений	
Национальная ассоциация центров охраны труда	
Пансионат «Фрегат»	
Пензенский государственный университет	

Политехнический институт Сургутского государственного университета	
Постпредство РД при Президенте РФ	
Российское Агентство развития информационного общества	
Технопарк Строгино	
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники	
Югорский государственный университет	
Institute of Electronics and Information Technology of Lublin University of Technology	

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ

Журнал «Датчики и системы»
 Журнал «Измерительная техника»
 Журнал «Информационные технологии»
 Журнал «Качество. Инновации. Образование»
 Журнал «Методы менеджмента качества»
 Журнал «Надежность и качество сложных систем»
 Журнал «Приборы»
 Журнал «Прикаспийский журнал управления и высокие технологии»
 Журнал «Проблемы управления»
 Российский технологический журнал
 Журнал «Стандарты и качество»
 Журнал «Технологии ЭМС»
 Журнал «Тяжелое машиностроение»
 Информационный портал «РАРИО»
 Przegląd Elektrotechniczny

**Приветственное слово
участникам Международной научно-практической конференции «Инновационные,
информационные и коммуникационные технологии» научного руководителя конференции,
профессора, доктора физико-математических наук, академика РАН, президента
МИРЭА – Российского технологического университета
Александра Сергеевича Сигова**

Дорогие коллеги!



Горячо и сердечно приветствую участников Международной научно-практической конференции «Инновационные, информационные и коммуникационные технологии»!

На сегодняшний день в качестве одной из приоритетных задач, стоящих перед многими государствами, является переход на качественно новый – инновационный вектор научно-технического развития.

Обсуждение актуальных проблем совершенствования инновационной политики стран, внедрения новых информационных технологий в приоритетные отрасли цифровой экономики, науки, образования и других важнейших проблем может стать импульсом к решению поставленных задач.

Закономерно, что развитие информационных инновационных технологий, способов общения и обмена информацией привлекает большое внимание общества. Люди стремятся к объединению, в том числе, для создания и внедрения новых форматов информационного взаимодействия. Инновационные информационные технологии – фундамент для построения современного информационного общества и ключевой элемент перехода к инновационному типу экономики.

Внедряемая на их базе система информационных технологий поможет гражданам, науке, образованию, бизнесу и государству работать более эффективно. Информационные технологии сегодня пронизывают практически все области человеческой жизни, поэтому каждый шаг на пути развития информационных технологий требует принятия совместных решений.

И сегодня конференция – удобная площадка для диалога профессионалов из науки, образования и бизнеса. Надеюсь, что обсуждение названных проблем внедрения информационных технологий в рамках форума станет весомой поддержкой решения стратегических задач, повышения качества жизни людей и их благосостояния. Благодаря усилиям организаторов, участникам форума предложена насыщенная и интересная программа. На обсуждение вынесены очень актуальные темы, нам будет интересно ознакомиться с результатами дискуссии и выработанными рекомендациями.

Желаю участникам Международной научно-практической конференции достигнуть намеченных целей и с успехом реализовать новые идеи по созданию и внедрению информационных технологий, которые, несомненно, появятся по итогам проведения данного Форума.

Президент РТУ МИРЭА А.С. Сигов

**Приветственное слово
председателя программного комитета профессора, доктора технических наук, ректора
МИРЭА – Российского технологического университета
Станислава Алексеевича Куджа**



Уважаемые коллеги! Дорогие друзья!

Наш вуз в этом году проводит очередную ежегодную Международную научно-практическую конференцию «Инновационные, информационные и коммуникационные технологии».

Эта конференция проходит в то время, когда перед высшим образованием на первый план выходят проблемы, связанные с концентрацией сил и ресурсов с целью нахождения принципиально новых решений и механизмов, позволяющих адекватно отразить новую политику многих стран в сфере образования.

Активное внедрение новейших информационных инновационных технологий является одним из ключевых условий развития стран. Помимо экономического эффекта, информационные технологии оказывают огромное влияние на образ жизни современного человека. Это и новые модели ведения бизнеса, и новые методы осуществления государственного управления, и новые формы образования.

Необходимой предпосылкой развития информационных инновационных технологий является формирование профессионального кадрового потенциала. Нам предстоит дальнейшее совершенствование системы подготовки и повышения квалификации специалистов информационно-технологической отрасли, внедрение образовательных и профессиональных стандартов, соответствующих международному уровню.

При этом серьезное повышение уровня компетенций будущих специалистов невозможно без участия работодателей. Именно работодатели являются главными заказчиками новой системы образования, определяющими ее содержание, структуру и критерии оценки качества.

Надеюсь, что проводимая нашим вузом конференция позволит многим ее участникам довести до широкой общественности свои идеи в различных областях деятельности, обменяться накопленным опытом и мнениями по всем важнейшим вопросам и проблемам, создать благоприятные условия для дальнейшего сотрудничества и творческой активности как отдельных ее участников, так и коллективов учреждений.

Желаю вам конструктивного обсуждения и успешной работы! Желаю всем плодотворной и содержательной работы, установления новых деловых контактов, успехов и всего самого доброго.

Ректор РТУ МИРЭА С.А. Кудж

Приветствие

участникам XV Международной научно-практической конференции
«Инновационные, информационные и коммуникационные технологии»
Председателя организационного комитета,
профессора, доктора технических наук
Увайсова Сайгида Увайсовича



Уважаемые коллеги,

рад приветствовать вас и поздравить с началом работы нашей ежегодной, юбилейной, 15-ой, и уже ставшей традиционной, международной научно-практической конференции! От имени оргкомитета выражаю благодарность всем, кто нашел возможность приехать для очного участия в работе мероприятия. Также, от имени участников конференции, благодарю Российский центр науки и культуры в Праге за радушный прием и предоставленные прекрасные условия для работы во всех форматах запланированных пленарных и секционных заседаний, круглых столов и мастер-классов.

Организуя это мероприятие в географическом центре Европы – Чешской Республике, мы рассчитываем на широкое международное участие и обмен мнениями, проблемами и решениями этих проблем в области

информационных технологий и их инновационных приложений в самых разных отраслях человеческой деятельности: от образования и науки до экономики и социальной сферы.

Идя навстречу потребностям дня и, учитывая востребованность для участников в издании материалов трудов, индексируемых с Scopus и WoS, мы планируем проведение в рамках нашей конференции международного семинара по проектированию и технологии производства электронных средств, посвященного вопросам повышения эффективности проектирования электронных средств и технологичности производственных процессов. Семинар в следующем году включен в календарь IEEE под номером 44515.

Вместе с тем мы считали и считаем, что новые идеи и результаты можно и нужно искать на стыке разных отраслей науки. Поэтому конференция и в будущем будет широкой по охвату рассматриваемых и обсуждаемых проблем, оставаясь открытой к зарождению в ее рамках новых секций, круглых столов, мастер-классов и других форм международного научно-практического взаимодействия. При этом, объединяющей основой будут оставаться информационные технологии.

Желаю вам, уважаемые участники конференции, творческого вдохновения, плодотворной работы и приятных впечатлений.

Искренне ваш, С.У. Увайсов

К 95-летию Бориса Васильевича Сестрорецкого



6 августа 2018 г. исполнилось 95 лет со дня рождения выдающегося ученого и педагога, доктора технических наук, профессора Бориса Васильевича Сестрорецкого (06.08.1923–07.07.2017).

Борис Васильевич родился 6 августа 1923 года в городе Ярцево Смоленской области. В 1941 г. он окончил с отличием московскую школу № 255. После окончания школы Б.В. Сестрорецкий пошел добровольцем в строительный отряд для создания оборонительных сооружений в районе Вязьмы и был награжден медалью за оборону Москвы. В 1942 г. Борис Васильевич поступил на физико-математический факультет Пермского государственного университета и при этом работал в ночную смену на оборонном заводе. В 1943 г. Борис Васильевич вернулся из эвакуации в Москву и продолжил обучение на радиотехническом факультете (РТФ) в Московском энергетическом институте (МЭИ). В дипломном проекте “Установка для измерения погонного затухания электромагнитных волн в воздухе для сантиметровых волн” Борис Васильевич предложил и реализовал принципиально новый метод возбуждения высокочастотных резонаторов с устранением паразитных колебаний. После окончания с

отличием МЭИ, в 1948 г. Борис Васильевич Сестрорецкий работал в Московском научно-исследовательском институте приборостроения (МНИИП), где занимался освоением техники миллиметровых волн, разработкой и испытанием двухчастотных РЛС, газоразрядных защитных устройств миллиметрового диапазона, сумматоров мощных сигналов. В 1956 г. Борис Васильевич защитил диссертацию “Синтез фильтров, сумматоров высокого уровня мощности” на соискание ученой степени кандидата технических наук. В этот период Б.В. Сестрорецкий проводил исследования по низкотемпературным эффектам в полупроводниках, по созданию маломощных защитных и коммутационных устройств; изучал воздействие явления сверхпроводимости в СВЧ устройствах для стабилизации частоты маломощных генераторов и фильтров. Борис Васильевич принимал участие в создании мощных высокостабильных генераторов Ганна (совместно с ФИ АН СССР), в разработке и внедрении в серийное производство резонансных $p-n$ переключаемых диодов и ограничителей, бескорпусных диодов сантиметрового и миллиметрового диапазонов, пассивных и активных фазированных антенных решеток.

В 1963 г. вышла монография: Е.С. Кухаркин, Б.В. Сестрорецкий “Электрическая прочность волноводных устройств” (М.: Высш. шк.), в 1969 г. – монография: И.В. Мальский, Б.В. Сестрорецкий “СВЧ устройства на полупроводниковых диодах: проектирование и расчет” (М.: Сов. радио).

В 1973 г. Борис Васильевич защитил диссертацию по теории проектирования коммутационных полупроводниковых СВЧ устройств на соискание ученой степени доктора технических наук.

С 1996 г. Борис Васильевич Сестрорецкий работал в НПО им. С.А. Лавочкина, а с 2008 г. на НПО ЛЭМЗ.

С середины 1970-х годов научные интересы Бориса Васильевича связаны с проблемами вычислительной электродинамики. Тогда были разработаны многочисленные алгоритмы и программы для анализа электрических цепей, поэтому идея сведения краевой задачи к задаче анализа цепей была вполне актуальной. Б.В. Сестрорецким созданы две эквивалентные модели уравнений Максвелла в виде электрических цепей с сосредоточенными и распределенными параметрами. Одна модель прямоугольного параллелепипеда состояла из индуктивностей, емкостей и идеальных трансформаторов и, по существу, была исправленной моделью Крона, и соответствовала дискретизационной схеме Ие. Эта модель Крона–Сестрорецкого является иллюстративной топологической моделью уравнений Максвелла, она включена в учебники по электродинамике. Вторая модель кубического элемента в виде электрической цепи из отрезков линий передачи была получена непосредственно из модели с сосредоточенными элементами для анализа во временной области. Борис Васильевич назвал обе модели импедансными аналогами электромагнитного пространства. Позже модели получили неофициальное название роторного и потокового кубика Сестрорецкого. Идеи сетевого подхода Б.В. Сестрорецкого были успешно использованы в МНИИП для решения широкого класса практических задач. Сетевые аналогии для двумерных задач были использованы Борисом Васильевичем при разработке эффективных

вычислительных программ для моделирования полосковых линий передачи, неоднородностей в прямоугольных, круглых и коаксиальных волноводах. На основе сетевой аналогии преобразования треугольника в звезду под руководством Бориса Васильевича были разработаны различные варианты фронтальных методов для решения больших разреженных систем линейных уравнений. Фронтальные методы, формально введенные в вычислительную математику только в 1970-е годы, и сегодня являются наиболее эффективными прямыми методами решения разреженных систем линейных уравнений. Использование сетевых аналогий при разработке фронтальных алгоритмов имеет несомненное преимущество.

Борис Васильевич внес большой вклад в разработку метода импедансного аналога во временной области, который до этого использовался только для решения двумерных волноводных задач. В начале 1980-х годов были заложены теоретические основы метода и проверены алгоритмы на практических задачах. Трехмерные модели, эквивалентные первым трехмерным моделям метода матриц из линий передач, для построения универсальных программ, не использовались, по-видимому, из-за большой трудоемкости и низкой точности вычислений. Все изменилось в 1983 году, когда Борис Васильевич построил так называемую балансную модель элементарного объема пространства, которая позже получила название балансного кубика Сестрорецкого. По существу, это было открытием нового вычислительного метода для уравнений Максвелла. На западе аналогичная модель, названная конденсированным узлом метода матриц из линий передачи, была описана П. Джонсом лишь спустя четыре года после публикации Бориса Васильевича Сестрорецкого. Позже, метод был обоснован при помощи конечно-разностной процедуры, а также методов дифференциальной геометрии. Таким образом, благодаря смелой идее Сестрорецкого в России появилась первая универсальная трехмерная программа для решения внутренних задач электродинамики. Это было осуществлено задолго до того, как аналогичные программы были разработаны за рубежом.

Под руководством Б.В. Сестрорецкого был разработан комплекс вычислительных программ для анализа СВЧ устройств, аналоги которых появились за рубежом лишь недавно. Этот пакет используется для обучения в России и сегодня. Разработанный же под руководством Б.В. Сестрорецкого комплекс программ для анализа рассеяния электромагнитных волн от неоднородных плазменных образований во временной области для обыкновенной и необыкновенной волн, до сих пор не имеет аналогов за рубежом.

Борис Васильевич много сил и времени отдал на воспитание молодого поколения исследователей. С 1965 г. по 2003 г. он преподавал на базовой кафедре Московского физико-технического института, а в 2003 г. организовал и возглавил отделение кафедры «Радиотелекоммуникационные устройства и системы» Московского института электроники и математики на НПО им. С.А. Лавочкина. Им выпущено 4 учебных пособия и большое количество учебно-методических материалов. Б.В. Сестрорецкий подготовил 16 кандидатов наук, один из которых стал впоследствии доктором наук. С 1958 г. по 1985 г. Борис Васильевич был председателем секции межведомственного координационного совета по антенной технике. Он организовал и провел 12 Всесоюзных конференций и 3 семинара по машинному проектированию СВЧ устройств.

В 2016 и 2017 годах Борис Васильевич был сопредседателем секции "Антенны и СВЧ устройства" Международной научно-практической конференции ИНФО, которая ежегодно проводится в г. Сочи.

Б.В. Сестрорецкий принимал участие в более чем 100 Всероссийских и Международных конференциях, где сделал более 300 докладов, он написал 4 монографии, получил 4 патента Российской Федерации и 40 авторских свидетельств на изобретения.

За долголетнюю научно-практическую деятельность Борис Васильевич награжден медалью Гагарина, медалью Лавочкина и медалью ВДНХ.

Учебные занятия, проводимые Борисом Васильевичем, пользовались неизменным успехом у студентов. Они были интересны, проходили живо, неформально, с активным участием всех присутствующих. На занятия Борис Васильевич приглашал ведущих специалистов, использовал новые формы передачи знаний. Ученики и выпускники Бориса Васильевича Сестрорецкого работают сегодня и в России, и за рубежом и продолжают развивать его идеи.

Борис Васильевич был не только выдающимся ученым и педагогом, но и прекрасным человеком, другом, который всегда был готов прийти на помощь в трудную минуту, поддержать словом и делом.

Климов К.Н.

АО «Научно-производственное объединение «Лианозовский электромеханический завод»
Россия, г. Москва, Дмитровское шоссе 110
+7 (926) 529-33-70, const0@mail.ru

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЩЕСТВЕ

МОДЕЛЬ РЕАЛИЗАЦИИ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО СЛЕДА

Баловнева А.Н., Колесникова С.И.*

НИ Томский политехнический университет, *Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения
+7 (960) 970-81-11, balovneva@tpu.ru, skolesnikova@yandex.ru

Предлагается и обсуждается модель профессионального самоопределения школьников и ее реализация на базе модуля компетенций, разработанная на основе цифрового следа с использованием комплексного междисциплинарного подхода, реализованного совместным применением методов математического моделирования, интеллектуального анализа данных, профориентационного тестирования, интернет-технологий.

Ключевые слова: цифровой след, междисциплинарный подход, моделирование профессионального самоопределения, профессиональные пробы, модуль компетенций.

Model of implementation of continuous education based on digital trace. Balovneva A.N., Kolesnikova S.I.*, NR TPU, *Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation.

The model of professional self-determination of schoolchildren and its implementation on the basis of the competence module are discussed. This module was developed on the basis of a digital trace using a complex interdisciplinary approach implemented by the joint application of methods of mathematical modeling, data mining, career orientation testing, and Internet technologies.

Keywords: digital trace, interdisciplinary approach, modeling of professional self-determination, professional tests, competence module.

Введение

Современные исследования проблемы профессионального самоопределения школьников с применением интернет-технологий в России посвящены системам профориентационного тестирования: компьютерные версии дифференциально-диагностического опросника Е.А.Климова, комплекс тестирования «Профориентатор» [1] и сайтам с циклом занятий по основам выбора профессий «Навигатум. Практический и методический инструментарий» [2], «ПрофВыбор.Ру» [3].

Наибольший вклад в исследования по данному направлению внес коллектив Московского городского педагогического университета [4]. В системе поддержки принятия профориентационных решений «ПРОФСИЛА» используется математическая модель в виде искусственной нейронной сети. По результатам тестирования автоматически генерируется матрица весов (карта Кохонена) и выдаются профориентационные рекомендации.

Зарубежные исследования посвящены, в основном, вопросам образования, взаимодействию человека с компьютером и здоровью. Геймификация, как инструмент, применяется с целью привлечения и удержания пользователей образовательных платформ. Для классификации обучаемых в государственной школе в Бразилии использовали кластерный анализ [5]. В Португалии предлагают игровые методы применить в глобальной социальной сети для образовательных целей [6, 7].

Наиболее полный обзор литературы по геймификации представлен канадскими учёными [8]. Несмотря на широкое распространение в социуме игровых технологий отсутствует доказательная база эффективности применения геймификации в качестве инструмента для повышения мотивации и привлечения пользователей в развлекательных контентях.

Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», вступивший в силу с 1 сентября 2013 года, урегулировал реализацию образовательных программ с использованием электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Президиум Совета при президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам 25 октября 2016 г. утвердил паспорт проекта «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации» с целью создания условий для системного повышения качества и расширения возможностей непрерывного образования для всех категорий граждан за счёт развития российского цифрового образовательного пространства и увеличения числа обучающихся образовательных организаций, освоивших онлайн-курсы до 11 млн. человек к концу 2025 года.

Отмечено, что ошибка абитуриентов в выборе профессии не отвечает современным вызовам и не решает производственных задач (отчисление студентов 1-2 курсов вузов в среднем по РФ 10%) [9].

По-видимому, остается ожидать, что переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта обеспечит технологическая платформа по работе с компетенциями граждан на основе цифрового следа [10].

Постановка проблемы

В докладе обсуждается проблема разработки математической и компьютерной модели профессионального самоопределения школьников и реализации ее решения на базе модуля компетенций и решений следующих основных сопутствующих задач.

1. Разработка методологии мониторинга профессионального самоопределения школьников.
2. Комплексное исследование фундаментальных механизмов, лежащих в основе профессионального самоопределения школьников (в том числе, определение социальных и психолого-педагогических закономерностей профессионального самоопределения российских школьников).
3. Конструирование системы множественного управления (формирование управляющих воздействий) в реальном времени с целью оптимизации процесса профессионального самоопределения школьников, базирующегося на принципах системного синтеза [11] и методах интеллектуального анализа данных применительно к временным рядам, отражающим динамику изменения функционирования объекта наблюдения (например, [12]).
4. Разработка информационной системы мониторинга профессионального самоопределения школьников.

Специфика предмета исследования, его становящийся, стремительно развивающийся характер на основе современных IT-технологий предполагает разработку междисциплинарных методологических и методических подходов, открывающих путь к специализированным предметным областям, каковыми являются виртуальные практики исследования профессионализации самосознания школьников.

Для решения основной задачи - разработки эффективной методологии мониторинга профессионального самоопределения школьников – требуется реализация следующих микрозадач, которые, тем не менее, имеют самостоятельную ценность:

- а) сформировать и обосновать числовые критерии эффективности мониторинга;
- б) создать алгоритм отбора наиболее значимых локальных показателей (признаков) (имеющих наибольший вклад в глобальный показатель эффективности мониторинга);
- в) произвести верификацию и апробацию выявленных закономерностей.
- д) выделить и обосновать релевантные математические методы оценки интеллектуального и профессионально-личностного потенциала индивида во взаимосвязи с его ценностно-смысловыми и целевыми установками.

Разработка алгоритма по реализации выше указанных п.п. а)-д) будет основана на совместном использовании алгебраического подхода к распознаванию образов и кластеризации (классификации), методах моделирования динамически изменяющихся показателей (признаков), методах анализа и синтеза интегрированных макропеременных, синергетической теории синтеза систем и управления ими.

Решение проблемы

На первом этапе планируется проведение анализа взаимосвязи теоретических и экспериментальных психолого-педагогических исследований в условиях предоставления свободы выбора профессионального самоопределения школьников. Школьник выбирает профессию с пассивной позиции, так как инициатива исходит от педагогов и родителей – отсутствует обратная связь.

Возникает необходимость мотивировать школьников к активизации практической деятельности для профессионального самоопределения. Инновационный метод в этом направлении – геймификация – был положен в основу деятельности интерактивной образовательной платформы Интернет-лицея Томского политехнического университета [13]. В процессе онлайн-обучения слушатели включаются в процесс профессиональной активизации (модули «Игры – «Экспедиция», «Пилигримы», МООК «Инженерия будущего» [14], «Тренажёры», «Проекты»). Структура проекта «Интернет-Лицей» в настоящее время включает информационно-обучающую часть. Образовательный контент представляется в соответствии со школьными дисциплинами.

В рамках информационно-обучающей части построена система сбора статистики профессиональных компетенций участника проекта на количественном расчете баллов, которые игрок получает, выполняя задания по дисциплинам. Содержание теоретического материала соответствует базовому уровню учебных дисциплин (в рамках федеральных стандартов). Структура и содержание теоретических курсов основывается на учебных материалах, рекомендованных Министерством образования и науки РФ. Это позволяет использовать предлагаемые материалы для проведения тематических уроков.

На данный момент реализованы и реально используются следующие видеоматериалы:

1) видеоролики с опытными примерами и экспериментами, наглядными чертежами с целью применения на учебных занятиях базового уровня и визуализации изучаемых тем при отсутствии возможности воспроизведения тех или иных явлений в аудиторных и лабораторных условиях;

2) видеолекции, используемые учащимися для самостоятельного изучения темы или разбора сложных задач, повторения пройденного материала.

3) видеоролики с выступлениями преподавателей и ученых НИ ТПУ и других научных и образовательных организаций, реализующих более глубокое погружение в тему и подробное рассмотрение отдельных вопросов.

Данные ролики используются в рамках занятий, где изучаются дисциплины на профильном уровне, а также специальных курсов и олимпиадного движения.

Тренажер, представленный в «Интернет-лицее ТПУ», включает задания разного уровня сложности и применяется в рамках следующих форматов:

– простые задания и задания среднего уровня сложности используются преподавателями в рамках проверочных работ на дисциплинах базового уровня учебного плана;

– задачи тренажера повышенной сложности практикуются в рамках дисциплин, которые изучаются на профильном уровне;

– учащиеся используют онлайн-тренажер при самостоятельной проработке материалов, а также при подготовке к ЕГЭ.

Помимо образовательного контента сайт «Интернет-лицей» содержит научные онлайн-игры:

- «Экспедиция» (3135 активных игроков),

- «Пилигримы» (624 активных игрока),

- массовый открытый онлайн-курс «Инженерия будущего» (6384 слушателя – 603 сертификата).

Указанные онлайн-игры преследуют микроцель по развитию проектных и исследовательских компетенций учащихся, и макроцель по формированию их профессиональной ориентации. Применяя базовые знания, школьник выполняет практические задания (профессиональные пробы онлайн). Действия участника конвертируются в баллы и привязаны к профилю (личный кабинет).

Для выявления основных показателей, влияющих на профессиональное самоопределение школьников планируется осуществление естественных в таких системах дальнейших действий:

- применение анализа собранных данных на базе методов машинного обучения (деревья решений, нейронные сети и другие методы и модели интеллектуального анализа данных);

- использование полученной обучающей выборки по имеющимся данным для разработки новых алгоритмов с прогностической целью;

- сокращение размерности пространства признаков для ускорения работы всех алгоритмов, реализующих решение поставленных задач;

- систематическое проведение кроссвалидации разработанных алгоритмов для определения его адекватности как динамической системы.

Применение инкрементного обучения (или дообучения по ходу последовательно появляющихся обучающих прецедентов) алгоритмов, реализующих выбранные методы решения поставленной большой задачи профессионального самоопределения, позволит обеспечить динамически изменяющуюся стратегию по принятию решений.

Заключение

В докладе представлена версия совместного применения классического подхода профессионального самоопределения, базирующегося на «трех китах» профориентации: самоанализ, профессиональные пробы и выбор профессии [15] и онлайн-технологий для решения проблемы профессионального самоопределения школьников:

• геймификация и длительное сопровождение школьников в процессе подготовки к обучению в высшей школе;

• обучение школьников по профильным предметам через образовательный контент с обеспечением возможности самопроверки на тренажерах по профилирующим предметам;

• пробное тестирование по КИМах к сдаче ЕГЭ;

• реализация виртуальных проектов для школьников;

• профориентационное тестирование;

• создание базы учебных материалов;

• проведение педагогических измерений компетенций потенциальных абитуриентов;

• проектирование индивидуальных образовательных траекторий на основе цифрового следа.

Цифровой след позволяет синхронизировать по отраслям и внутриотраслевым специализациям показатели профессиональных проб онлайн с надпрофессиональными навыками и умениями Атласа

новых профессий [16]. На основе цифрового следа для Образования будущего возможно формирование индивидуальных траекторий обучения, игровых сред-онлайн и электронных наставников.

Благодарности

Работа частично поддержана РФФИ № 17-08-00920.

Литература

1. Иванова О.Н. Комплекс тестирования «ПРОФОРИЕНТАТОР»: психометрические и прагматические свойства теста [Электронный ресурс] / О. Н. Иванова, В. В. Одинцова // Профорориентационное и образовательное тестирование. М.: Телетестинг, 2008. – URL: www.teletesting.ru
2. Навигатум [Электронный ресурс]: игровые профорориентационные материалы. – М., [б. г.]. – URL: <http://www.navigatum.ru/>
3. «ПрофВыбор.Ру» [Электронный ресурс]: электронный музей профессий. – [Б. м.], 2016. – URL: <http://www.profvibor.ru>
4. Каптерев А. И. Использование интернет-технологий в профорориентации старшеклассников [Электронный ресурс] // Технологии информационного общества в науке, образовании и культуре: сб. науч. ст.: тр. XVII Всероссийской объединенной конференции «Интернет и современное общество» (IMS-2014), С.-Петербург, 19-20 ноября 2014 г. – СПб., 2014. – 320-328. – URL: ojs.ifmo.ru/index.php/IMS/article/download/271/267
5. Effectiveness of gamification in the engagement of students / Luma da Rocha Seixas, Alex Sandro Gomes, Ivanildo Jose de Melo Filho // Computers in Human Behavior. - Volume 58. - May 2016. – P. 48-63.
6. Jorge Simoes. A social gamification framework for a K-6 learning platform / Jorge Simoes Rebeca Diaz Redondo, Ana Fernandez Vilas // Computers in Human Behavior. - Volume 29. - Issue 2. - March 2013. – P. 345.
7. Luis de-Marcos. On the effectiveness of game-like and social approaches in learning: Comparing educational gaming, gamification & social networking / Luis de-Marcos, Eva Garcia-Lopez, Antonio Garcia-Cabot // Computers & Education. - Volume 95. - April 2016. - P 99.
8. Katie Seaborn. Gamification in theory and action: A survey / Katie Seaborn, Deborah I. Fels // International Journal of Human-Computer Studies. - Volume 74. - February 2015. – P. 14.
9. Министерство образования и науки Российской Федерации [Электронный ресурс]. - электрон. дан. - Москва.-URL: <https://минобрнауки.рф>
10. Университет НТИ «20-35» [Электронный ресурс]. - электрон. дан. - Москва, 2017.-URL: <http://2035.university>
11. Колесников А.А. Синергетика и проблемы теории управления: сборник научных трудов / Под ред. А.А. Колесникова. – М.: Физматлит, 2004. – 504 с.
12. Колесникова С.И. Метод распознавания и оценивания состояний слабоформализованного динамического объекта на основе разметки временного ряда // Известия РАН. Теория и системы управления. 2011. № 5. С. 41-52.
13. Открытая образовательная платформа «Интернет-лицей ТПУ» [Электронный ресурс]. - электрон. дан.- Томск, 2014.-URL: <https://il.tpu.ru>
14. Баловнева А.Н. МООК "Инженерия будущего" - система профессионального самоопределения учащихся / А.Н. Баловнева // Профессиональная подготовка студентов технического вуза на иностранном языке: эксклюзивные компетенции преподавателя: сборник материалов Всероссийской научной конференции, 20-22 апреля 2017 г., Томск. — Томск: Изд-во ТПУ, 2017. — [С. 9-12]. <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/43903>
15. Фукуяма С. Теоретические основы профессиональной ориентации. - М: Изд-во МГУ.1989.- 108 с.
16. Атлас новых профессий [Электронный ресурс]. - электрон. дан.-Москва, 2015.-URL: <http://atlas100.ru/about/>

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО МЕДИЦИНСКОГО МЕССЕНДЖЕРА

Белогуров А.А., Домрачева А.Б.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
+7(499)263-65-77, annd70@mail.ru

Работа посвящена особенностям разработки мобильного приложения для дистанционного общения участников профессиональной группы. Особенности иллюстрируются на примере мобильного приложения для медицинского сообщества. Рассмотрены вопросы проектирования пользовательского

интерфейса и архитектуры приложения, в том числе его серверной части. Приложение тестировалось на уровне модульных тестов, на уровне интеграционного (сервисного) тестирования и на уровне пользовательского интерфейса. Приведены результаты тестирования.

Ключевые слова: социальная сеть, мессенджер, профессиональная группа, медицинское сообщество, архитектура приложения, протокол передачи данных.

Mobile medical messenger's development. Belogurov A.A., Domracheva A.B., Bauman Moscow State Technical University.

The paper dwells on the development of a mobile application for distant communications of participants of professional group. Features are illustrated on the example of a mobile application for medical community. Questions of design of the user interface and architecture of application, including its server part are considered. Application was tested at the level of modular tests, at the level of integration (services) testing and at the level of user interface. Results of testing are present.

Keywords: social network, messenger, professional group, medical community, architecture of application, data transfer protocol.

Введение

Современный человек пользуется социальными сетями и различного рода мессенджерами для активного дистанционного общения.

Социальные сети, как правило, представляют собой веб-сайт с набором онлайн-сервисов, обеспечивающих общение в больших группах людей, объединенных общей идеей. Под мессенджерами обычно понимают приложения, в том числе, мобильные, для быстрого обмена сообщениями. Современные мессенджеры позволяют передавать не только текстовую информацию, но и документы, включая фото и видеоданные, что способствует росту популярности подобных приложений.

Все чаще в социальных сетях и мессенджерах возникают тематические группы и профессиональные сообщества. В таких сообществах, как следует из названия, объединены представители одной и той же профессии

При этом, особенности обсуждаемой тематики, как правило, накладывают свои требования к функционированию группы и самой сети. В некоторых случаях речь идет об ограничениях технического характера, в других, о правовых нормах. В частности, при общении специалистов-медиков в социальной сети [1], возникает необходимость просмотра данных в специализированных медицинских форматах (например, dicom-формат), при этом на представление самих данных медицинских обследований накладывают ограничения Закон РФ "152 ФЗ "О персональных данных". В связи с чем, создаются приложения, удовлетворяющие некоторому набору требований. При этом предпочтение отдается мобильным версиям. Отметим, что в таком случае грань между функциональностью социальной сети и мессенджера стирается.

Постановка проблемы

Таким образом, на предварительном этапе разработки необходимо изучить предметную область и сформулировать требования и ограничения, накладываемые как на передаваемые данные, так и на структуру профессионального сообщества.

- Кроме того, в ходе работы должны быть выполнены следующие задачи:
- разработка мобильного приложения, в том числе, его серверной части;
 - проектирование пользовательского интерфейса приложения;
 - оптимизация работы приложения;
 - тестирование его работоспособности.

Требования к разрабатываемому приложению

Построив структурную схему профессионального сообщества, можно выделить одну или несколько групп пользователей, сформулировав требования к авторизации и аутентификации персоны. При этом можно использовать сокращенные или традиционные, а в ряде случаев – многоуровневые варианты входа в систему.

Далее определяется набор форматов, передаваемых мессенджером данных. Например, в случае приложения для медицинского сообщества, помимо традиционных текстовых документов, графических и видеофайлов, необходимо предусмотреть просмотр специализированных данных в формате dicom (применяется для сохранения результатов компьютерно-томографического исследования), а также данных 3D-моделирования, например, в формате *.stl. Очевидно, просмотр данных потребует разработки (применения) соответствующих библиотек. Так встроенный браузер мобильного устройства, на котором будет запущен мессенджер медицинского сообщества, должен иметь поддержку WebGL для просмотра файлов *.stl.

Отдельно следует планировать функциональные возможности приложения. При этом рекомендуется реализовать традиционные функции мессенджера (передача и просмотр сообщений), так

как дополнительные функции (метки на изображении, конвертация данных) приводят к снижению производительности разрабатываемого программного обеспечения.

Помимо перечисленных требований определяются показатели надежности разрабатываемой системы, учитывая соединение с интернетом, а также требования к защите передаваемых данных. Рекомендуется выбор защищенного протокола HTTPS для передачи данных между клиентом и сервером.

Разработка мобильного приложения

Архитектура мобильного приложения во многом зависит от выбранной платформы. В частности, тестовый менеджер разрабатывался как Android-приложение.

Как правило, разработка приложений для операционной системы Android строится на основе двух компонентов [2]. Первая из них, это *layout* файлы, которые основываются на языке разметки XML и отвечают за то, как именно приложение будет выглядеть на экране устройства. Эти файлы определяют отображение элементов, их расположения и стилей. Вторым компонентом являются файлы *Activity/Fragment*, которые отвечают за то, что именно будет отображаться на экране. Это обычные классы, которые наследуются от Android-компонент и реализуют определённый набор методов. Следует отметить, что в 2017 году на конференции «Google I/O 2017» создатель операционной системы Android представил новую архитектуру приложений, которую должны использовать разработчики в своих проектах.

Android Architecture Components [2] – это библиотека, которая представляет набор компонент для управления жизненными циклами Activity и Fragment. В качестве языка программирования может быть выбран привычный язык Java или более современный Kotlin [3].

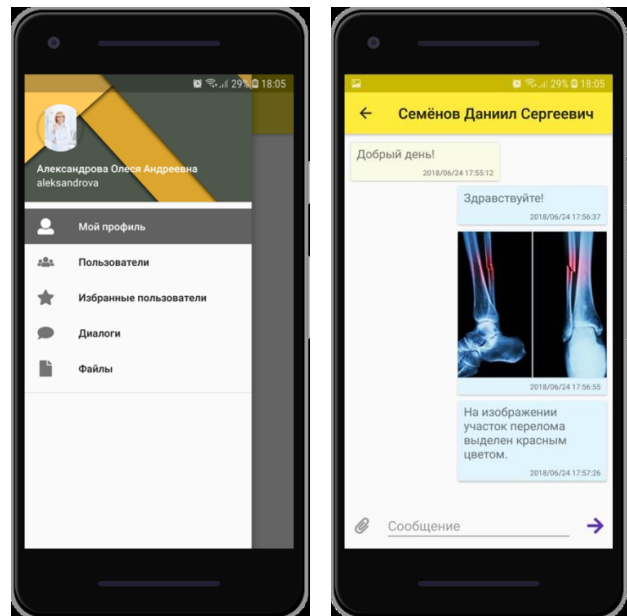


Рисунок 1 – Пользовательский интерфейс приложения
а) навигация в приложении; б) пользовательский диалог

Отметим, что клиентское приложение является скорее оберткой данных и не выполняет никаких сложных вычислений. Вся ресурсозатратная работа выполняется на самом сервере, что позволяет разделить нагрузку между приложениями. Одновременно это является и главным недостатком архитектуры, так как повышение вычислительной мощности, быстродействия и эффективности работы сервера влечет за собой большие, а порой несоизмеримые с прагматической ценностью самого мессенджера материальные затраты.

Таким образом, следует выполнить серверную часть как независимую от клиента. Для быстрой разработки компонент и сервисов, характерных для серверной части приложения помимо традиционных нативных языков можно рекомендовать фреймворк Spring Boot [4], который является упрощенной версией Spring.

На рисунке 2 иллюстрируется структура разрабатываемого тестового приложения.

Также можно отметить, что и в клиентской, и в серверной части предусматривается хранение данных. Отметим, что к СУБД клиентской части не предъявляется сколько-нибудь значимых ресурсных требований, в отличие от СУБД серверной части, база данных которой является общим хранилищем

данных. Именно здесь важно не только обоснованно выделять требуемые сущности и связи, но столь же обоснованно определить физическую модель хранения данных.

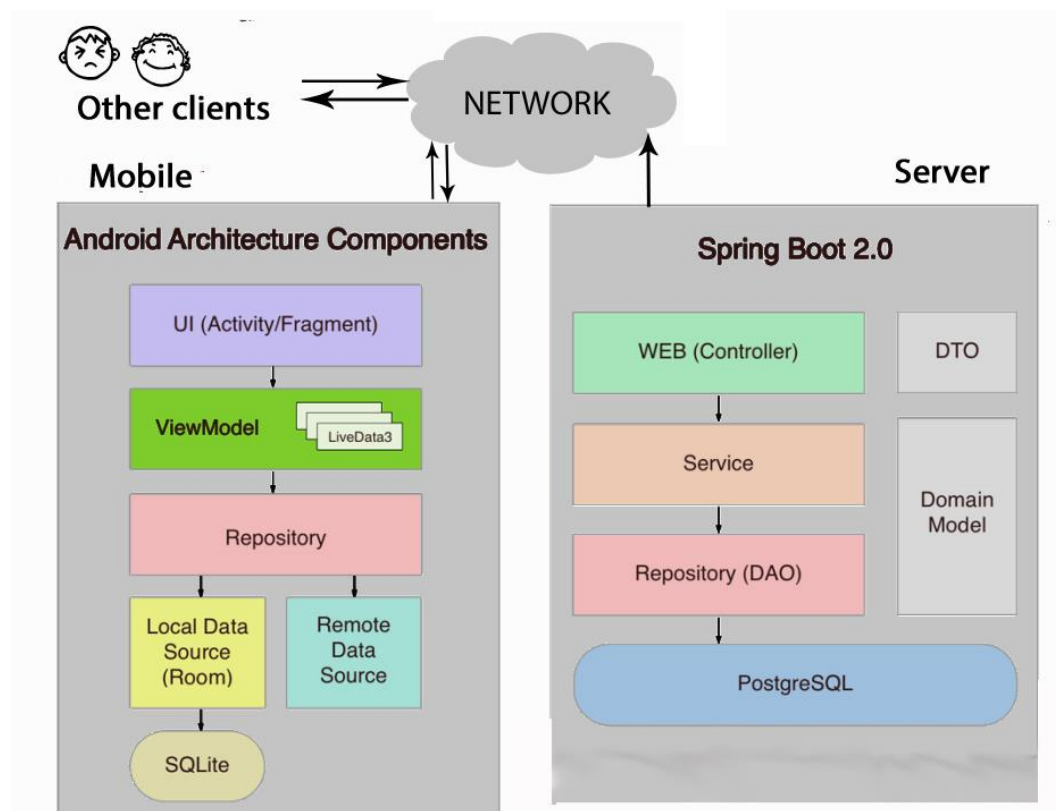


Рисунок 2 – Пример архитектуры Android-приложения, ориентированного на медицинское сообщество

Отметим, что в разрабатываемом тестовом мессенджере в качестве СУБД клиентской части выбран SQLite, а для хранилища данных на сервере – СУБД PostgreSQL [5].

Тестирование разрабатываемого приложения

Тестирование мессенджера медицинского сообщества проводилось как на уровне модульных тестов, так и на уровне интеграционного (сервисного) тестирования, а также на уровне пользовательского интерфейса.

Для тестирования клиентского приложения можно рекомендовать использование утилиты Android Profiler. Она позволяет в режиме реального времени отслеживать показатели CPU, оперативной памяти и сетевую активность. Кроме того, Android Profiler может показывать трассировку выполняемого кода, распределение памяти внутри приложения и следить за отправляемыми файлами через интернет.

Более функциональным оказывается использование библиотеки Stetho [6] компании Facebook, позволяющий при помощи инструмента Chrome DevTools браузера Google Chrome управлять внутренней базой клиента, просматривать иерархию всех UI-элементов и следить за всеми HTTP-запросами, включая просмотр их тел ответа на языке JSON.

Таким образом, разработчик может выявить изменение внутренних процессов приложения и утечки памяти, при необходимости, устраняя недостатки проектирования.

Заключение

В заключение следует отметить, что каждый разрабатываемый мессенджер профессионального сообщества имеет свои особенности, которые выражаются в требованиях и ограничениях, как передаваемых данных, так и структуры профессионального сообщества. Тем не менее, удалось выделить общие особенности подобных систем и изложить методику их разработки.

Литература

1. Belogurov A.A., Domracheva A.B. Development of the special medical application for android devices//Information Innovative Technologies. 2017. №1. С.190-192. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_29386165_43185250.pdf accessed 12.06.2018.

2. Android Architecture Components | Android Developers [Электронный ресурс]. Available at: <https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/> , accessed 12.06.2018.
3. Статически типизированный язык программирования для современных многоплатформенных приложений [Электронный ресурс]. Available at: <http://kotlinlang.org> , accessed 12.06.2018.
4. Spring Boot [Электронный ресурс]. Available at: <https://spring.io/projects/spring-boot> , accessed 12.06.2018.
5. Stetho – a debug bridge for Android applications [Электронный ресурс]. Available at: <http://facebook.github.io/stetho/> , accessed 12.06.2018.
6. PostgreSQL: The world's most advanced open source relational database [Электронный ресурс]. Available at: <https://www.postgresql.org/> , accessed 12.06.2018.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ WEB-РЕДАКТОРА 3D-МОДЕЛЕЙ

Беляев А.В., Домрачева А.Б.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
+7(499) 263-65-77, annd70@mail.ru

Работа посвящена технологии разработки web-редактора 3D-моделей. Предполагается, что модель задана в формате *.stl. Обоснованы требования к работе оператора web-редактора, на основе которых спроектирован эргономичный пользовательский интерфейс приложения. Разработана клиент-серверная архитектура приложения. Оптимизировано взаимодействие компонентов системы с целью снижения ресурсозатратности, в том числе, повышения быстродействия системы. Обоснована и проведена оценка степени оптимизации, демонстрирующая двукратное снижение объема передаваемых данных по сравнению с базовой («наивной») схемой взаимодействия. При этом время передачи данных составило примерно 0,67 от времени первоначального варианта взаимодействия.

Ключевые слова: социальная сеть, мессенджер, профессиональная группа, медицинское сообщество, архитектура приложения, протокол передачи данных.

Technological features of WEB editor's development for 3D models . Belyaev A. B., Domracheva A.B., Bauman Moscow State Technical University.

The paper dwells on the to technology of development of the web editor of 3D models. It is supposed that the model is set in the *.stl format. Requirements to operator's work of the web editor on the basis of which the ergonomic user interface of application is designed are discussed. The application client-server architecture is developed. Component interaction of system for the purpose of lowering of resources, including, increases in high-speed performance of system is optimized. The optimization level assessment showing double lowering of volume of transmitted data in comparison with the basic ("naive") diagram of interaction. At the same time transmission time of data is carried about 0,67 from time of the initial version of interaction.

Keywords: graphics editor, 3D model, web application, architecture of application, data transfer protocol.

Введение

За последнее десятилетие отмечается значительный рост интереса к прототипированию 3D-моделей в разных предметных областях, от решения традиционных технических задач до проектирования медицинских имплантов. С другой стороны, наравне с известными пакетами (Blender, 3D Slicer, FreeCad, Компас 3D и другие) появляются новые графические библиотеки для работы с 3D-графикой (Sketch UP, 4PDA, пользовательские библиотеки на основе OpenGL и прочее).

Чтобы избежать избыточности функциональности профессиональных пакетов, пользователю достаточно написать простое приложение и подключить имеющиеся библиотеки. При этом все более популярным оказывается написание веб-приложений для обработки 3D-графики, что и приводит к ряду проблем.

Постановка проблемы

Входными данными для подобных редакторов являются модели в STL-формате, представляющими собой набор точек, описывающих триангулированную поверхность (рис.1). Очевидно, что чем точнее такая модель, тем больше точек хранится в файле заданного формата.

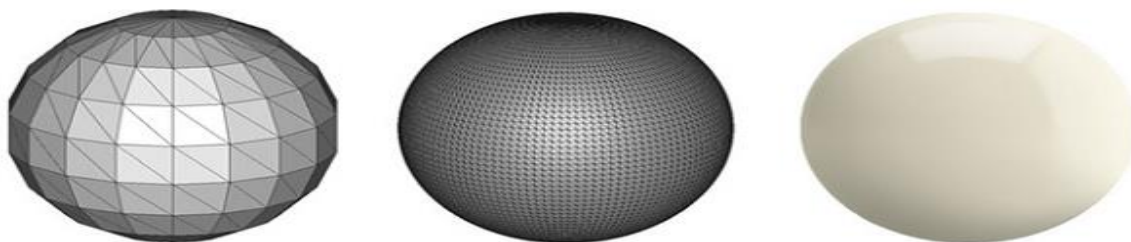


Рисунок 1 – Представление триангуляционной модели объекта с различной точностью

В силу чего при более точном представлении входных данных скорость редактирования моделей может заметно упасть при одновременном увеличении времени сетевого взаимодействия при функционировании веб-приложения.

Еще одной технологической проблемой является разработка эргономичного интерфейса оператора приложения. Анализ современных универсальных пакетов при избыточной, в ряде случаев, функциональности, демонстрирует информационно перегруженное главное окно приложения.

Разработка пользовательского интерфейса

В связи с вышеизложенным, в первую очередь, были проанализированы самые популярные сегодня графические 3D-редакторы (Компас 3D и Blender) и сформулирован минимальный набор требований к разрабатываемому редактору. Среди них можно выделить следующие:

- поддержка операций редактирования STL-моделей;
- кроссплатформенность;
- удобство работы (асинхронность работы);
- эргономичный пользовательский интерфейс;
- невысокие требования к программному и аппаратному обеспечению;
- поддерживаемость и возможность внесения изменений;
- учет значительного объема STL-файлов.

На рис. 2 представлен вариант удобного пользовательского интерфейса, позволяющий работать одновременно с двумя моделями, в том числе с объектом и его частью.

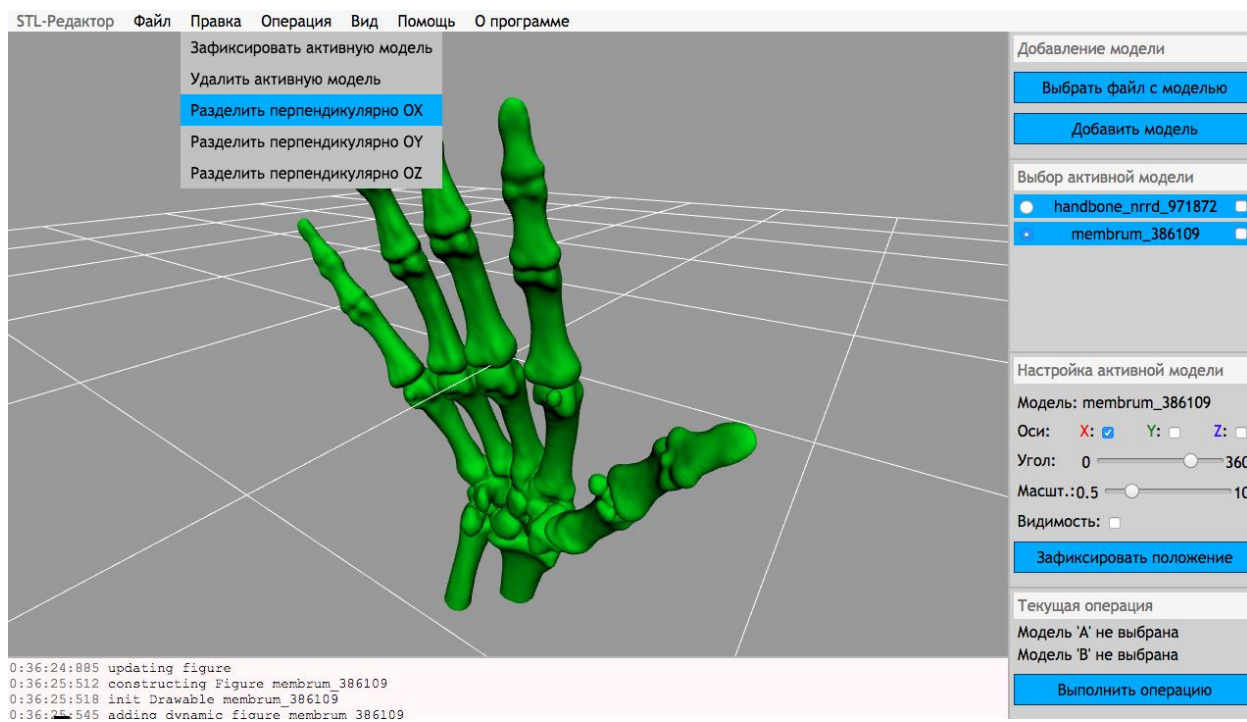


Рисунок 2 – Вариант пользовательского интерфейса для одновременной работы с моделью объекта и его части

Разработка клиент-серверного приложения

При разработке веб-приложений выделяют два этапа: создание клиентской части (фронтенд) и серверной части (бэкенд).

Проектирование пользовательского интерфейса относится к разработке фронтенда наравне с организацией хранения данных на стороне клиента и использованием библиотеки WebGL (реализация стандарта OpenGL for Embedded System или OpenGL).

Работа над серверной частью включает проектирование серверной части и ее реализация с организацией хранилища данных на сервере.

Приложение разрабатывалось на языке Rust [1] с использованием фреймворка React [2] в соответствии со стилем Rest (Representation State Transfer, передача состояния представления).

Как уже отмечалось, технологическая проблема заключается в организации оптимального взаимодействия компонентов системы. Базовая или «наивная» схема взаимодействия приведена на рисунке 3.

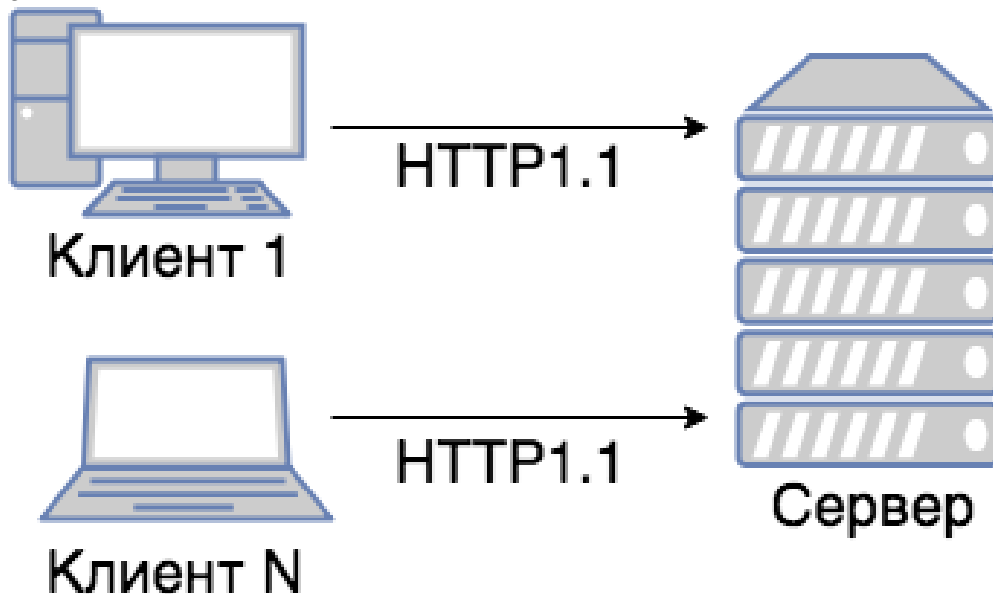


Рисунок 3 – Базовая («наивная») схема взаимодействия компонентов системы

Оценка взаимодействия согласно рис.3. демонстрирует возрастание требований к конфигурации компьютера. Так, например, проведение операции объединения над двумя моделями (объем данных каждой – 1,5 Мбайт) на компьютере с процессором Intel Core i5 1.6 GHz, Intel HD Graphics 6000, 8 Gb DDR3 (Mac OS) потребовало 3,58 минуты, что свидетельствовало о необходимости оптимизации сетевого взаимодействия.

Оптимизация взаимодействия компонентов

Оптимизацию взаимодействия компонентов следует разделить на увеличение пропускной способности канала и уменьшение объема передаваемых данных.

В рамках первого подхода к оптимизации была предложена новая схема загрузки ресурсов (конвейерная) (рис.4)

Такая модернизация не дала ожидаемого эффекта. Серверная часть потребовала доработки с целью поддержки протокола передачи данных HTTP2, позволяющего

- сжимать HTTP заголовки;
- внедрять Server Push, позволяющий передавать ресурсы браузеру до того, как он их запросил;
- мультиплексировать (отправлять параллельно) запросы за одно соединение;
- решать проблему Head Of Line (блокировки пакетов в случае, когда пакеты, прибывшие на разные входные порты, имеют одинаковый выходной порт, как пункт назначения).

Что касается сжатия данных, то протокол HTTP предполагает сжатие данных для эффективного использования сети (в случае, если клиент – браузер – прямо указал на необходимость сжатия). Наиболее популярными схемами сжатия оказываются gzip и deflate (gzip использует алгоритм deflate, который, в свою очередь, – результат применения алгоритмов LZ77 и алгоритма Хаффмана [3]). Таким образом, серверная часть должна быть «готова», как к сжатию данных, так и к поддержке протокола HTTP/2 и свойства мультиплексирования.

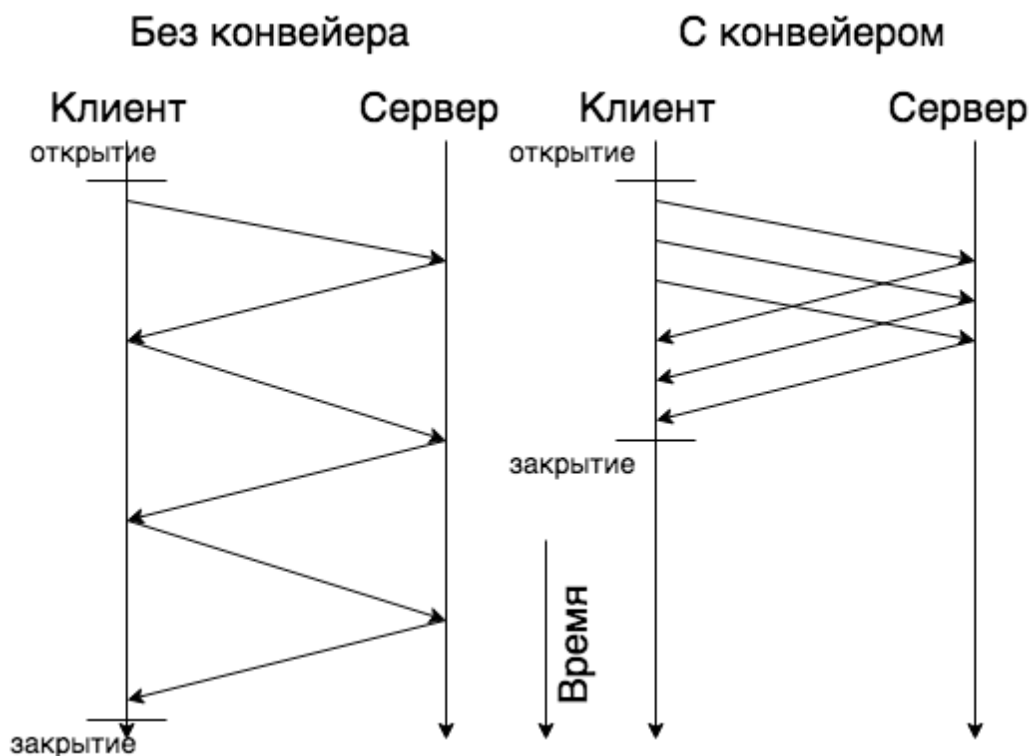


Рисунок 4 – Сравнение обычной и конвейерной загрузки ресурсов.

На рисунке 5 приведена оптимизированная сетевое взаимодействия компонентов.

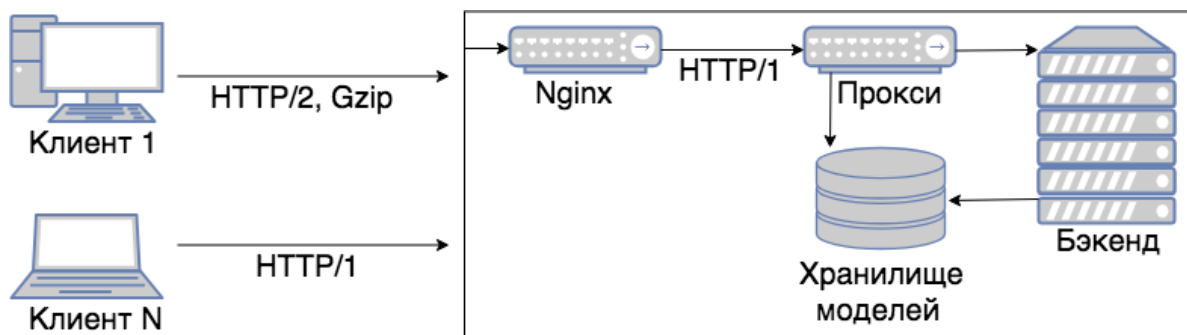


Рисунок 5 – Оптимизированная схема взаимодействия компонентов системы

Следует отметить, появление в схеме прокси-сервера, обеспечивающего, с одной стороны, безопасность клиента, с другой стороны, являясь кэширующим устройством, также ускоряет сетевое взаимодействие.

Для ускорения была также использована, применяемая в Linux схема контейнеризации. Каждый компонент системы представлен отдельным сервисом. Контейнеризация основана на использовании образов – исполняемого пакета, включающего в себя все необходимое для запуска приложения, в том числе, библиотеки и файлы конфигурации. Для работы с тестовым пакетом использовалось средство поддержки Docker Compose, обеспечивающее мультиконтейнерность исследуемого программного обеспечения.

Оценка производительности такой оптимизирующей схемы показала двукратное снижение объема передаваемых данных по сравнению с базовой («наивной») схемой взаимодействия при этом время передачи данных составило примерно 0,67 от времени первоначального варианта взаимодействия при тех же исходных данных.

Заключение

Представленная работа демонстрирует результаты исследования тестового графического редактора STL-моделей. Из-за большого объема исходных данных и активного сетевого взаимодействия компонентов системы производительность готового программного обеспечения оказалась недостаточной. В связи с этим была предложена оптимизирующая схема сетевого взаимодействия,

подразумевающая сжатие передаваемых данных, а также ряд описанных выше технологических решений, что привело к значительному повышению производительности системы.

Литература

1. Блэнди Д., Орендорф Д. Программирование на языке Rust. М. ДМК Пресс. 2015 – 206 с.
2. Бэнкс А., Порселло Е. React и Redux. Функциональная веб-разработка. Питер. 2018. 183 с.
3. SGVsbG8gd29ybGQh или история base64 [Электронный ресурс]. Available at: <http://showsteps.ru/page/team> , accessed 12.06.2018.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ С КОНТРОЛЛЕРОМ И НАКОПИТЕЛЕМ НА ЖЕСТКОМ МАГНИТНОМ ДИСКЕ В ИНТЕРАКТИВНОМ РЕЖИМЕ

Богодистова Е.С., Тельнов Г.Г.
Российский университет транспорта (МИИТ)

Представлена компьютерная обучающая программа-тренажер, позволяющая проводить эксперименты с контроллером и накопителем на жестком магнитном диске в интерактивном режиме. Исследование проходит не на модели, а в реальной системе при непосредственном управлении контроллером и приводом для выполнения операций позиционирования блока магнитных головок, чтения и записи по физическому адресу, отображения на экране содержимого одного или нескольких физических секторов, включая поле контроля, получения информации о состоянии контроллера и накопителя.

Ключевые слова: компьютерная обучающая программа-тренажер, контроллер периферийного устройства, накопитель на жестком магнитном диске, интерактивный режим.

Interactive experiments with hard disk drive and its controller. Bogodistova E.S., Telnov G.G. Russian University of Transport

The computer training program for interactive experiments with hard disk drive and its controller is presented. Research takes place not on model, and in a real system with the direct drive control for head positioning operations, reading and writing by physical address, the sector contents mapping and the drive status observation.

Keywords: computer training program, peripheral controller, hard disk drive, interactive mode.

Введение

Компьютерная обучающая программа-тренажер “PERUN\HARDDISK” является частью комплекса компьютерных обучающих программ-тренажеров для экспериментов с периферийными устройствами (ПУ) в интерактивном режиме, который описан работах [1-8]. При разработке комплекса решалась задача приближения уровня изучения к аппаратуре, максимально возможного в условиях компьютерного класса. Принципиальными моментами является учет особенностей конкретных устройств, а также исключение разработки и отладки программ при подготовке к экспериментам и их выполнении.

Постановка задачи

Несмотря на разнообразие принципов функционирования ПУ и их взаимодействия с ядром, для управления компьютерной периферией используется, как правило, следующая структура: ядро ЭВМ – системный контроллер ПУ – интерфейс обмена – контроллер периферийного аппарата – периферийный аппарат.

В работе [9] рассмотрены особенности функционирования контроллеров периферийных устройств, включая дисковую подсистему. Роль системного контроллера дисковых накопителей выполняет в чипсете (наборе микросхем системной логики) контроллер соответствующего стандартного интерфейса: USB для переносных дисков и PATA или SATA (Parallel или Serial AT Attachment) для системных дисков.

Контроллер накопителя на жестком магнитном диске (НЖМД; Hard Disk Drive, HDD) как контроллер периферийного аппарата выполняет следующие функции:

- организация кодирования/декодирования и размещения данных на магнитном носителе;
- управление позиционированием блока магнитных головок (БМГ);
- выполнение операций над информационными блоками (запись, чтение, проверка);
- параллельно-последовательное преобразование данных при записи на носитель и обратное – при чтении (воспроизведении) информации с носителя;

- защита от ошибок (помехоустойчивое кодирование, обнаружение и коррекция ошибок в данных);
- организация обмена с ядром и накопителем;
- проверка работоспособности накопителя и собственного оборудования контроллера.

«Интеллект» контроллера представлен тремя элементами: контроллером интерфейса, управляющим микропроцессором и цифровым сигнальным процессором.

Контроллер интерфейса обеспечивает связь с системой (с одной из микросхем чипсета) через параллельный или последовательный интерфейс, а также обслуживает буферную память для промежуточного хранения данных записи-чтения, к которой имеет доступ управляющий микропроцессор.

Микропроцессор управляет всеми компонентами накопителя, включая основной двигатель, осуществляющий вращение пакета дисковых пластин, и поворотный двигатель, выполняющий позиционирование БМГ. Он реализует также функции серво-контроллера для точного позиционирования головок, при этом обеспечивается безопасность диска в случае пропадания питания или остановки основного двигателя.

Цифровой сигнальный процессор формирует записываемые сигналы и обрабатывает считанные сигналы, обеспечивая высокую плотность записи.

Совершенствование НЖМД и повышение степени интеграции БИС привело к объединению нескольких узлов в одну СБИС HDD-контроллера.

Целесообразно выполнение обучающимися экспериментов с накопителем на физическом уровне, которые позволяют разобраться в процессах функционирования дисковой подсистемы и участвовать в дискуссии о специфических особенностях и отличительных чертах накопителя, сравнении процессов функционирования, способов кодирования с другими известными устройствами хранения.

Решение

Тренажер обеспечивает непосредственное управление приводом, то есть, исследование проходит не на модели, а в реальной системе при непосредственном доступе к контроллеру привода. Тренажер позволяет в интерактивном режиме выполнить выбор накопителя, инициировать выполнение основных операций, включая позиционирование блока магнитных головок, чтение и запись по физическому адресу, наблюдать на экране и анализировать содержимое одного или нескольких физических секторов, включая поле контроля, получать информацию о состоянии контроллера и привода после выполнения операций. Предоставляются средства для просмотра таблицы размещения файлов и определения свободных кластеров для записи. Форматирование диска исключено, однако предусмотрен режим подготовки таблицы форматирования и блока управляющей информации команды форматирования с контролем правильности. Тренажер содержит программный буфер для просмотра считанных с диска данных, задания и редактирования данных перед записью.

Работа с тренажером, в том числе запуск команд, осуществляется при помощи клавиатуры и мыши. Меню тренажера включает пункт «Инфо» с информацией о программе, контроллере и накопителе, задании на лабораторную работу. Пункт меню «Диск» содержит опцию «Дисковая подсистема» для получения информации о конфигурации подсистемы. Опция «Выбор диска» будет активной при наличии более одного винчестерского диска. Опция «Конфигурация диска» содержит логические параметры винчестера, которые надо использовать в работе.

Пункт «Поиск свободных областей» содержит две опции, позволяющие использовать диск с данными, которые не должны быть потеряны в результате экспериментов. Процедура «Цилиндры» формирует перечень частично свободных цилиндров, т.е. цилиндров, внутри которых есть свободные области. Процедура «Перечень свободных областей» выполняет поиск и составляет перечень свободных секторов в заданном частично свободном цилиндре.

Основной пункт меню программы «Тест» содержит десять опций для вызова подпрограмм, работающих с контроллером жесткого диска на физическом уровне (уровне программирования регистров): РЕКАЛИБРОВКА (Recalibrate), ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ (Seek), ВЕРИФИКАЦИЯ СЕКТОРА (Read Verify Sector), ЧТЕНИЕ (Read Sector), ДЛИННОЕ ЧТЕНИЕ (Read Long), ЗАПИСЬ (Write Sector), ДЛИННАЯ ЗАПИСЬ (Write Long), ФОРМАТИРОВАНИЕ (Format Track), ВНУТРЕННЯЯ ДИАГНОСТИКА (Execute Device), ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ (Initialize Device).

Опция «ФОРМАТИРОВАНИЕ» включает пункты «Таблица форматирования» и «Операция форматирования». Форматирование диска исключено, однако предусмотрен режим подготовки таблицы форматирования и блока управляющей информации команды форматирования с контролем правильности.

В пункте меню «Сброс» содержится опция «Сброс контроллера», позволяющая выполнить два действия. Первое действие – программный сброс контроллера, который включает сброс регистра ошибок, регистра состояния и обнуление двух регистров, хранящих текущий номер цилиндра (Present

Cylinder Number, PCN) и новый номер цилиндра (New Cylinder Number, NCN) и задействованных в позиционировании БМГ. Второе действие – приведение в соответствие программному сбросу положения БМГ путем перемещения его на нулевой цилиндр, т.е. выполнение команды РЕКАЛИБРОВКА.

Тренажер содержит программный буфер для просмотра считанных с диска данных, задания и редактирования данных перед записью. В пункте меню «Просмотр» содержатся опции «Просмотр буфера чтения» и «Просмотр буфера записи» для просмотра содержимого соответствующих буферов в шестнадцатеричном и символьном виде, а также процедура «Сравнение буферов», демонстрирующая на экране одновременно содержимое буфера записи и буфера чтения для визуального сравнения.

Тренажер обеспечивает интерактивный режим при задании параметров команд и наблюдение состояния контроллера и накопителя после выполнения команды. На всех этапах работы реализована контекстно-зависимая система помощи.

Интерфейс пользователя тренажера обеспечивает взаимодействие компьютерной системы с контроллером привода на физическом уровне в соответствии с программистской моделью, представляющей форматы регистров контроллера жесткого диска (таблица 1). В программистской модели отражены режимы работы с физическим и логическим адресом, соответственно CHS (C = 0, 1, ... – номер цилиндра; H = 0, 1, ... – номер головки; S = 1, 2, ... – номер сектора) и LBA = 0, 1, ... (CHS – Cylinder, Head, Sector, LBA – Logical Block Addressing).

Таблица 1 – Форматы регистров контроллера жесткого диска

Регистр	Бит							
	7	6	5	4	3	2	1	0
Управления	-	-	-	-	-	Сброс (програм- мный)	Разре- шение преры- вания	-
Номера устройства и головки	-	0 – режим CHS, 1 – режим LBA	-	Выбор НЖМД (Device)	В режиме CHS – № головки, в режиме LBA – биты LBA (27/24)			
Номера цилиндра	Регистр CH. CHS: старший байт № цилиндра; LBA: LBA (23/16) *1)							
	Регистр CL. CHS: младший байт № цилиндра; LBA: LBA (15/8) *2)							
Номера сектора	CHS: номер сектора; LBA: LBA (7/0)							
Счетчика секторов	Счетчик секторов							
Команд	Код операции							
Ошибок *3)	-	Некоррек- тируемая ошибка в данных	-	ИД сектора не найден	-	Выпол- нение команды прервано	Не обнаружена нулевая дорожка	АМИД не найден
Состояния	Занят	Готов	Ошибка записи (отказ)	Поиск завершен	Запрос данных	Данные скоррек- тированы	Индекс *4)	Ошибка
Данных	Байт данных в режиме PIO							

Обозначения и примечания к таблице. *1) Cylinder High (CH) – регистр старшего байта номера цилиндра / LBA (23/16); *2) Cylinder Low (CL) – регистр младшего байта номера цилиндра / LBA (15/8) *3) Указан формат регистра ошибок после выполнения команды. ИД – идентификатор (сектора); АМИД – адресный маркер идентификатора сектора; *4) Бит «Индекс» регистра состояния устанавливается в 1 при активном индексном сигнале, приходящим от накопителя.

Регистр управления служит для программного сброса устройств и управления разрешением прерывания выбранного устройства. Назначение остальных регистров ясно из их наименований.

Регистры сектора, цилиндра и головки в режиме LBA содержат указанные в таблице биты логического адреса. В режиме LBA-48 эти регистры для устройств становятся двойными, они содержат 16-разрядные числа. Заметим, что контроллер накопителя с последовательным интерфейсом SATA включает эти регистры, но программа работает с теневыми регистрами устройств (Shadow Registers), расположенными в хост-контроллере (системном контроллере). Каждому подключенному устройству соответствует свой набор регистров. Обращения к этим теневым регистрам вызывают процессы взаимодействия хост-контроллера с подключенными устройствами и исполнение команд. Обмен

данными между реальными регистрами устройств и теневыми регистрами, а также пересылка данных осуществляются по последовательному интерфейсу.

После передачи в контроллер блока управляющей информации, соответствующего командам ЧТЕНИЕ, ЗАПИСЬ, ДЛИННОЕ ЧТЕНИЕ, ДЛИННАЯ ЗАПИСЬ и ФОРМАТИРОВАНИЕ, происходит обмен данными между системой и накопителем. Направление движения информации при выполнении команд представлено на рисунке 1. Эксперименты с командами ДЛИННОЕ ЧТЕНИЕ и ДЛИННАЯ ЗАПИСЬ позволяют исследовать применяемый помехоустойчивый код (Error Correction Code, ECC), так как в этих командах исключается участие контроллера привода в формировании поля ECC при записи и проверка ECC и формирование признака возможной ошибки при чтении.

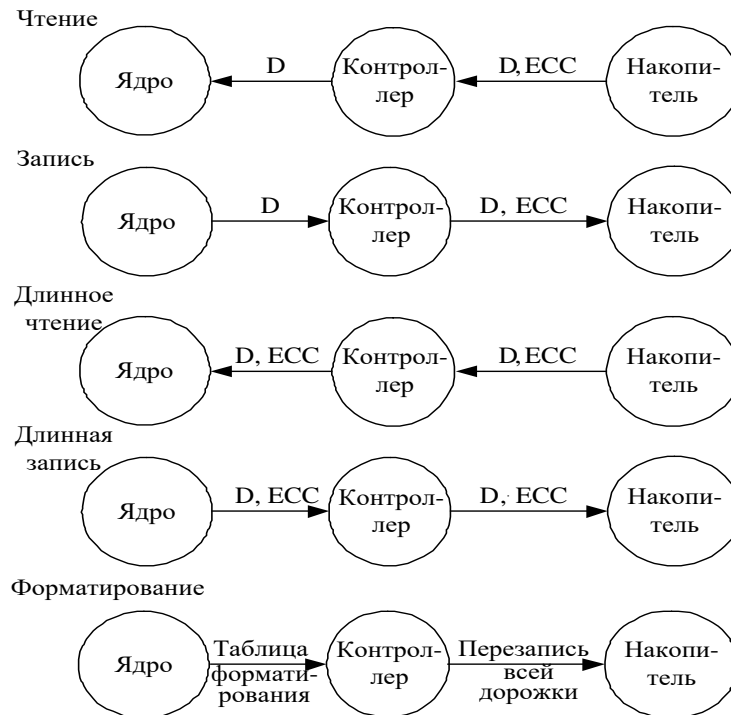


Рисунок 1 – Направление движения информации при выполнении различных команд

При выполнении экспериментов предусмотрено освоение команд контроллера и исследование особенностей работы подсистемы НЖМД. При подготовке готовятся блоки управляющей информации (коды команд и параметров) для выполнения основных команд, а также блок управляющей информации и таблица для подготовки форматирования.

Первая группа экспериментов предполагает изучение и практическое освоение принципов работы контроллера и накопителя при выполнении основных команд. Предлагается выявить пределы изменения параметров C, H, S, выбрать накопитель, если это необходимо, выполнить сброс контроллера, команду РЕКАЛИБРОВКА, команду ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ для установки БМГ на заданный цилиндр. Затем выполнить ЧТЕНИЕ заданного сектора по адресу CHS с просмотром содержимого и служебные команды ВЕРИФИКАЦИЯ СЕКТОРА и ВНУТРЕННЯЯ ДИАГНОСТИКА для проверки работоспособности накопителя и собственного оборудования контроллера, а также команду ИЦИАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ. После выполнения каждой команды фиксируется в протоколе и расшифровывается информация о состоянии дисковой подсистемы, выполняется анализ возникших ошибок, если потребуются.

На следующем этапе необходимо перед выполнением записи на диск выполнить поиск свободных областей и найти свободные секторы. После этого прочитать содержимое выбранного сектора, записать в этот сектор какие-либо данные, прочесть и сравнить содержимое буферов чтения и записи.

Вторая группа экспериментов посвящена исследованию особенностей работы дисковой подсистемы. Задания включают следующие пункты:

- чтение нескольких секторов без предварительного позиционирования БМГ;
- определение влияния бита модификации повтора в команде ЧТЕНИЕ (повтор может быть использован при обнаружении неисправимой ошибки при чтении);

- подготовку таблицы форматирования и блоков управляющей информации для различных факторов чередования секторов при различных значениях байта признака сектора и проверку правильности с помощью опции команды ФОРМАТИРОВАНИЕ;

- составление карты использования дискового пространства для одного из цилиндров со свободными областями (в виде таблицы);

- исследование защиты данных некоторого свободного сектора контрольным кодом ЕСС, определение длины контрольного кода, проверку своих предположений об алгоритме кодирования; разработку для этих целей тестовых информационных блоков и последовательности выполнения команд ЧТЕНИЕ, ЗАПИСЬ, ДЛИННОЕ ЧТЕНИЕ, ДЛИННАЯ ЗАПИСЬ с фиксацией состояния контроллера.

Накопитель скрывает от пользователя истинную схему форматирования, работа ведется с логическими параметрами CHS. Для сравнения параметров современного накопителя с параметрами лабораторного накопителя рекомендуется использовать для домашнего компьютера одну из системных утилит, которая сообщает сведения о параметрах CHS. Приведем два примера типичных сообщений.

Пример № 1 для накопителя объемом 80 гигабайт со стандартным размером сектора. Тип устройства: SATA. Параметры цилиндров: 155059, головок: 16, секторов в треке: 63, байт в секторе: 512. Секторы LBA: 156299375. Размер физического/логического сектора: 512 байт / 512 байт. Можно обратить внимание, что на уровне CHS количество физических секторов здесь больше, чем на уровне LBA. В данном примере разница составляет: $(155059*16*63) - 156299375 = 156299472 - 156299375 = 97$ секторов.

Пример № 2 для накопителя объемом 1 терабайт, в котором используется расширенный формат разметки по технологии 4К, и размером сектора 512 на микропрограммном уровне (Advanced Format 512e). Тип устройства SATA-III. Параметры цилиндров: 1938021, головок: 16, секторов в треке: 63, байт в секторе: 512. Секторы LBA 1953525168. Размер физического/логического сектора 4 КБ / 512 байт. В этом примере количество физических секторов одинаково на обоих уровнях.

Кроме того, предлагается выяснить поддерживаемые домашним накопителем номера режимов:

- программируемого ввода-вывода блоков данных (Programmed Input/Output, PIO);
- множественного режима обмена по каналу прямого доступа к памяти DMA (Multiword Direct Memory Access, Multiword DMA, MWDMA);
- режима ультра DMA (Ultra DMA, UDMA) с передачей данных в каждом такте по фронту и спаду синхросигнала.

Обсуждение

Выполнение экспериментов с оборудованием позволяет обсуждать широкий круг вопросов: взаимодействие периферии с ядром компьютерной системы, функционирование привода, проблемы сервоуправления, методы канального и помехоустойчивого кодирования; способы повышения плотности записи на магнитную поверхность. Полезно сравнить системы автоматического регулирования, используемые в различных накопителях: оптическом, HDD, на магнитной ленте. Интересным аспектом рассмотрения может быть микропроцессорная реализация аппаратуры контроллера и привода.

Тренажер имеет следующие ограничения:

- является аппаратно-зависимой программой, результаты экспериментов зависят от типа привода;
- является учебной, работает только с 16-разрядной таблицей FAT, то есть, не распознает диски большого объема, работает с приводами объемом порядка 10 гигабайт;
- рассчитан на накопители с интерфейсом IDE;
- поддерживает так называемые стандартные команды НЖМД, общие для IDE и более раннего интерфейса ST-506/412 и поддерживаемые спецификациями ATA-2, ATA-3; обмен данными по этим командам выполняется в режиме PIO;
- необходимо учитывать, что современный контроллер НЖМД скрывает от пользователя истинную схему форматирования.

Несмотря на перечисленные ограничения, предлагаемая компьютерная обучающая программа-тренажер и методика представляется полезной для использования в учебном процессе.

Заметим, что при разработке программы были использованы инструментальные программные средства, наиболее подходящие для решения данного класса функциональных задач.

Заключение

Предложенная методика и разработанные средства позволяют качественно повысить уровень подготовки и ускорить практическое освоение принципов работы накопителей на жестких магнитных дисках и их взаимодействия с ядром вычислительной системы, что способствует развитию компетенций студентов информационных специальностей.

Литература

1. Богодистова Е. С. Тельнов Г. Г. Эксперименты с периферийными устройствами с помощью компьютерных обучающих программ-тренажеров // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: Материалы XI международной научно-практической конференции «ИНФО-2014» (1-10 октября 2014 г., Россия, г. Сочи) / Научн. ред. А.Н.Тихонов; Общ. ред. С.У. Увайсов; Отв. ред. И.А. Иванов. – М: НИУ ВШЭ, 2014. – С. 50-55.
2. Богодистова Е. С. Тельнов Г. Г. Эксперименты с видеоподсистемой в интерактивном режиме // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: Материалы XII международной научно-практической конференции «ИНФО-2015» (1-10 октября 2015 г., Россия, г. Сочи) / Научн. ред. А.Н.Тихонов; Общ. ред. С.У. Увайсов; Отв. ред. И.А. Иванов. – М: НИУ ВШЭ, 2015. – С. 100-103.
3. Богодистова Е. С. Тельнов Г. Г. Эксперименты с видеопамью с помощью программы визуализации // «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени»: VII Международная научно-практическая конференция (6-7 марта 2015 г., Россия, г. Екатеринбург). – Национальная ассоциация ученых (НАУ). – Часть 4. – № 2 (7). – 2015 – С. 74-77.
4. Богодистова Е. С. Тельнов Г. Г. Управление форматом экрана с использованием программы визуализации // «Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия»: IX Международная научно-практическая конференция (Россия, г. Новосибирск, 13-14 марта 2015). – Международный научный институт «Educatio». – Часть 4. – № 2 (9). – 2015. – С. 6-9.
5. Богодистова Е.С., Тельнов Г.Г. Эксперименты с клавиатурой в интерактивном режиме // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: Сборник трудов XIII международной научно-практической конференции «ИНФО-2016» (1-10 октября 2016 г., Россия, г. Сочи) / Гл. ред. С.У. Увайсов; Отв. ред. И.А. Иванов. – М: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2016. – С. 364-367.
6. Bogodistova E.S., Telnov G.G. Experiments with Video Subsystem and Video Timing Parameters Estimation // «Information Innovative Technologies»: Materials of the international scientific-practical conference (April 24-28, Prague) / Ed. Uvaysov S.U., Ivanov I.A. – М.: Association of graduates and employees of AFEA named after prof. Zhukovsky, 2017. – P. 127-130.
7. Богодистова Е.С., Тельнов Г.Г. Эксперименты с оптическим приводом в интерактивном режиме // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции «ИНФО-2017» (1-10 октября 2017 г., Россия, г. Сочи) / Гл. ред. С.У. Увайсов; Отв. ред. И.А. Иванов. – М: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2017. – С. 45-51.
8. Bogodistova E.S., Telnov G.G. Interactive experiments with optical disc drive and estimating recording density // «Information Innovative Technologies»: Materials of the international scientific-practical conference (April 23-27, Prague) / Ed. Uvaysov S.U., Ivanov I.A. – М.: Association of graduates and employees of AFEA named after prof. Zhukovsky, 2018. – P. 56-64.
9. Богодистова Е. С., Мамченко А. Е., Шамров М. И. Программируемые контроллеры в компьютерных и управляющих системах // Информационные технологии. – 2014. – № 11 – С. 53-59.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ОБРАЗОВАНИИ: ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Болдырева Н.Н., Мальцев В.Н., Смагина И.А., Соколова М.В.

Автономная некоммерческая организация высшего образования «Институт информационных технологий, экономики и менеджмента»
+7 (499) 230 24 54, ИИТЭМ.РФ

Аннотация – Речь идёт о цифровизации современного образования, которое радикально меняет содержание, организацию и качество подготовки выпускников учебных заведений. Однако применение цифровых технологий возможно только на серьёзных педагогических основаниях. Таковые_ на взгляд авторов, содержатся в «электронной педагогике».

Ключевые слова: высшее образование, вуз, цифровизация, цифровая трансформация.

Digital Transformation in Education: Pedagogical Foundations. Boldyreva N.N., Maltsev V.N., Smagina I.A., Sokolova M.V.

The paper dwells on the pedagogical foundations of contemporary digitalization in education, which could be defined as «electronic pedagogics».

Keywords: higher education, institute, digital transformation, digitalization.

Как указывают многие исследователи, цифровая трансформация в образовании вслед за цифровыми преобразованиями в сфере бизнеса представляет собой один из главных трендов последнего времени [Коптелов, 2016; Свиначев, 2016; Тульчинский, 2017; Стельмах, 2018]. При этом речь зачастую идёт главным образом о широком использовании цифровых технологий (преимущественно технологий дистанционного обучения), экономии времени студента и преподавателя, снижении расходов на аренду и обслуживание помещений и т.п. и в меньшей степени об изменении самого образовательного процесса. Поэтому, как выяснилось, при практическом воплощении цифровизации в образовании на пути достижения желаемых образовательных результатов возникают немалые трудности (что, впрочем, не вызывает особого удивления).

Как представляется, реальная цифровизация образования требует должного педагогического обоснования и основания, своего рода фундамента, на котором она и будет строиться. Таким основанием, на наш взгляд, является так называемая *электронная педагогика*, концепция которой разрабатывалась, в частности, на протяжении ряда лет в Институте информационных технологий, экономики и менеджмента [Крылов и др., 2007, 2009, 2014].

Под электронной педагогикой можно понимать педагогический процесс, протекающий в том, что теперь всё чаще называют современной информационно-образовательной средой вуза. Последняя формируется с помощью средств вычислительной техники - компьютеров разных типов: стационарных десктопов, мобильных ноутбуков, карманных персональных компьютеров (ПК), планшетных ПК и сетевых информационно-коммуникационных комплексов (Internet / intranet / LAN).

С теоретической точки зрения модель педагогического процесса в вузе инвариантна по отношению к форме её реализации. И в классической схеме учебного процесса в вузе, и в современной (электронной) неизменной остаётся система следующих педагогических представлений:

- для чего осуществляется образование? (цель образования),
- чему следует учить? (содержание образования),
- кого обучают? (студентов),
- кто обучает? (профессорско-преподавательский состав вуза),
- как обучают? (технологии, средства, методы, формы).

В своей совокупности эти представления формируют содержательную основу информационно-образовательной среды современного вуза. В концептуальном отношении эта среда представляет собой педагогическую систему нового уровня, содержащую ряд подсистем: нормативно-правовую, научно-методическую, материально-техническую, финансово-экономическую и маркетингово-управленческую. При этом в её основе лежат педагогические категории - наиболее общие и ёмкие понятия, отражающие суть педагогики как науки (и в том числе электронной педагогики). К основным педагогическим понятиям относятся *образование, обучение, воспитание*.

Образование, рассматриваемое как категория современной педагогической науки, представляет собой совокупность других понятий, обращённых в первую очередь к обучающимся (будь то студенты, аспиранты или даже докторанты): ценность, процесс, результат. *Ценность* формируется у обучающихся в личностном, общественном и государственном смыслах как некая сумма знаний, умений, навыков и компетенций в определённой профессиональной сфере. *Процесс* есть движение обучающихся к поставленной цели обучения, протекающее во времени и сопровождаемое непосредственным или опосредованным взаимодействием преподавателей и студентов, направленным на усвоение обучающимися знаний, формирование умений, выработка навыков и компетенций в той или иной профессиональной сфере. *Результат* образования многозначен: им являются грамотность, образованность, профессиональная компетентность, воспитанность, обеспечивающие выпускнику вуза адекватное поведение в современном развитом информационном обществе. По мере сбалансированного, устойчивого развития общества понятие образования претерпевает изменения, развивается, дополняется, конкретизируется, наполняется новым содержанием.

Важной составляющей всех педагогических систем (включая электронную педагогику) служит *содержание образования*. Под ним понимается совокупность не только научных, учебных знаний, практических умений и (иногда доведенных до автоматизма) навыков, используемых при решении профессиональных задач и проблем, но и мировоззренческих и нравственно-эстетических идей, сопутствующих процессу обучения. Носителями содержания образования являются учебные планы подготовки, рабочие (для преподавателей) и учебные (для студентов) программы дисциплин, пособия для выполнения практических занятий и лабораторных работ, а также для разработки курсовых и дипломных проектов, прочая методическая литература, а в современную эпоху – и электронные мультимедийные учебно-методические комплексы, автоматизированные обучающие системы, электронные образовательные материалы.

Познание процесса образования имеет своей главной функцией наука *дидактика* – как классическая, так и электронная. Результатом познания является выявление объективно существующих

законов и закономерностей дидактического учебно-воспитательного процесса. К основным дидактическим законам (справедливым и для электронной педагогики) относятся следующие:

- закон взаимообусловленности образования, обучения, воспитания и активной исследовательской деятельности обучаемых;
- закон целостности и единства педагогического процесса, раскрывающий соотношение части и целого в учебном процессе, необходимость гармоничного единства рационального, эмоционального, содержательного, операционного, мотивационного и креативного;
- законы единства и взаимосвязи теории и практики в обучении, индивидуальной и групповой организации учебного процесса (в том числе в условиях широкого применения цифровых информационных технологий).

Обучение – это целенаправленный педагогический процесс организации и осуществления активной учебно-познавательной деятельности обучаемых по овладению научными и прикладными знаниями, навыками и принципами, развития мыслительных и творческих способностей, компетенций для осуществления профессиональной деятельности. Категория обучения включает в себя две взаимосвязанных составляющих - учение и преподавание. Таким образом, это процесс кооперативной деятельности преподавателей и обучаемых, протекающий в рамках педагогической системы. В условиях электронной педагогики это означает использование современных цифровых информационно-коммуникационных технологий, кейс-, Интернет-, Web-CD- и других технологий.

В современной теории и практике обучения выделяют целый ряд методов обучения. Под ними понимают систематическую деятельность преподавателей и обучаемых, сознательно реализуемую с целью осуществления запрограммированных изменений в уровнях знаний, умений, навыков и компетенций обучаемых. Все существующие педагогические способы взаимодействия преподавателей с обучающимися включают репродуктивные, рецептивные, проблемные, эвристические и исследовательские методы.

Репродуктивные (воспроизводящие) методы обучения (лекционные, описательные) предполагают воспроизводство, передачу преподавателями обучающимся готовой информации об изучаемой предметной области.

Рецептивные (воспринимающие) методы обучения (предметные, эмпирические) используют приёмы сбора обучающимися эмпирической, опытной информации об изучаемых объектах, явлениях и процессах действительности, основанные на индивидуальном восприятии обучающимися учебной информации, её усвоении и запоминании.

Проблемные методы обучения связаны с ознакомлением обучаемых с объективными научными фактами, теориями, закономерностями, с изучением элементов поиска решения научных проблем и с научной организацией учебного процесса.

Эвристические методы обучения используются, как правило, в циклах специальных дисциплин учебных планов инженерных специальностей для привития навыков эффективного решения сложных технических проблем. При этом происходит формирование индивидуальных фондов эвристических приёмов решения изобретательских задач, баз «ноу-хау», основанных на закономерностях творческого мышления и сопровождающих эти акты психических процессов на сознательном и подсознательном уровнях.

Исследовательские методы обучения находят применение при изучении сложных текущих и перспективных социально-экономических и технико-технологических проблем. Они предполагают воссоздание реальных научно-исследовательских и опытно-конструкторских ситуаций путём их имитации с использованием технологии деловых игр. Деловые (имитационные) игры позволяют добиться ускорения выработки и принятия управленческих и/или конструкторских решений в различных областях человеческой деятельности.

В рамках указанных методов обучения применяются многочисленные по нынешним временам средства обучения (зачастую реализуемые с помощью современных цифровых информационно-образовательных технологий):

- учебники и учебные пособия на различных носителях информации – бумаге, компакт-дисках, флэш-картах, аудио- и видео-кассетах и др.;
- авторские курсы лекций (как традиционных, так и электронных), сборники задач и упражнений, деловые игры;
- дистанционные практические и лабораторные работы, виртуальные лабораторные комплексы с применением Интернет и интранет-сетей;
- мультимедийные учебно-методические комплексы, электронные образовательные материалы;
- сетевые учебно-методические комплексы для использования в локальных или корпоративных вузовских сетях и глобальной сети Интернет;

- интегрированные электронные пособия и методические указания для учебных и практических занятий по отдельным и смежным дисциплинам, а также для осуществления самостоятельной научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы;

- компьютеризированные руководства по выполнению курсовых и дипломных проектов с помощью автоматизированных систем проектирования (Авто CAD, Archi Cad, Inventor, Solid Works, Unigraphics, Компас и др.).

- аналитические платформы для работы с большими информационными хранилищами (реляционными базами фактографических данных - финансовых, экономических, социальных, политических, научных).

Воспитание – это целенаправленное создание духовных, организационных, информационных (и в том числе цифровых) и материальных условий для усвоения новым поколением общественно-исторического и культурного опыта с целью подготовки к благопристойной и самодостаточной жизни в обществе с развитыми демократическими принципами сосуществования людей и народов в их национальной неповторимости и своеобразии. Для этого требуется усвоение новой общепланетарной этики и системы нравственных ценностей. Новый нравственный императив должен заключаться в необходимости перехода от национально-эгоистических ценностей, имевших место в XX веке, к межнациональным гуманистическим ценностям информационного общества XXI века.

В современных системах образования, включая и электронную педагогику, концептуальный фундамент составляют следующие дидактические руководящие положения (принципы), определяющие требования к содержанию, методике и организации процесса обучения.

Принцип открытости информационно-коммуникационного пространства, в котором осуществляется учебный процесс. Результаты деятельности обучаемых открыты (в том числе благодаря цифровым технологиям) для обсуждения между участниками учебного процесса и внесения оперативных управляющих и корректирующих воздействий со стороны преподавателей, представителей предприятий-потребителей и организаций, оценивающих качество образования.

Принцип формирования благожелательной поддерживающей образовательной среды. Речь идёт о возможности частого использования (в том числе с помощью цифровых технологий) консультативной помощи преподавателей при решении сложных теоретических задач и получение профессиональных советов в ходе исполнения практических заданий, что способствует снятию психологических барьеров в овладении трудным учебным материалом.

Принцип интерактивности заключается в создании наиболее благоприятного для каждого студента режима учебного процесса, позволяющего индивидуально выбирать темп и интенсивность получения учебно-научной информации из рекомендованных информационных систем, баз данных и банков знаний, а также осуществлять творческую деятельность, коррелированную с циклами интеллектуальной, эмоциональной и физической активности обучаемых.

Принцип дидактической целесообразности применения средств новых цифровых информационно-коммуникационных технологий. Высокоскоростные сети Интернет, высокопроизводительные вычислительные кластерные Grid-сети, мобильные беспроводные цифровые технологии передачи данных, бесклавиатурный (перьевой) ввод информации в память компьютера, видеоконференциальная связь в виртуальных учебных группах и многое другое – всё это существенным образом воздействует на компоненты системы образования: цель, содержание, методы, правила и формы обучения. В новых условиях применения цифровых информационных технологий можно ставить и решать сложные и актуальные задачи дидактики и педагогики.

Синергетический принцип означает, что содержание системы современного образования должно выстраиваться таким образом, чтобы студенты постоянно участвовали в активном деятельном процессе познания (в частности, в компьютерном моделировании реальных процессов и явлений).

Наконец, *принцип гуманизма* заключается в создании максимально благоприятных условий для овладения студентами выбранной профессиональной областью знаний, проявления уникальной творческой индивидуальности, высоких интеллектуальных, нравственных, гражданских и физических качеств личности.

В практической плоскости новые дидактические принципы диктуют необходимость разработки базисных учебных планов, учитывающих как очные, так и дистанционные (асинхронные) формы обучения с широким охватом всех возможностей цифровых инфо- и теле-коммуникационных систем поиска, передачи, хранения и преобразования информации и знаний, Интернет-технологий и комплексных, смешанных технологий, совмещающих традиционные и сетевые. Важным (и теперь уже традиционным) направлением электронной педагогики является также проектирование интерактивных личностно-ориентированных учебно-методических комплексов, электронных учебников, образовательных электронных материалов, автоматизированных систем адаптивной диагностики, тестирования, контроля уровня подготовки, качества образования и аттестации выпускников вузов.

Литература

1. Коптелов А.К. Цифровая трансформация образовательной организации. Тренды, кейсы, прогнозы / http://filearchive.cnews.ru/files/reviews/2016/09_20/01
2. Крылов В.М., Костин Ю.Н., Смагина И.А. Новые концептуальные модели электронной дидактики и педагогики в информационно-образовательной среде вуза. С грифом Министерства образования и науки РФ. – М.: ИИТЭМ РИЦ, РОЛИКС, 2009 г. - 132 с. - ISBN 978-5-91615-023-0
3. Крылов В.М., Костин Ю.Н., Смагина И.А., Стерликов Ф.Ф. Использование принципов электронной педагогики в информационно-образовательной среде вуза.- М.: ИИТЭМ РИЦ, 2007 г. -146 с.
4. Крылов В.М., Смагина И.А. Разработка и применение информационно–образовательных технологий для повышения качества обучения в вузе. С грифом Минобразования РФ. Издание 3–е, дополненное. – Клин: РИЦ ИИТЭМ, Роликс, 2014 г. – 172 с.
5. Свиначев С. Что сулит цифровая трансформация профессионального образования / <https://www.itweek.ru/management/blog/idea/8954.php>, 23.09.2016
6. Стельмах С. Семь составляющих успешной цифровой трансформации / <https://www.itweek.ru/digitalization/article/>, 03.05.2018
7. Тульчинский Г.Л. Цифровая трансформация образования: вызовы высшей школе. - Философские науки, 2017, № 6. - с. 121-136.

О МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПАРАДИГМЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Бродский Ю.И.

ФИЦ ИУ РАН

+7 (926) 416-49-03, yury_brodsky@mail.ru

Модельно-ориентированное программирование – новый подход к компьютерной реализации сложных программных систем, вытекающий из модельного синтеза – сквозной технологии описания, синтеза и реализации имитационных моделей сложных многокомпонентных систем. Центральным для него является понятие модели-компоненты. Семейство моделей-компонент замкнуто относительно объединения компонент в комплекс, а организация имитационных вычислений однотипна для любого представителя семейства, что позволяет решить задачу синтеза систем любой сложности. Для описания моделей-компонент и построения из них комплексов предлагается специальный декларативный язык ЯОКК. Предлагаемая концепция ориентирована на параллельные и распределенные вычисления.

Ключевые слова: модельный синтез, модельно-ориентированное программирование, парадигма программирования, императивное программирование, декларативное программирование.

On model-oriented programming paradigm. Brodsky Yu.I. FRC CS RAS.

Model synthesis and model-oriented programming is a new approach to the description, synthesis and computer implementation of simulation models of complex multi-component systems. Central to it is the concept of model-components. The family of models-component is closed with respect to the integration of components into a complex, and the organization of simulation calculations is the same for any member of the family, which allows solving the problem of any complexity models synthesis. To describe the models-components and construct complexes of them, a special declarative programming language is proposed. The proposed concept is focused on parallel and distributed computing.

Keywords: model synthesis, model-oriented programming, programming paradigm, imperative programming, declarative programming.

Введение

Исторически смена парадигм программирования сопровождалась укрупнением, агрегированием основного инструмента деятельности программиста. Начиналось все с машинной команды, затем, с появлением языков программирования высокого уровня – таким инструментом стал оператор языка, реализующий некое законченное действие, возможно, с помощью нескольких машинных команд. С победой идей структурного программирования – на смену отдельным операторам и переменным пришли стандартные конструкции типа «цикл», «ветвление», подпрограммы-функции и структуры данных. С появлением объектного анализа основной единицей конструирования стал объект, объединяющие некую структуру данных с набором необходимых для их обработки методов. Кроме того, с помощью механизма наследования можно строить иерархии классов объектов, развивающих, конкретизирующих и воплощающих некоторый набор базовых идей, заложенных в корневых классах такой иерархии. Данная парадигма программирования в настоящее время является господствующей и ее базовые понятия, такие как класс, объект, типизация, наследование, инкапсуляция, полиморфизм реализованы с некоторыми

нюансами в большинстве современных императивных языков программирования, таких как C++, Java, C#, Delphi и других.

Отношение наследования для множества классов объектно-ориентированного языка программирования есть отношение частичного порядка. Классы, не имеющие предков, но обладающие потомками, называются по отношению к ним корневыми или базовыми. Классы, не имеющие потомков, называются листовыми.

Проектирование в объектно-ориентированной парадигме большой программной системы состоит в воплощении базовых понятий и представлений этой системы в базовые классы объектов и построении затем иерархии классов, развивающих, конкретизирующих и воплощающих эти идеи во множестве листовых классов, с помощью которых и будет строиться целевая программная система. Однако все сложности организации вычислительного процесса, состоящего в использовании разработанных и отлаженных методов листовых классов, лежит на разработчике системы: чтобы система что-то делала – необходимо организовать вызов нужных методов в нужной последовательности.

В дальнейшем, базовые понятия и представления объектного анализа, впервые появившиеся в программировании, по-видимому, в языке моделирования Симула-67, и завоевавшие всеобщее признание с появлением в начале 80-х языка C++, получили развитие и существенное расширение в конце 90-х, с появлением унифицированного языка моделирования UML [3]. Создатели языка UML пошли по пути резкого увеличения числа исходных понятий и представлений объектного анализа, например, кроме «вертикального» отношения наследования, которое в UML чаще называется отношением обобщения (при этом отношение обобщения направлено от потомка к предку), имеются отношения ассоциации, композиции, агрегации и зависимости. Появилась возможность описывать поведение систем, причем даже несколькими способами: диаграммы взаимодействия, диаграммы состояний и диаграммы деятельности. Вообще в UML очень многое можно делать несколькими способами, что весьма затрудняет новичку работу с ним. Сами авторы [3] говорят, что: «UML подчиняется правилу 80/20, т.е., 80% большинства проблем можно смоделировать, используя 20% средств UML». По-видимому, и в самом деле на UML можно описать любую систему, и даже с нескольких точек зрения. Вопрос в том, что делать дальше с таким описанием – здесь нет единства мнений. Некоторые авторы (например, [5]) считают, что основная ценность UML как раз в применении как средства документирования и обмена формализованными описаниями на стадиях эскиза и проектирования сложных систем, а программная реализация должна осуществляться вручную, на основании таких описаний. Тем не менее, имеется и ряд средств, позволяющих компилировать UML-описания в заготовки классов универсальных языков программирования, и в этом случае можно говорить о режиме использования UML в качестве языка программирования. Однако здесь мы снова остаемся в рамках объектной парадигмы – получаем иерархию классов и заготовок классов, но не избавляемся от необходимости писать императивные программы, вызывающие в нужном порядке методы этих классов. Кроме того, двойная компиляция существенно сказывается на качестве машинного кода.

В данной работе предлагается иной подход к описанию и построению моделей сложных систем, который называется модельным, потому, что в его основе лежит понятие модели, весьма близкое тому, что присутствует в математическом и особенно в имитационном моделировании. Модель – более сложная и агрегированная конструкция, нежели объект объектного анализа. Главное ее отличие от объекта – обладание независимым поведением, тип которого является общим для всех моделей.

Предлагаемый модельный подход минималистичен. По существу, в нем нет других понятий, кроме понятия модели. Модели-компоненты могут объединяться в модели-комплексы, но модель-комплекс – это тоже модель-компонента, которая в дальнейшем может быть включена в модель-комплекс и т.д. Любая модель выполняется по одним и тем же стандартным правилам, т.е., может быть выполнена однажды написанной и отлаженной программой выполнения моделей. Кроме того, эта программа выполнения моделей такова, что все ее содержательные вычисления допускают распараллеливание. Все программирование модели сложной системы распадается, во-первых, на ряд декларативных описаний моделей-компонент и моделей-комплексов, объединяющих модели-компоненты, и во-вторых, на программирование некоторых функциональных зависимостей, которые являются функциями в математическом, а не только в программистском смысле, и, следовательно, могут быть запрограммированы в функциональной парадигме. Это приводит к тому, что программная реализация даже сверхсложной фрактально устроенной имитационной модели полностью обходится без методов императивного программирования – самого сложного на стадии как разработки, так и отладки. Кроме того, про устройство однажды отлаженной компоненты можно навсегда забыть после завершения отладки. Во всех моделях-комплексах, куда она входит, она будет вести себя ровно так, как она умеет себя вести – это будет обеспечено автоматически программой выполнения моделей. Это привносит в программирование полноценные методы САПР – программный комплекс предлагается строить из готовых моделей, декларативно описывая их состав и связи. Такие описания компилируются не в

машинный код, а в таблицы базы данных, что снимает вопрос о качестве компиляции – она просто должна быть правильной.

Основная конструкция – модель-компонента

Определяемая нами модель-компонента должна иметь внутренние и внешние характеристики – этим она похожа на объект объектного анализа, также имеющий набор характеристик. Кроме характеристик объект объектного анализа имеет методы – набор умений. Собственного поведения объект, как правило, не имеет – он лишь хранилище умений, из которых, наряду с умениями других объектов будет складываться поведение программной системы в целом. Модель, в отличие от объекта, наделена собственным поведением. Ее умения, в отличие от объекта, невозможно вызвать извне. Зато она, подобно операционной системе компьютера, готова в любой момент стандартным образом ответить на любой стандартный запрос внутренней и внешней среды (что в силу гипотезы о замкнутости есть просто некоторое стандартное сочетание значений ее внутренних и внешних переменных). У операционных систем, для возможности обслуживания стандартных запросов, постоянно и параллельно друг другу, работает несколько системных служб. У нашей модели параллельно могут развиваться несколько процессов. Каждый из этих процессов состоит из чередования методов-элементов – элементарных действий процесса, реализуемых функциональными зависимостями. Чередование методов-элементов, в силу гипотезы о замкнутости модели, определяется состоянием внутренних и внешних переменных модели. Подробнее на правилах чередования элементов мы остановимся далее.

Одной из особенностей моделирования сложных систем можно считать необходимость учета разномасштабных по времени явлений, происходящих в них, проведем классификацию элементов модели по отношению к модельному времени:

1. Сосредоточенные или быстрые элементы. Это элементы, которые происходят мгновенно по отношению к модельному времени. Сосредоточенные элементы – один из способов вычисления заведомо дискретных характеристик модели.

2. Распределенные или медленные элементы. Эти элементы имеют ненулевую продолжительность в модельном времени, т.е., занимают время не меньшее, характерного для данной модели интервала осреднения по времени. Кроме того, для таких элементов всякому разумному интервалу времени можно сопоставить результат выполнения элемента за этот интервал времени. Распределенные элементы – наиболее естественный способ вычисления непрерывных характеристик модели.

Чередованием элементов в процессе управляют события. Содержательно, события – это то, что нельзя пропустить при моделировании динамики системы – точки синхронизации различных ее функциональностей, представляемых процессами. Точки, когда получены такие значения характеристик модели и внешних переменных, на которые обязаны отреагировать некоторые процессы компоненты.

Формально событие – функция значений внутренних и внешних переменных в начале шага моделирования. С точки зрения организации имитационных вычислений, событие – это метод, входными параметрами которого является подмножество внутренних и внешних характеристик компоненты, а выходной параметр один – прогнозируемое время до наступления этого события. Если это прогнозируемое время равно нулю – значит, событие уже наступило.

Для каждой упорядоченной пары элементов процесса, если между ними возможен переход, то ему обязан соответствовать метод-событие, прогнозирующий время этого перехода. Возможны также события, прерывающее выполнение элемента, например, если его еще не нужно заканчивать, но он вычислил характеристики компоненты, которые могут повлечь смену элементов других процессов. Процесс перехода должен быть однозначным. Одновременное наступление двух различных событий для одного элемента говорит лишь о том, что разработчик модели при ее проектировании упустил из своего рассмотрения этот случай, которому, быть может, должно соответствовать третье событие, отличное от первых двух.

Итак, подведем итог. Модель, являющаяся основным понятием излагаемого здесь модельного анализа, характеризуется:

1. Набором внутренних и внешних характеристик.
2. Набором процессов, каждый из которых есть чередование методов-элементов, каждый из которых реализует некую функциональность. Входными параметрами элементов являются подмножества внутренних и внешних характеристик модели, их возвращаемые параметры меняют подмножества внутренних характеристик модели.

3. Методы-события управляют переключениями элементов в процессах или прерывают выполнение элементов в целях синхронизации. Входными параметрами событий являются подмножества внутренних и внешних характеристик модели. Если возможен переход от одного элемента процесса к другому – с такой упорядоченной парой должно быть связано единственное событие. Возможно событие прерывающее выполнение элемента с последующим его продолжением.

То, о чем шла речь выше, описывает статическое устройство модели-компоненты. Перейдем к описанию ее динамики, сформулировав единые правила запуска модели на вычисление.

Реализация поведения модели-компоненты

Сформулируем теперь общие для всех моделей «правила поведения», которые есть ничто иное, как правила организации для них имитационных вычислений.

Во-первых, задается стандартный шаг моделирования Δt . Во-вторых, считается, что в начале шага моделирования известны текущие элементы всех процессов и все внутренние характеристики модели. Считается, что мы умеем получать внешние характеристики модели в любой интересующий нас момент модельного времени. Далее,

1. Вычисляются события связанные с текущими элементами процессов. Вычисляться события могут параллельно, однако для продвижения вычислительного процесса далее, следует дождаться завершения вычислений всех событий. Если есть наступившие события, проверяется, нет ли переходов к быстрым элементам, если они есть – выполняются быстрые элементы (они становятся текущими). Вычисляться они могут также параллельно, однако для продвижения вычислительного процесса далее, следует дождаться завершения вычислений всех быстрых элементов, затем возврат к началу п.1; если нет переходов к быстрым элементам – совершаются переходы к новым медленным элементам, затем возврат к началу п.1.

2. Если нет наступивших событий – из всех прогнозов событий выбирается ближайший, $\Delta \tau$.

3. Если стандартный шаг моделирования Δt не превосходит прогнозируемого времени до ближайшего события, $\Delta t \leq \Delta \tau$ – вычисляем текущие медленные элементы со стандартным шагом Δt . В противном случае – вычисляем их с шагом времени до ближайшего спрогнозированного события $\Delta \tau$. Медленные элементы также можно вычислять параллельно, с ожиданием завершения последнего.

4. Возвращаемся к началу п.1.

В соответствии с описанными выше правилами может быть написана программа, способная осуществить имитационные вычисления для любой модели, описанной выше конструкции.

Комплексы моделей

Модели-компоненты могут объединяться в модель-комплекс, при этом (необязательно) может оказаться, что некоторые компоненты явно моделируют внешние переменные некоторых других компонент. Для того, чтобы полностью описать комплекс, достаточно указать:

1. Какие компоненты и в каком количестве экземпляров в него входят.

2. Коммутацию компонент внутри комплекса, если она имеет место, т. е., какие внутренние переменные каких компонент являются какими внешними переменными и каких именно компонент комплекса.

Комплекс состоящий из многих компонент, вовне может проявляться в качестве единой компоненты. Введем следующую операцию объединения компонент комплекса:

1. Внутренними переменными комплекса объявляется объединение внутренних переменных всех его компонент.

2. Процессами комплекса объявляется объединение всех процессов его компонент.

3. Методами комплекса объявляется объединение всех методов его компонент.

4. Событиями комплекса объявляется объединение всех событий его компонент.

5. Внешними переменными комплекса объявляется объединение всех внешних переменных его компонент, из которого исключаются все те переменные, которые моделируются явно какими-либо компонентами.

Отметим, что подобное объединение может вызвать неоднозначности, похожие на те, что возникают в объектном анализе при множественном наследовании. Например, несколько компонент дают прогноз погоды или валютных курсов. Однако подобные неоднозначности можно устранить. Вполне строго этот вопрос решается в работе [1], здесь, на содержательном уровне, скажем, что например, можно добавить в комплекс еще одну компоненту, внешними переменными которой будут все имеющиеся в комплексе различные прогнозы, а в качестве внутренней, она будет выдавать один, полученный из них известным разработчику комплекса способом.

Операция объединения, после устранения всех возникших в ее результате неоднозначностей, превращает модель-комплекс в модель-компоненту, что позволяет строить модель как фрактальную конструкцию, сложность которой (и соответственно подробность моделирования) ограничивается лишь желанием разработчика.

Превращение модели-комплекса снова в модель-компоненту и завершает описание модельного подхода к описанию и реализации имитационных моделей сложных многокомпонентных систем.

Для формального описания моделей-компонент и моделей-комплексов придуман специальный декларативный язык ЯОКК (язык описания компонент и комплексов), описанный в работе [1]. Наиболее часто встречающиеся в нем операторы – операторы коммутации. Реализован макет программы выполнения моделей. В настоящее время ведутся работы по созданию платформенно-независимой системы модельно-ориентированного программирования.

Наследование в объектном анализе и модельном синтезе

Определим базисное множество рода структуры «объект» как совокупность его характеристик и методов. Вводится отношение наследования, которое по базисному подмножеству характеристик есть включение множества характеристик предка во множество характеристик потомка, а по базисному подмножеству методов есть инъекция множества методов предка во множество методов потомка, при этом сохраняющая так называемую сигнатуру, т.е., названия методов и типы их параметров. Сами же реализации методов потомка могут отличаться в силу полиморфизма – возможности переопределения потомком методов предка. Отношение наследования, рассматриваемое в направлении от потомка к предку, в объектном анализе называют также отношением обобщения. В объектно-ориентированных языках программирования по своему типу потомок является предком, но предок не является потомком (аксиома антисимметрии отношения частичного порядка), поэтому переменные типа потомка могут быть использованы как значения переменных или параметров типа предка, но не наоборот.

Отношение наследования, таким образом, наделяет множество объектов родом структуры частичного порядка. Классы, не имеющие предков, но обладающие потомками, называются по отношению к ним корневыми или базовыми. Классы, не имеющие потомков, называются листовыми. В некоторых языках программирования, например, в C#, есть лишь один базовый класс «object», наследниками которого являются все остальные классы этого языка. В C# не разрешено множественное наследование, т.е., непосредственный предок может быть лишь один. В C++ базовых классов может быть много, и разрешено множественное наследование.

Проектирование в объектно-ориентированной парадигме большой программной системы состоит в воплощении базовых понятий и представлений этой системы в базовые классы языка высокого уровня и построении затем иерархии классов, развивающих, конкретизирующих и воплощающих эти идеи во множество листовых классов, с помощью которых и будет строиться целевая программная система. Однако все сложности организации вычислительного процесса, состоящего в использовании разработанных и отлаженных методов листовых классов, лежит на разработчике системы.

Отметим, что помимо стандартных типизации, инкапсуляции, наследования и полиморфизма, воплощенных в таких универсальных языках программирования как C++, Java, C#, объектный анализ, воплощенный например в UML – унифицированном языке моделирования – имеет еще массу различных концепций и методов описания различных аспектов устройства и поведения сложных систем. UML позволяет описать устройство систему и разные аспекты ее поведения практически со всех возможных точек зрения. Конечно же, с его помощью можно описывать и объединения компонент, которое будет присутствовать ниже, и описание поведения в виде автоматного переключения отдельных действий. Правда результатом будет все равно система заготовок классов на одном из языков программирования. На наш вкус, в UML слишком много понятий и представлений, что серьезно затрудняет его изучение, реализацию и применение.

В данной работе автор ставит перед собой совсем другую задачу – смоделировать примерно 25% большинства проблем (если приблизительно считать, что половина всех проблем решается системами дифференциальных уравнений, а половина второй половины устроена дедуктивно, и достаточно хорошо может быть описана иерархиями классов объектного анализа; оставшиеся 25% – тоже достаточно широкий класс задач, заслуживающий внимания), используя единственное основное понятие модельного анализа – понятие модели-компоненты.

В модельном синтезе объединение моделей-компонент в модель-комплекс можно считать неким аналогом наследования, если сравнивать модельный синтез с объектным анализом. Только это наследование чаще всего множественное и происходит не сверху вниз, а наоборот, – снизу вверх. Такое объединение с точки зрения геометрической теории декомпозиции [4] также может быть названо приближенной P-композицией моделей-компонент.

P-композиция позволяет строить модели фрактальной структуры сколь угодно большой степени сложности. При этом построение разбивается на вполне обозримые этапы описания на декларативном языке ЯОКК компонент и комплексов модели, написание на универсальных языках программирования, но в функциональной парадигме, методов-элементов и методов-событий компонент, отладки отдельных компонент по принципу – отладил и забыл. Императивное программирование, при этом полностью исключается из проекта, что облегчает отладку.

Выводы

Предложенные концепции модельного синтеза и модельно-ориентированного программирования позволяют формально описать на языке ЯОКК имеющиеся знания об «атомах» сложной многокомпонентной системы и их связях между собой; автоматически по этим описаниям построить синтез модели сложной системы, путем компиляции описателей ЯОКК в базу данных модели; далее остается запрограммировать методы модели (ориентируясь на функциональную парадигму) и заполнить в базе данных начальные значения ее характеристик. После этого модель готова к имитационным экспериментам. Из проекта программной реализации имитационной модели сложной системы удастся полностью исключить императивное программирование. Универсальная программа выполнения моделей может быть ориентирована на высокопроизводительные и распределенные вычисления.

Предложенная концепция моделирования сложных систем была воплощена в серии имитационных моделей, реализованных под влиянием модельно-ориентированной парадигмы программирования. Например, моделировались некоторые эпизоды СОИ (Стратегическая Оборонная Инициатива) Рейгана, модель функционирования и взаимодействия нескольких стран. Кроме того, были созданы инструментальная система имитационного моделирования: система MISS [2], полностью воплотившая парадигму модельно-ориентированного программирования (правда без теоретического ее обоснования), а также программное обеспечение для рабочей станции пиринговой системы распределенного моделирования [1].

Концепция модельного синтеза и модельно-ориентированного программирования применима в первую очередь для описания, проектирования и программной реализации имитационных моделей сложных многокомпонентных систем. Однако можно надеяться, что аналогичный подход может использоваться и для разработки сложных программных систем, с организацией, соответствующей гипотезе о замкнутости, включая программные системы, ориентированные на распределенные и высокопроизводительные вычисления.

Литература

1. Бродский Ю.И. Модельный синтез и модельно-ориентированное программирование. М.: ВЦ РАН, 2013. 142 с.
2. Бродский Ю.И., Лебедев В.Ю. Инструментальная система имитации MISS. М.: ВЦ АН СССР, 1991. 180 с.
3. Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И. Введение в UML от создателей языка. 2-е изд.: Пер. с англ. Н. Мухин М.: ДМК Пресс, 2012. 494 с.
4. Павловский Ю.Н. Декомпозиция снабженных структурой множеств на свободную сумму и прямое произведение // Доклады Академии наук. 1995. Т. 340. № 3. С. 314-316.
5. Фаулер М. UML. Основы., 3-е издание. Пер. с англ. СПб: Символ-Плюс, 2004. 192 с.

МЕТРИКИ КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Бурдыко Т.Г., Бушмелева К.И.
БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»
+7 (922) 798-72-40, tania_dubovik@mail.ru

Управление качеством будет успешным, если под контролем будут находиться все параметры, отражающие измерения качества готовой продукции. В статье затрагиваются вопросы, касающиеся измерения качества программного обеспечения при помощи метрик качества.

Ключевые слова: управление качеством, информационные технологии, метрики, развитие, программное обеспечение, программный продукт

Metrics as a means of quality management of the software. Burdyko T.G., Bushmeleva K.I., Surgut State University.

Quality management will be successful if all parameters reflecting measurements of the quality of finished products are under control. The article addresses issues related to measuring the quality of software using quality metrics.

Keywords: quality management, information technology, metrics, development, software, software product

На рынке программного обеспечения в настоящее время растут требования к скорости разработки и качеству программного обеспечения (далее – ПО). Использование гибкой архитектуры и

различных способов проектирования ПО способны повысить качество разработок, однако формальные критерии качества, например такие как, метрики кода, остаются актуальными и сегодня [1, 3].

При определении требований к ПО можно задать соответствующие характеристики и их подхарактеристики, которые определяют разные стороны управления качеством продукта. Для выбора характеристик качества ПО в свою очередь определяются соответствующие метрики, модели их оценки и диапазон значений мер для измерения отдельных атрибутов качества.

Согласно стандарту метрики определяются по модели измерения атрибутов ПО на всех этапах жизненного цикла (внутренние и промежуточные метрики) и особенно на этапе тестирования или функционирования (внешние метрики) продукта.

Существует три типа метрик:

- метрики программного продукта (ПП) (используются при измерении характеристик – свойств);
- метрики процесса (используются при измерении свойств жизненного цикла процесса в результате создания ПП);
- метрики качества;
- метрики использования.

Метрика программного продукта (software metric) – численная мера, позволяющая получить численное значение и оценить определенные свойства ПП или его спецификаций. Для каждой метрики обычно существуют ее эталонные показатели, указывающие, при каких крайних значениях стоит обратить внимание на данный показатель.

Метрики программного продукта включают:

- внешние метрики, которые обозначают свойства продукта, видимые пользователю;
 - внутренние метрики, которые обозначают свойства, видимые только команде разработчиков.
- Внешние метрики* продукта - это метрики:
- надежности продукта, которые служат для определения количества дефектов;
 - функциональности, с помощью которых устанавливаются наличие и правильность реализации функций в продукте;
 - сопровождения, с помощью которых измеряются ресурсы продукта (скорость, память, среда);
 - применимости продукта, которые способствуют определению степени доступности для изучения и использования;
 - стоимости, которыми определяется стоимость созданного продукта.

Внутренние метрики продукта включают:

- метрики размера (когда можно измерить продукт с помощью его внутренних характеристик);
- метрики сложности (определения сложности продукта);
- метрики стиля (служат для определения подходов и технологий создания отдельных компонентов продукта и его документов).

Внутренние метрики позволяют определить производительность продукта, и полностью удовлетворяет потребностям по отношению к внешним метрикам.

Внешние и внутренние метрики задаются на этапе формирования требований к разрабатываемому ПО и являются предметом планирования и управления достижением качества конечного продукта.

Метрики продукта часто описываются комплексом моделей для того, чтобы установить различные свойства, значения модели качества или прогнозирования. Зачастую измерения проводятся после калибровки метрик на ранних этапах проекта. Степень трассируемости, которая определяется числом трасс, положено считать общей мерой, и прослеживается с помощью моделей сценариев типа UML и оценкой количества:

- требований;
- сценариев и действующих лиц;
- объектов, включенных в сценарий, и локализация требований к каждому сценарию;
- параметров;
- операций объекта и др.

Стандарт ISO/IEC 9126-2 определяет следующие типы мер [2]:

- мера размера ПО в разных единицах измерения (число функций, строк в программе, размер дисковой памяти и др.);
- мера времени (функционирования системы, выполнения компонента и др.);
- мера усилий (производительность труда, трудоемкость и др.);
- мера учета (количество ошибок, число отказов, ответов системы и др.).

Специальной мерой может также служить уровень использования повторных компонентов и измеряется как отношение размера продукта, изготовленного из готовых компонентов, к размеру системы в целом. Данная мера используется при определении стоимости и качества ПО.

Примерами метрик может служить:

- общее число объектов и число повторно используемых;
- общее число операций, повторно используемых и новых операций;
- число классов, наследующих специфические операции;
- число классов, от которых зависит данный класс;
- число пользователей класса или операций и др.

При оценке общего количества некоторых величин часто используются среднестатистические метрики (среднее число операций в классе, наследников класса или операций класса и др.).

Меры в значительной степени являются субъективными и зависят от знаний экспертов, которые производят количественные оценки атрибутов компонентов программного продукта.

Примером внешних метрик ПП являются метрики Холстеда - это характеристики программ, которые выявляются на основе структуры программы, написанной на конкретном языке программирования: число частых операндов и операторов; длина описания программы как сумма числа всех операндов и операторов и др.

На основе этих атрибутов можно вычислить время программирования, уровень программы (структурированность и качество) и языка программирования (абстракции средств языка и ориентация на проблему) и др.

В качестве метрик процесса могут быть использованы время разработки, число ошибок, найденных на этапе тестирования и др. Однако на практике чаще всего используются следующие метрики процесса:

- общее время разработки и отдельно время для каждой стадии;
- время модификации моделей;
- время выполнения работ на процессе;
- число найденных ошибок при инспектировании;
- стоимость проверки качества;
- стоимость процесса разработки.

Оценка качества ПО согласно четырехуровневой модели качества начинается с нижнего уровня иерархии, т.е. со свойства, которое оценивает атрибут показателя качества, согласно установленным мерам. На этапе проектирования устанавливают значения оценочных элементов для каждого атрибута/показателя анализируемого ПО, включенного в требования.

По определению стандарта ISO/IES 9126-2 метрика качества ПО представляет собой "модель измерения атрибута, связываемого с показателем его качества". При измерении показателей качества данный стандарт позволяет определять следующие типы мер:

- меры размера в разных единицах измерения (количество функций, размер программы, объем ресурсов и др.);
- меры времени - периоды реального, процессорного или календарного времени (время функционирования системы, время выполнения компонента, время использования и др.);
- меры усилий - продуктивное время, затраченное на реализацию проекта (производительность труда отдельных участников проекта, коллективная трудоемкость и др.);
- меры интервалов между событиями, например, время между последовательными отказами;
- счетные меры - счетчики для определения количества обнаруженных ошибок, структурной сложности программы, числа несовместимых элементов, числа изменений (например, число обнаруженных отказов и др.).

Метрики качества используются при оценке степени тестируемости с помощью данных (безотказная работа, выполнимость функций, удобство применения интерфейсов пользователей, базы данных и т.п.) после проведения испытаний ПО на множестве тестов [3]. При этом наиболее важным показателем оценки является наработка на отказ, который являясь показателем надежности и определяет среднее время между появлением угроз, нарушающих безопасность ПО, которое в свою очередь обеспечивает оценку ущерба, которая может быть нанесена соответствующими угрозами.

Для оценки значений показателей качества в зависимости от особенностей используемых ими свойств, назначения, способов их определения используются:

- шкала метрическая (представляет собой: абсолютную; относительную; интегральную);
- шкала порядковая (ранговая), позволяет ранжировать характеристики путем сравнения с опорными;
- классификационная шкала, характеризует наличие или отсутствие рассматриваемого свойства у оцениваемого программного обеспечения.

Показатели, которые вычисляются с помощью метрических шкал, называются количественные, а определяемые с помощью порядковых и классификационных шкал - качественные.

Атрибуты программной системы, характеризующие ее качество, измеряются с использованием метрик качества. Метрика определяет меру атрибута, т.е. переменную, которой присваивается значение в результате измерения. Для правильного использования результатов измерений каждая мера идентифицируется шкалой измерений.

Метрики использования ПП служат для измерения степени удовлетворения потребностей пользователя при решении его задач, например, таких как точность, полнота, производительность, трудозатраты и т.п., помогая при этом оценить результат эксплуатации программы, т.е. ее эксплуатационные качества.

Подводя итог можно отметить, что на сегодняшний день существует множество различных классификаций метрик программного обеспечения, трактующих метрики с различных позиций и ранжирующих одни и те же характеристики по различным критериям, выбор всегда ложится на пользователя осуществляющего оценку качества продукта.

В свою очередь если в требованиях к оценке ПО было указано использовать несколько показателей, то каждый просчитанный после сбора данных показатель умножается на соответствующий весовой коэффициент, а затем все показатели суммируются для получения комплексной оценки уровня качества ПО. На основе измерения количественных характеристик и проведения экспертизы качественных показателей с применением весовых коэффициентов вычисляется итоговая оценка качества продукта путем суммирования результатов по отдельным показателям и сравнения их с эталонными показателями ПО (стоимость, время, ресурсы и др.). При проведении оценки отдельного показателя с помощью оценочных элементов просчитываются весовой коэффициент-метрика, коэффициент-показатель, коэффициент-атрибут.

Согласно стандарту ДСТУ 3230-1995 для оценки значений показателей качества ПО могут быть использованы следующие методы: измерительный, регистрационный, расчетный и экспертный, а чаще всего комбинации этих методов.

Измерительный метод основан на использовании измерительных и специальных программных средств для получения информации о характеристиках ПО, например определения объема, числа строк кода, операторов, количества ветвей в программе, числа точек входа/ выхода, реактивности и др.

Регистрационный метод используется при подсчете времени, числа сбоев или отказов, начала и конца работы ПО в процессе его выполнения.

Расчетный метод определения показателей качества ПО основан на использовании теоретических и стохастических и (или) эмпирических зависимостей показателей качества продукции от ее параметров. Он применяется при проектировании ПО или когда продукт не может быть объектом экспериментальных исследований. Они используются для определения значений показателей производительности, безотказности, долговечности, ремонтпригодности и других показателей.

Экспертный метод осуществляется группой экспертов — специалистов, компетентных в решении данной задачи или используемом ПО. Их оценка базируется на опыте и интуиции, а не на результатах расчетов и экспериментов. Такая экспертиза обычно проводится путем просмотра программ и сопроводительных документов, для этого устанавливаются контролируемые признаки, которые коррелированы с одним или несколькими показателями качества и включены в опросные карты экспертов. Метод применяется при оценке таких показателей, как анализируемость, документируемость, структурированность ПО, и способствует всесторонней и качественной оценке созданного продукта.

В конечном итоге результатом оценки качества ПО является критерий эффективности и целесообразности применения используемых методов проектирования, инструментальных средств и методик оценивания результатов создания продукта на всех стадиях жизненного цикла.

Литература

1. Модели качества и надежности в программной инженерии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intuit.ru/studies/courses/2190/237/lecture/>
2. Техника программного обеспечения – Качество продукции – Часть 2: Внешние метрики. – Введ. 2000-12-19. – М.: Изд-во стандартов, 2000.
3. Внешние метрики качества фпрограммных средств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/837772/page:26/>

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОИСКА И ИСТОЧНИКОВ ПАТЕНТНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ DEEP LEARNING

Бурмистров А.С., Кравец А.Г.
Волгоградский государственный технический университет

Получение полных и точных результатов патентного поиска, в какой-то степени, определяют «судьбу» будущего или настоящего изобретения, одновременно позволяя сэкономить время и деньги в случае, если регистрация или использование изобретения по итогам патентного поиска представится невозможным.

В докладе представлен анализ методов патентного поиска, в результате которого получена структурно-функциональная модель пространства методов. Также исследованы патентные информационно – поисковые системы и источники патентных данных. В результате исследования была установлена пригодность источников для обучения моделей Deep Learning.

Ключевые слова: патент, глубокое обучение, нейронная сеть, источники патентной информации, методы патентного поиска.

Analysis of search methods and sources of patent data for the training of Deep Learning models.
Burmistrov A.S., Kravets A.G., Volgograd State Technical University.

Obtaining full and accurate results of patent searches, to some extent, determine the "fate" of the future or the present invention, while also allowing to save time and money in case registration or use of the invention on the basis of patent search results is impossible.

The paper presents an analysis of the methods of patent search, as a result of which a structural-functional model of the methods space has been obtained. Patent information retrieval systems and patent data sources have also been investigated. As a result of the study, the suitability of sources for training of Deep Learning models was established.

Key words: patent, deep learning, neural network, sources of patent information, patent search techniques.

Введение

В настоящее время по всему миру выдано свыше 80 миллионов патентов. Каждый год количество патентов увеличивается. В 2016 году было подано больше чем 3 миллиона заявок на получение патента. Это рекордное число, которое выше на 8.3% чем в 2015 году. Если проанализировать мировую статистику подачи заявок (рис. 1), то можно увидеть, что количество заявок стабильно увеличивается из года в год [1].



Рисунок 1 - Количество поданных заявок в год

С увеличением количества патентов растет и время рассмотрения заявки на регистрацию патента. Эксперту необходимо установить уникальность патентуемой технологии, подтвердить новизну заявки. Для этого он должен провести сравнение с похожими патентами и открытыми источниками и удостовериться в отсутствии аналогов изобретения. В ходе такой работы эксперт может проверить тысячи патентов. Существующие автоматизированные системы поиска существующих патентов, которые могли бы потенциально опровергнуть новизну заявки, не дают высокой точности при поиске аналогов и не обеспечивают полной автоматизации процесса.[2] Патентные документы по определенной тематике могут публиковаться в разных странах и на различных языках. Между тем, эксперту патентного ведомства требуется обнаруживать релевантные патенты независимо от того, на каком языке они опубликованы. В результате возникает важная поисковая задача в случаях, когда патентная заявка

поступает на одном языке, а документы, определяющие известный уровень техники, опубликованы на других языках.[3]

Целью исследования, представленного в докладе, является анализ методов и систем патентного поиска и существующих источников данных для глубокого обучения.

Особенности патентного поиска

Патентный поиск в настоящее время осуществляется с помощью специальных информационно-поисковых систем. Сейчас проводить поиск гораздо удобнее – раньше это можно было сделать только в специализированных патентных библиотеках, «вручную». Однако, нынешняя простота поиска – только кажущаяся в силу большого количества и сложности электронных баз данных, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки. Тем не менее, проведение поиска с помощью электронных баз данных в Интернете считается достаточно полным и объективным, но, все же, его необходимо дополнить поиском «вручную» путем тщательной «фильтрации» полученной информации.

Патентный поиск – это процедура отбора соответствующей определенному запросу информации о патентах, который может осуществляться по одному либо нескольким основаниям. В частности, патентный поиск позволяет установить новизну изобретения.

Поиск проводится по массиву патентных документов или данных. Это разновидность информационного поиска – достаточно узкая, поскольку проводится только по патентной документации, которая содержит конкретные данные о техническом решении, достаточно единообразна, обладает необходимой полнотой, содержит критическую оценку уровня техники и, самое главное, достоверна, поскольку проверяется в результате экспертизы охраноспособности изобретения.

Результаты поиска будут содержать информацию, формально, в большей или меньшей степени, совпадающую с запросом. Наиболее эффективный алгоритм работы с результатами поиска предполагает просмотр дополнительной информации по найденным пунктам, включая описание, изображения и др., а также определение фирм и авторов, которые чаще всего встречаются в полученном материале, и изучение патентов в схожих областях.

Полезность и эффективность патентного поиска зависит от множества факторов: от компетентности специалиста, проводящего поиск; от грамотного выбора запроса и критериев проведения поиска; от возможностей баз данных; от тщательности «выборки» полученной информации и прочих. В результате патентного поиска, в идеальном варианте, должно сложиться четкое представление о возможности или невозможности регистрации нового изобретения, а также возможности или невозможности использования или неиспользования уже зарегистрированного.

Процедуры патентного поиска

При осуществлении патентного поиска зачастую используется весьма пространственный запрос, формулировка которого требует обращения ко всему тексту патентной заявки. На перевод таких запросов на разные языки может уйти много времени. Поэтому был предложен метод предварительной обработки текста запроса на проведение поиска для определения известного уровня техники, поскольку он ориентирован на выявление всех релевантных документов, способных опровергнуть новизну подаваемой заявки. При использовании этого метода полный текст патентной заявки воспринимался как поисковый запрос, а цитируемые в ней документы – как релевантные документы, подлежащие автоматизированной идентификации.

Предварительная обработка текста заявки включала стандартные процедуры, применяющиеся в большинстве информационно-поисковых систем: нормализация лексики, усечение словоформ и изъятие общеупотребительных слов. Предполагается, что таким путем может быть обеспечена ускоренная настройка системы машинного перевода. Прежде всего, изъятие общеупотребительных слов с последующей нормализацией неповторяющихся усеченных словоформ резко сократит используемый в машинном переводе словарный запас.[4]

Распространяемые в настоящее время программные системы патентно-лицензионного поиска предоставляют пользователям возможности поиска, основанные на стандартном (атрибутивном) формировании запроса или на так называемом поиске «подстроки». В редких случаях проводится частичный аналитический разбор документов.

Рассмотренная система поддержки патентно-лицензионной деятельности состоит из трех блоков, каждый из которых состоит из функциональных модулей. В этой системе присутствует стандартный атрибутивный поиск, семантический поиск [5].

Также в рассмотренной поддержке патентно-лицензионной деятельности есть блок распознавания образов и анализ изображений [6].

Системы патентного поиска

На протяжении последнего десятилетия наиболее значимыми системами патентного поиска являются: Espacenet, ФИПС (PatSearch), Patentscope, USPTO и Google Patent Search.

Espacenet — система Европейского патентного ведомства (European Patent Office). В настоящее время база данных содержит более 80 млн. патентных заявок и патентов. Система дает возможность произвести поиск патентов по базам данных: Европейской патентной организации (ЕПВ), Всемирной организации интеллектуальной собственности (WIPO, ВОИС), Японии, Австрии, Бельгии, Кипра, Дании, Финляндии, Франции, Германии, Греции, Ирландии, Италии, Лихтенштейна, Люксембурга, Монако, Нидерландов, Португалии, Испании, Швеции, Швейцарии, Англии. Возможен поиск по ключевым словам и метаданным заявки.

Сравнительный анализ функциональных возможностей систем патентного поиска приведен в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика поисковых систем

Система	Поиск по ключевым словам	Поиск по метаданным	Подсветка ключевых слов	Машинный перевод	Распознавание текста на изображениях	Полнотекстовый поиск
Espacenet	+	+	+	-	-	-
ФИПС	+	+	-	-	-	-
Patentscope	+	+	+	-	-	-
USPTO	+	+	-	-	-	-
Google Patent Search	+	-	+	+	+	-

У всех этих систем есть один и тот же недостаток. Эксперт должен сам формировать запрос из ключевых слов. Ключевыми являются слова, которые, по мнению эксперта, отражают суть новизны патента. Если автоматизировать этот процесс, то работа эксперта станет эффективнее, так как он не будет тратить время на составление запроса.

Анализ источников данных для глубокого обучения

Наиболее доступными источниками данных (рис.2) являются системы WIPO и ФИПС. Анализ источников был проведен по странам и по отраслям технологий. Общим недостатком источников является двухгодичная задержка предоставляемых в открытом доступе данных, т.е. в 2018 году доступны данные за 2016 год.

В целом на первом месте по количеству поданных заявок уже 39-й год подряд остаются базирующиеся в США заявители, на долю которых приходится приблизительно одна четверть (24,3%) из 233 тыс. заявок, поданных в 2016 г. по процедуре Договора о патентной кооперации (РСТ) ВОИС, в то время как само по себе число выросло на 7,3% по сравнению с предыдущим годом. Следующие два места заняли заявители в Японии (19,4%) и Китае (18,5%), причем последние являются главной движущей силой общего увеличения спроса. Наиболее высокую активность демонстрировал сектор цифровой связи и компьютерной техники.

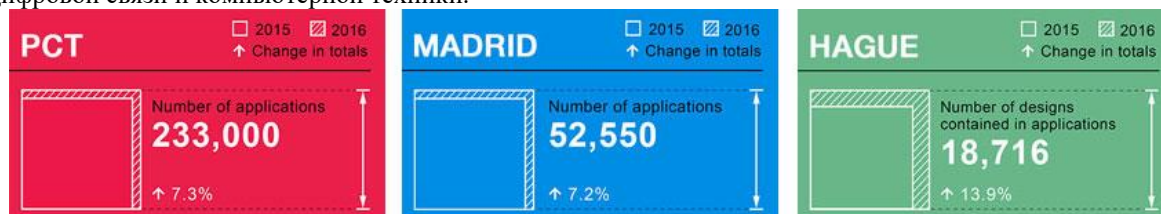


Рисунок 2 – Рост количества заявок

Наиболее высокая доля опубликованных заявок по процедуре РСТ (8,5%) приходится на сектор цифровой связи, за которым следуют области компьютерной техники (8,2%), электронного оборудования (6,9%) и медицинской техники (6,8%).

Среди десяти ведущих отраслей техники наиболее высокие темпы роста в 2016 г. были зафиксированы в областях медицинской техники (+12,8%), оптики (+12,7%) и цифровой связи (+10,7%).

Анализ методов патентного поиска

Системный анализ методов патентного поиска выполнен в виде структурно-функциональной модели, фрагмент которой представлен на рисунке 3.

Как видно из рисунка, исследуемую область способов и методов поиска патентов изображений можно разбить на 3 подкатегории:

1. Использование архитектур нейронных сетей;
2. Поиск патентов с помощью изображений;
3. Поиск патентов без изображений.

Большинство патентов включает и изобразительный раздел, состоящий из фигур, рисунков и диаграмм, используемый в качестве дополнительного средства отображения особенностей изобретения [7]. Поэтому сегодня в сфере охраны интеллектуальной собственности проявляется большой интерес к исследованиям и экспериментам, касающимся информационного поиска в этой области.[8]

Для получения текстовых признаков изображений используются содержащиеся в патентном документе текстовые описания. Они рассматриваются как неупорядоченная совокупность слов (bag-of-words), используемая для построения векторной функции путем подсчета словообразований, наиболее часто встречающихся в текстовых описаниях. Для этого проводится изъятие общеупотребительных слов, а оставшиеся ключевые слова, после приписки им весовых коэффициентов, подвергаются индексированию. В построении векторной функции участвуют только те слова, которые преодолели весовой барьер [9].

Изучение изображений может оказаться очень важным при попытках проникновения в сущность патентов и установления их релевантности. При патентном поиске, порой приходится просматривать тысячи патентов, пользуясь только содержащимися в них изображениями. Этот процесс мог бы быть ускорен с помощью автоматизированных систем поиска патентных изображений, в том числе и с помощью нейронных сетей.

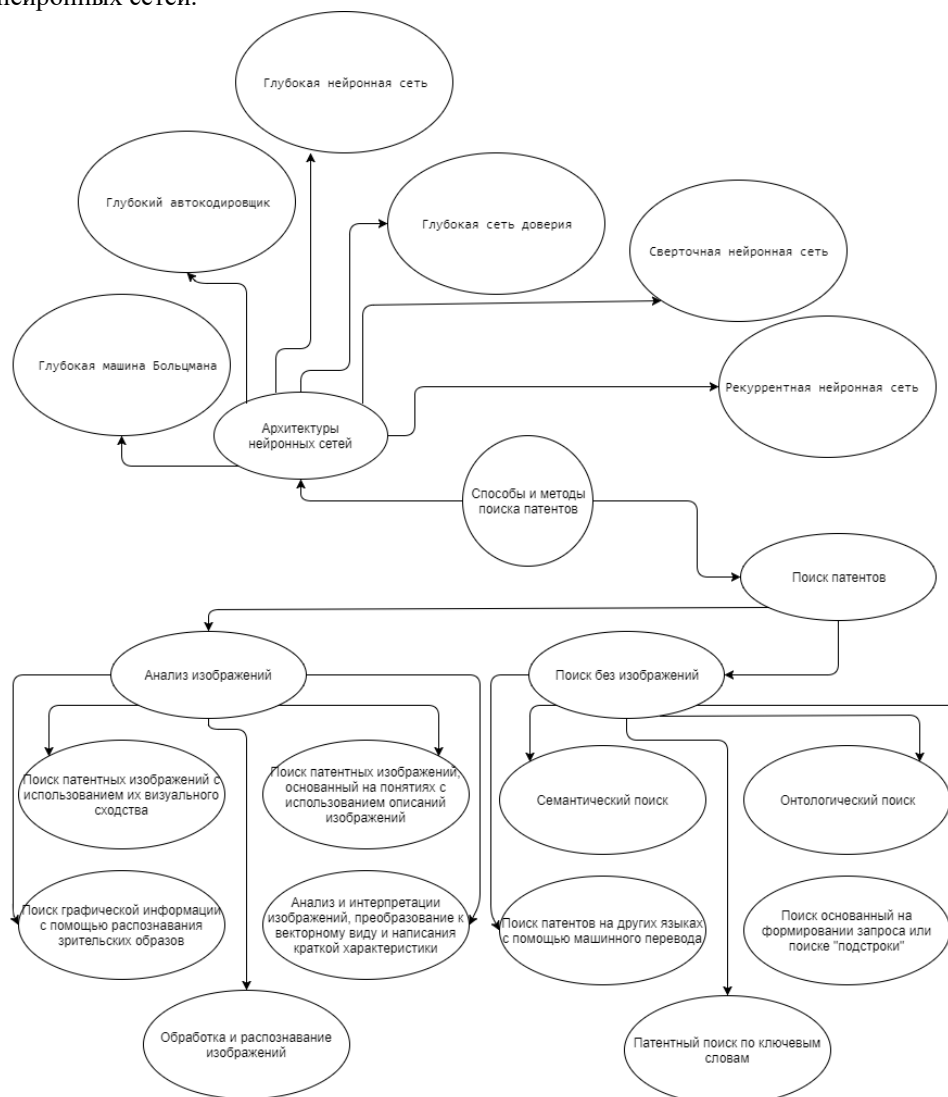


Рисунок 3 — Структурно- функциональная модель исследуемых методов патентного поиска

Заключение

В результате проведенных исследований была выполнена постановка задачи, изучены системы патентного поиска, выявлены особенности и процедуры анализа патентной информации [10].

Анализ существующих источников данных, проведенный по странам и отраслям технологий, позволил сделать вывод о пригодности баз данных WIPO и ФИПС для обучения моделей Deep Learning.

Разработанная структурно – функциональная модель позволяет установить взаимосвязи методов патентного поиска и Deep Learning для реализации метода автоматизированной экспертизы заявки на патент.

Литература

1. WIPO, “International patent classification” 2018. [Online]. Available: http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2017-chapter2.pdf
2. Автоматизированная методика семантического анализа патентного массива // Коробкин Д.М., Мармура А.С., Фоменкова М.А., Фоменков С.А., Кравец А.Г. // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2015. № 2 (157). С. 159-163.
3. Advanced Image Classification Using Wavelets and Convolutional Neural Networks // Travis Williams; Robert Li // 2016 15th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA) Year: 2016 Pages: 233 – 239 IEEE Conference Publications
4. An Efficient Method for Using Machine Translation Technologies in Cross-Language Patent Search // Magdy W., Jones G. J. F. // http://doras.dcu.ie/16516/1/An_Efficient_Method_for_Using_Machine_Translation_Technologies_in_Cross-Language_Patent_Search.pdf
5. A Review of Relational Machine Learning for Knowledge Graphs // Maximilian Nickel; Kevin Murphy; Volker Tresp; Evgeniy Gabrilovich // Proceedings of the IEEE Year: 2016, Volume: 104, Issue: 1 Pages: 11 – 33 Cited by: Papers (17) IEEE Journals & Magazines
6. Concept-based patent image // Vrochidis S. et al. //retrieval WPI-2012-v.34-#4-p.292-303. <https://pdfs.semanticscholar.org/7b13/5eb99db473a3fa572c057eaa7f85d0d5e4bd.pdf>
7. Кравец, А.Г. Patents Images Retrieval and Convolutional Neural Network Training Dataset Quality Improvement [Электронный ресурс] / А.Г. Кравец, Н.С. Лебедев, М.С. Легенченко // Proceedings of the IV International research conference «Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine» (ITSMSSM 2017) / ed. by O.G. Berestneva [et al.]. – [Published by Atlantis Press], 2017. – P. 287-293. – (Ser. Advances in Computer Science Research (ACSR) ; Vol. 72). – URL : <https://www.atlantispress.com/proceedings/itsmssm-17>.
8. Prior art candidate search on base of statistical and semantic patent analysis / Д.М. Коробкин, С.А. Фоменков, А.Г. Кравец, С.Г. Колесников // International Conferences Computer Graphics, Visualization, Computer Vision and Image Processing 2017 and Big Data Analytics, Data Mining and Computational Intelligence 2017 : part of the Multi Conference on Computer Science and Information Systems 2017 (Lisbon, Portugal, July 21–23, 2017) / ed. by Yingcai Xiao, Ajith P. Abraham ; IADIS (International Association for Development of the Information Society). – [Lisbon, Portugal], 2017. – P. 231-238.
9. «Smart Queue» Approach for New Technical Solutions Discovery in Patent Applications / А.Г. Кравец, Н. Шумейко, В. Lempert, N. Salnikova, Н.Л. Щербакowa // Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. Second Conference, CIT&DS 2017 (Volgograd, Russia, September 12-14, 2017) : Proceedings / ed. by A. Kravets, M. Shcherbakov, M. Kultsova, Peter Groumpos ; Volgograd State Technical University [et al.]. – [Germany] : Springer International Publishing AG, 2017. – P. 37-47. – (Ser. Communications in Computer and Information Science ; Vol. 754).
10. Methods of Statistical and Semantic Patent Analysis / Д.М. Коробкин, С.А. Фоменков, А.Г. Кравец, С.Г. Колесников // Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. Second Conference, CIT&DS 2017 (Volgograd, Russia, September 12-14, 2017) : Proceedings / ed. by A. Kravets, M. Shcherbakov, M. Kultsova, Peter Groumpos ; Volgograd State Technical University [et al.]. – [Germany] : Springer International Publishing AG, 2017. – P. 48-61. – (Ser. Communications in Computer and Information Science ; Vol. 754).

ПРОЦЕДУРЫ КЛАССИФИКАЦИИ И КОНТРОЛЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ДАННЫХ ОБ ЭКСПЕРТАХ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Ветошкин В.М., Горшков П.С., Лялюк И.Н., Потемкин А.В.
ООО «Экспериментальная мастерская «НаукаСофт»
+7 (495) 255-36-35, contacts@xlab-ns.ru

В статье уделяется внимание структурно-функциональным особенностям взаимосвязи процедур классификации экспертов по их профессиональным характеристикам, концептуальной схемы базы данных и сложности процедур контроля ее целостности в автоматизированных системах поддержки принятия решений. Показана принципиальная возможность автоматического выполнения данных процедур специальным программным обеспечением рассматриваемых систем.

Ключевые слова: автоматизированная система поддержки принятия решений, атрибут, база данных, концептуальная схема базы данных, процедура контроля целостности базы данных, специальное программное обеспечение, функциональная зависимость.

Classification and data integrity procedures of information about experts in decision support systems. Vetoshkin V.M., Gorshkov P.S., Lyalyuk I.N., Potemkin A.V., ООО «Experimental laboratory «NaukaSoft»

The article focuses on the structural and functional features of the relationship between the classification procedures based on professional characteristics of experts, the conceptual scheme of the database and the complexity of its integrity monitoring procedures in automated decision support systems. The principal possibility of automatic execution of these procedures by special software of the considered systems is shown.

Keywords: automated decision support system, attribute, database, database conceptual schema, database integrity monitoring procedure, special software, functional dependence.

Введение

Создание автоматизированных систем (АС) поддержки принятия решений (ППР) для органов управления трудноформализуемыми предметными областями, например, такими как формирование государственного заказа на производство и совершенствование наукоёмких видов продукции различного назначения (гражданского, военного, специального, двойного), связано с необходимостью применения и использования знаний и опыта (компетенций) широкого круга экспертов для оценки состояний и подготовки наиболее целесообразных вариантов решений целевых проблем (ЦП), возникающих в ходе управления.

Оценки, формируемые экспертами-аналитиками предметных областей и варианты предлагаемых ими решений ЦП необходимо соотносить с оценками (взвешивать с помощью оценок) квалификации и/или компетентности самих экспертов. Очевидно, что указанные оценки значимости мнений экспертов (их веса) должны быть актуальными на момент формирования экспертами своих заключений. Такое соотношение целесообразно и необходимо устанавливать для повышения объективности и согласованности экспертных оценок, а также обоснованности итоговых решений, формируемых на основе консолидации предложений нескольких экспертов.

Указанные оценки квалификации и/или компетентности экспертов вычисляются на основе широкого использования процедур классификации экспертов по различным характеристикам их деятельности, определяемых соответствующими научно-методическими разработками (методиками). Эти методики задают конкретные составы данных, необходимые для их реализации и характеристики различных сторон (результатов) профессиональной деятельности экспертов: их организации и занимаемые должности, ученые степени и звания, государственные и общественные почётные звания, должности и/или обязанности и др. Регистрируемые и обновляемые данные об экспертах, а также сделанные ими оценки состояний проблем и предлагаемые варианты их решений фиксируются в базе данных (БД) АС ППР в виде конкретных значений соответствующего состава атрибутов, которые структурно и функционально взаимосвязаны с атрибутами, идентифицирующими и характеризующими самих экспертов, участвующих в процессах АС ППР.

Обновляемые значения атрибутов БД функционирующей АС ППР должны удовлетворять (не противоречить) ограничениям целостности (ОГЦ), установленным в соответствующей предметной области, и представляемым доменными ограничениями отдельных атрибутов и функциональными зависимостями (ФЗ), связывающими значения множеств атрибутов.

Реализация процессов поддержки целостности (контроля выполнения ОГЦ) для любой БД связано с оценкой необходимых для этого системных усилий и ресурсов, которые следует не только контролировать, но и минимизировать [1].

Рассмотрим некоторые структурно-функциональные особенности решения таких задач на примере использования классификаций экспертов-аналитиков по уровням значимости только одной из характеристик, а именно, занимаемых ими служебных должностей в своих организациях (ОРГ). Подобные классификации в АС ППР могут быть востребованы (в зависимости от используемой методики) и по другим указанным выше характеристикам и их комбинациям.

Классификация экспертов по значимости занимаемой должности

Практически в каждой АС ППР, независимо от области ее применения, любые выводы, заключения, оценки или варианты решений ЦП, предлагаемые экспертами-аналитиками, должны быть снабжены специально вычисляемыми коэффициентами их значимости (КЗ) или весами.

Пусть для такой процедуры используется некоторый коэффициент квалификации (ККВ) эксперта, являющийся методически обоснованной функцией, например, вида:

$$(КЗ_КУС, КЗ_КУЗ, КЗ_КЛД) \rightarrow ККВ \quad (1),$$

где КЗ_КУС – имя атрибута-аргумента «КЗ класса ученой степени» ЭК_АН; КЗ_КУЗ – имя атрибута-аргумента «КЗ класса ученого звания» ЭК_АН; КЗ_КЛД – имя атрибута-аргумента «КЗ класса должности», занимаемой ЭК_АН в своей организации; ККВ – имя атрибута-функции «коэффициент квалификации ЭК_АН».

Имена атрибутов в процессе функционирования АС ППР должны получать методически обоснованные соответствующие классификациям и актуальные (действительно существующие на момент проведения экспертизы) значения.

Для методик, представляющих коэффициенты значимости классов дискретными значениями (например, целыми числами), вполне естественно задавать функцию (1) в табличной форме, каждая из которых определяет свою реализацию (экземпляр) функциональной зависимости (ФЗ) «ККВ».

Графовая форма представления ФЗ атрибута-функции ККВ от атрибутов-аргументов КЗ_КУС, КЗ_КУЗ, КЗ_КЛД показана на рис. 1.



Рисунок 1– Граф ФЗ, связывающий четыре атрибута

Заметим, что значения атрибутов-аргументов функции ККВ являются значениями соответствующих функций в классификации, одна из которых имеет следующий вид:

$$\text{ПИ_КЛД} \rightarrow \text{КЗ_КЛД} \quad (2),$$

где ПИ_КЛД и КЗ_КЛД – имена допустимо-возможных значений атрибута-аргумента и атрибута-функции, представляющих некоторый пример системного классификатора должностей ЭК_АН (табл. 1).

Таблица 1 – Классы должностей экспертов и их коэффициенты значимости (КДКЗ)

Порядковый номер класса должности (ПН_КЛД)	Полное наименование (имя) класса должности (ПИ_КЛД)	Короткое наименование (имя) класса должности (КИ_КЛД)	Коэффициент значимости класса должности (КЗ_КЛД)
1	младший научный сотрудник	МНС	1
2	научный сотрудник	НС	
3	старший научный сотрудник	СНС	2
4	начальник лаборатории	НЛАБ	
5	начальник сектора	НСЕК	3
6	ведущий научный сотрудник	ВНС	
7	заместитель начальника отдела	ЗНОТ	4
8	начальник отдела	НОТ	
9	главный научный сотрудник	ГНС	5
10	заместитель начальника управления	ЗНУП	
11	начальник управления	НУП	6
12	заместитель руководителя организации	ЗРОР	
13	руководитель организации	РОР	7
Атрибуты, доступные эксперту-аналитику			

Представленная таблица отображает систему из девяти ФЗ, каждая из которых связывает по два атрибута (рис. 2) и может быть использована системной процедурой классификации, определяющей значение ПИ_КЛД по указанному экспертом значению полного наименования должности (ДЛЖ_ЭК), занимаемой им в своей организации на момент проведения экспертизы (т.е. в соответствии с актуальным (обновленным) состоянием регистрационной анкеты эксперта — АНЭК).

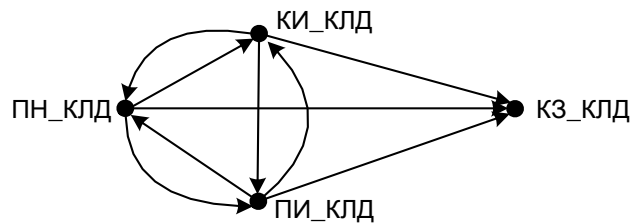


Рисунок 2 – Полная система Ф3 атрибутов классификатора КДКЗ

Отметим, что для технологической реализации этой процедуры классификации должностей экспертов-аналитиков и определения значений функции (2) может оказаться полезным использовать один из других возможных её аргументов: КИ_КЛД или ПН_КЛД.

Классификаторы, подобные рассмотренному, должны разрабатываться на основе целевого предназначения и задач предметной области АС ППР. Представленный пример классификатора связан с наукоемкой производственной деятельностью и не претендует на полноту и точность. Для конкретных практических реализаций могут потребоваться уточнения как в части состава классов, так и в части определения им соответствующих значений атрибута КЗ_ДЛЖ. Например, для рассматриваемой наукоемкой области деятельности в состав классов должностей (табл. 1), видимо, необходимо было бы включить классы «доцент» и «профессор», представители которых, очевидно, являются значимыми для научно-технической экспертизы.

В силу высокой важности подобных процедур классификации для АС ППР рассмотрим более детально структурно-функциональные аспекты возможных вариантов её реализации на примере определения (вычисления) значений атрибута-функции КЗ_КЛД (2).

Отметим, что штатные расписания должностного состава организаций разрабатываются на основе требований соответствующих государственных стандартов и классификаторов (например, ОКПДТР 2018, - общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов) и других нормативных документов. Указанный классификатор [2] содержит данные о примерно 10 тысячах профессий рабочих и 8 тысячах должностей служащих, в свою очередь, и сам основывается на едином тарифно-квалификационном справочнике работ и профессий рабочих (ЕТКС), единой номенклатуре должностей служащих (ЕНДС) и квалификационном справочнике должностей руководителей (КСДР). Поиск данных в ОКПДТР может осуществляться либо по названию должности или профессии (представляемого текстом из одного или нескольких слов русского языка), либо по коду должности или профессии (представляемого целым числом в интервале от 10 000 до 27 840).

Для любой АС ППР в экономико-оборонной области безусловно полезным является наличие оперативного доступа к ОКПДТР или к какому-либо из указанных выше справочников или, например, к общероссийскому классификатору занятий (ОКЗ) [3]. Однако, обеспечение такой связи, с одной стороны, требует значительных административно-системных возможностей, усилий и затрат, а с другой, перечень классов должностей сотрудников (экспертов), имеющих ценность (значимость) для конкретной АС ППР, может содержать от силы пару десятков позиций, представленных, например, в табл. 1, и уточняемых в ходе разработки и функционирования систем. Учитывая сказанное, процедура (2) может выполняться с различной степенью автоматизированной поддержки действий экспертов.

Во-первых, значение класса должности, занимаемой экспертом-аналитиком (пользователем АС ППР), может определяться им самим же при заполнении регистрационной анкеты (АНЭК) и указания полного наименования должности (ДЛЖ_ЭК) в соответствии с записью в трудовой книжке, а также полного (ПИ_КЛД) и/или короткого (КИ_КЛД) наименования класса своей должности по предлагаемой подсказке в виде значений соответствующих столбцов табл. 1. При этом значения атрибута-функции КЗ_КЛД целесообразно оставлять в сфере системных данных, скрытых от пользователей. Системный администратор (эксперт-системщик – ЭК_СИС) в данной ситуации может быть наделён правом проверять, редактировать и утверждать правильность выбора (определения) пользователем (экспертом-аналитиком) класса своей должности.

Для реализации подобного варианта рассматриваемой процедуры действия экспертов (аналитиков и системщиков) должны поддерживаться соответствующими концептуальными решениями по схеме (структуре) БД и алгоритмам контроля её ОЦ. Например, пусть системные коды экспертов (СК_ЭК) АС ППР формируются некоторой системной функцией в виде таблицы СКЭК, устанавливающей взаимно однозначные соответствия между этими кодами и, например, комбинациями значений атрибутов ФИО (фамилия, имя, отчество) и ДАТ_РЖ (дата рождения). Тогда структуру функциональных базисов таблиц БД для рассматриваемой процедуры в рамках введенного состава атрибутов можно представить рисунком 3.

Алгоритмы процедур контроля целостности и согласованности для операций ввода данных для рассматриваемого случая описываются следующей системой предикатов:

$$P_{add}(СКЭК) = \overline{[СК_ЭК]} \wedge \overline{[ФИО, ДАТ_РЖ]};$$

$$P_{add}(ОРГ) = \overline{[СК_ОРГ]};$$

$$P_{add}(КДКЗ) = \overline{[ПН_КЛД]} \wedge \overline{[КИ_КЛД]} \wedge \overline{[ПИ_КЛД]};$$

$$P_{add}(АНЭК) = \overline{[ЭК_АН, ДСТ, МД]} \wedge \overline{[СК_ОРГ]}^{ОРГ} \wedge \overline{[КИ_КЛД]}^{КДКЗ};$$

$$P_{add}(УДЭ) = \overline{[ЭК_СИС, ЭК_АН, ДСТ, МД]} \wedge \overline{[ЭК_СИС]}^{СКЭК} \wedge \overline{[ЭК_АН, ДЛЖ_ЭК]}^{АНЭК} \wedge \overline{[КИ_КЛД]}^{КДКЗ}.$$

При этом утвержденные экспертами ЭК_АН и ЭК_СИС значения атрибута КИ_КЛД в отношениях (таблицах) АНЭК и УДЭ могут быть различными (рис. 3), но актуальными являются только значения в отношении (таблице) УДЭ, т.е. утвержденные экспертом-системщиком.

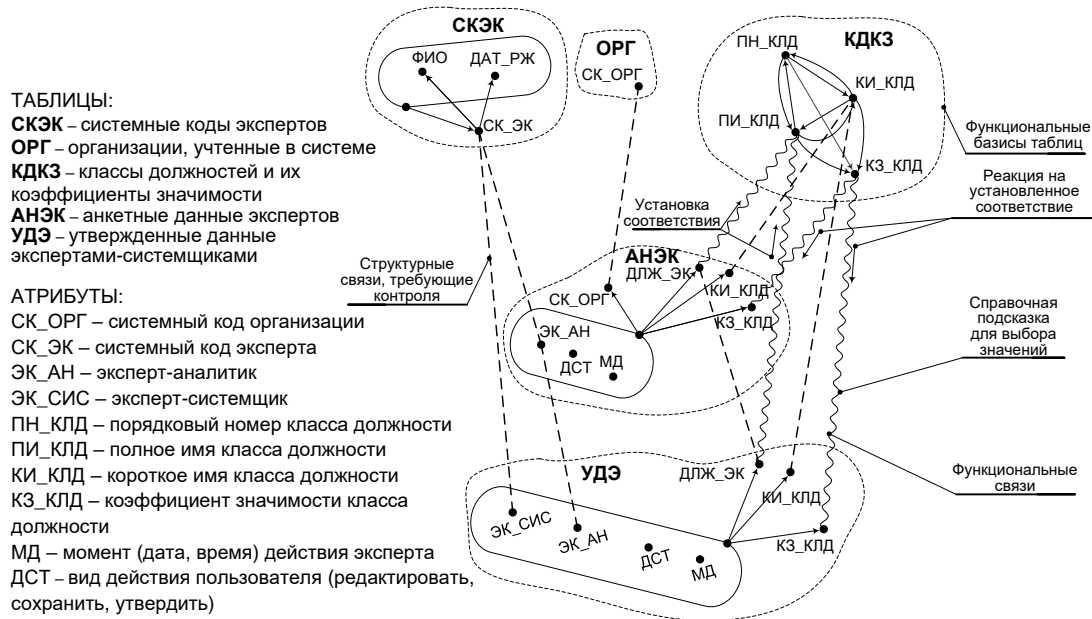


Рисунок 3 – Фрагмент структуры функциональных базисов таблиц БД при участии экспертов-системщиков в определении значений КЗ_КЛД экспертов-аналитиков

Во-вторых, снизить сложность рассматриваемой процедуры контроля целостности такой БД можно не обременяя системных администраторов рассмотренной функцией контроля правильности определения экспертами-аналитиками значений атрибута ПИ_КЛД, что значительно упростит концептуальную схему (структуру) БД (рис. 4) и упростит указанную выше систему предикатов до первых четырех. Но при этом возникнут условия для возможности возникновения случайных ошибок или внесения умышленных искажений при формировании значений атрибута КИ_КЛД экспертами-аналитиками. Значения атрибута КЗ_КЛД в этих случаях формируются функционально специальным программным обеспечением (СПО) и не требуют контроля.

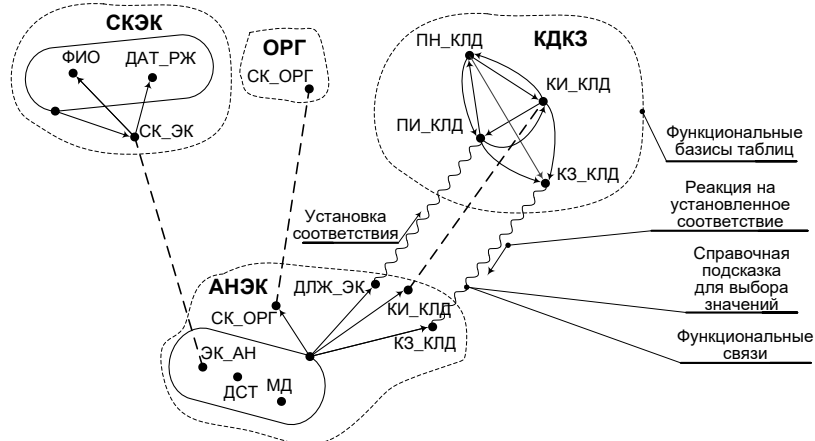


Рисунок 4 – Фрагмент структуры функциональных базисов таблиц БД без участия экспертов-системщиков в определении значений КЗ_КЛД экспертов-аналитиков

В-третьих, возможно определять значения атрибутов ПИ_КЛД или КИ_КЛД и ПН_КЛД, а также соответствующие им значения атрибута КЗ_КЛД с помощью ряда следующих функций СПО, устраняющих необходимость участия экспертов-аналитиков и системных администраторов в рассматриваемой процедуре с момента определения экспертом-аналитиком значений атрибута ДЛЖ_ЭК:
 $= \text{ПИ_КЛД (ДЛЖ_ЭК)}$ или $= \text{КИ_КЛД (ДЛЖ_ЭК)}$ или $= \text{ПН_КЛД (ДЛЖ_ЭК)}$
 и $= \text{КЗ_КЛД}(\vee\vee)$.

В этом случае концептуальная схема (структура) БД будет наиболее простой (рисунок 5), система предикатов сократится до четырех, последний из которых также будет упрощен:

$$P_{add}(\text{АНЭК}) = [\text{ЭК_АН, ДСТ, МД}] \wedge [\text{СК_ОРГ}]^{\text{ОРГ}},$$

при этом также будут устранены основания для возможных ошибок экспертов.

Следует ещё раз обратить внимание на то, что каждый из рассматриваемых вариантов реализации функции классификации и определения значений атрибута КЗ_КЛД опирается на внутренний системный классификатор (табл. 1), который играет ключевую роль в рассматриваемой процедуре классификации, разрабатывается и актуализируется экспертами-системщиками АС ППР.

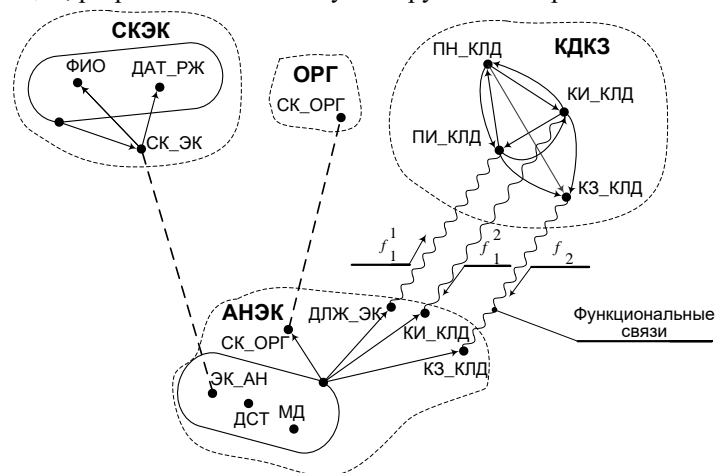


Рисунок 5 – Фрагмент структуры функциональных базисов таблиц БД при определении значений КЗ_КЛД экспертов-аналитиков с помощью СПО

Заключение

Представленные результаты исследований демонстрируют важность реализации процедуры классификации экспертов в АС ППР по значениям их характеристик квалификации и/или компетенции с целью создания условий для повышения уровней объективности, аргументированности и согласованности (консолидированности) формируемых оценок и решений. В работе также отмечена существующая взаимосвязь классификационных процедур и концептуальных схемных (структурных) решений по организации данных и возможности расширения роли СПО в процессе контроля целостности данных АС ППР.

На примере классификации экспертов по значимости занимаемых ими должностей показана взаимосвязь составов данных в процедуре классификации, концептуальных схемных решений по БД и процедуры контроля целостности и согласованности данных АС ППР, использующие усиление функционально-структурных связей данных и возможностей развития СПО.

Литература

1. Ветошкин В.М. Теоретические основы систем баз данных. Монография. — М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2003.
2. Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Методы и системы поддержки принятия решений. - М.: МАКС Пресс, 2001. - 312 с.
3. Ларичев О.И., Петровский А.Б. Системы поддержки принятия решений. Современной состоянии и перспективы развития // М.: ВИНТИ. Итоги науки. Техническая кибернетика. 1987, №21, с. 131-164.
4. Горшков П.С., Халютин С.П. «Оптимизация информационного обеспечения на этапах разработки и сопровождения информационных систем при неполной информации о связях». г. Владивосток: ИПУ ДВО РАН, Материалы семинара имени Золотова, 2010 г.

5. Горшков П.С. «Ресурсно-ограничительный подход – инструмент методологии проектирования адаптивных систем контроля и управления жизненным циклом авиационного оборудования». г. Пенза; Труды симпозиума «Надежность и качество» 2013г

6. Горшков П.С, Потёмкин А.В. «Информационная модель ресурсно-ограничительного метода». г. Пенза; Труды симпозиума «Надежность и качество» 2015г

7. Общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов [Электронный ресурс]: постановление Госстандарта РФ от 26.12.1994 N 367 (ред. от 19.06.2012) – <http://okpdr.ru>

8. Общероссийский классификатор занятий [Электронный ресурс]: классификатор ОК 010-2014 (МСКЗ-08) – <http://classifikators.ru/okz>

РАЗРАБОТКА ФОРМАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЕНДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Задорожный П.А., Кравец А.Г.

Волгоградский государственный технический университет

Стремительный рост информационных технологий и ИТ-индустрии в целом обуславливает необходимость разработки формальной методики предсказательного моделирования трендов технологического развития. Разработка данной методики позволит создать инструмент, который будет помогать человеку вырабатывать и обосновывать решения на основе актуальных трендов технологического развития.

В докладе представлен анализ методов предсказательного моделирования. Также исследованы патентные информационно – поисковые системы и источники патентных данных. В результате исследования была установлена пригодность источников для обучения моделей методами предсказательного моделирования.

Ключевые слова: предсказательное моделирование, предиктивная аналитика, тренд, технологии.

Development of a formal methodology for predictive modeling of technological development trends.
Zadorozhny P.A., Kravets A.G., Volgograd State Technical University

The rapid growth of information technology and the IT industry as a whole makes it necessary to develop a formal methodology for the predictive modeling of technological development trends. The development of this methodology will create an instrument that will help a person develop and justify solutions based on current trends in technological development.

The report presents an analysis of the methods of predictive modeling. Patent information retrieval systems and patent data sources have also been investigated. As a result of the research, the suitability of sources for teaching models by the methods of predictive modeling was established.

Keywords: predictive modeling, predictive analytics, trend, technology.

Введение

Предсказательное моделирование является научной основой современных промышленных технологий обработки данных, сигналов, изображений и распознавания образов, а также задач выявления зависимостей, взаимосвязей и их эволюции. Предсказательное моделирование широко используется при решении базовых научных задач, востребованных в высокотехнологических отраслях промышленности и фундаментальной науке, и служат доказательной базой для принятия эффективных научно-технических решений о структуре и параметрах проектируемой системы и для прогнозирования ее поведения (ее характеристик) при различных управлениях и условиях окружающей среды.

Предсказательное моделирование — это инструмент, который помогает человеку вырабатывать и обосновывать решения. Люди могут действовать не так, как предсказала модель. Кроме того, если в систему моделирования никто не загрузит корректные данные, если не будет связи с экспертным сценарием, то это будет бесполезный инструмент.

Исходя из выше сказанного, становится понятным, что предсказательное моделирование необходимо для прогнозирования трендов технологического развития. А если учитывать тот факт, что прогресс в данной сфере никогда не стоит на месте, то тема является актуальной.

Целью работы является разработка формальной методики предсказательного моделирования трендов технологического развития.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующий ряд задач:

1. Изучение методов предсказательного моделирования;
2. Изучение эволюционного (суррогатного) моделирования;

3. Изучение анализа спроса на рынке информационных технологий;
4. Изучение и анализ существующих библиотек для машинного обучения;
5. Разработка формальной методики предсказательного моделирования трендов технологического развития.

Системный анализ объекта и предмета исследования
Системный анализ объекта и предмета исследования выполнен в виде интеллект-карты (mind map) и представлен на рисунке 1.

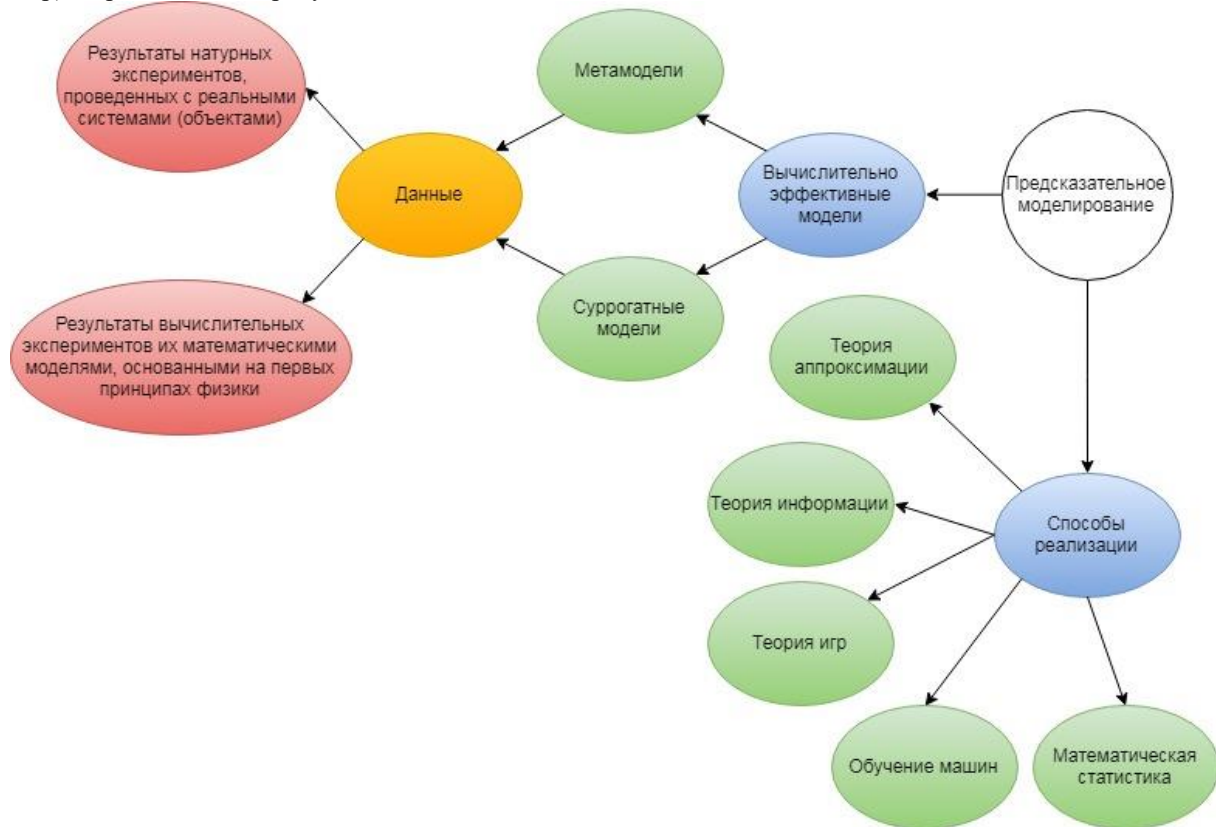


Рисунок 1 – Системный анализ объекта и предмета исследования

Аналитические исследования

Аналитические исследования используются для выяснения причин, лежащих в основе изучаемого явления и анализа свойств объектов и процессов. Специфика аналитических исследований определяет сложность создания специализированного программного обеспечения. С одной стороны, это развитие математического моделирования, появление новых методов и подходов. С другой стороны, это создание новых информационных технологий, позволяющих решать задачи исключительной сложности. Изменения в процессе исследований требуют адекватной инструментальной поддержки и, соответственно, создания специальных программных средств для решения задач связанных с анализом ситуаций, прогнозированием, принятием решений [6].

Подходы к проведению аналитических исследований в разных сферах человеческой деятельности являются междисциплинарными и базируются на знаниях математики, прикладной статистики, искусственного интеллекта, машинного обучения, теории оптимизации, баз данных и пр.

Современные тенденции развития аналитических исследований связаны с появлением нового научного направления связанного с анализом данных. Появились новые подходы, ориентированные на работу с большими массивами разнородных данных и извлечение знаний.

Умение работать с разными математическими методами и моделями, извлекать нужную информацию является одной из наиболее перспективных и востребованных компетенций ближайшего времени [1].

Интеллектуальный анализ данных. Как правило, эти исходные данные представляют большие массивы структурированных и неструктурированных данных, для анализа и выявления скрытых закономерностей в которых широко используется интеллектуальный анализ данных (ИАД). Различные методы ИАД реализованы в программных продуктах российских и зарубежных компаний, таких как IBM (компьютерная программа IBM SPSS Modeler), StatSoft (статистический пакет Statistica), WizSoft

(аналитическая система WizWhy), BaseGroup (аналитическая система Deductor), IntefralSolutions, Microsoft и др.

Рассмотрим методы ИАД, наиболее часто применяемые для моделирования и прогнозирования оттока клиентов.

1) Поиск ассоциативных правил.

Ассоциативные правила позволяют находить закономерности между связанными событиями. Это правила наступления события с некоторой вероятностью из следствия наступления другого события. Например, можно найти клиентов с низкой вероятностью оттока или высокой вероятностью лояльности компании. Алгоритм описывается в два этапа: нахождение часто встречающихся наборов элементов и извлечение из них ассоциативных правил.

2) Нейронные сети – самообучающиеся модели, способные, после успешного обучения, самостоятельно анализировать вновь поступающую информацию, главное достоинство которых – возможность эффективно строить нелинейные зависимости, точнее описывающие наборы данных в сравнении с линейными методами статистики. Решают задачи прогнозирования, классификации, поиска скрытых закономерностей, сжатия данных и многих других приложений. Также будут эффективны при прогнозировании оттока клиентов.

Нейронная сеть состоит из связанных между собой искусственных нейронов, образующих слои, в которых они выполняют параллельную обработку данных. При работе сети входные переменные передаются по межнейронным связям, умножаются на весовые коэффициенты, и полученные значения суммируются в нейроне.

3) Самоорганизующаяся карта Кохонена (разновидность нейросетевых алгоритмов) – один из механизмов кластеризации, отображающий результаты на двумерных картах, необходимый для поиска закономерностей на больших объемах данных. Карты Кохонена могут обучаться самостоятельно, то есть результат зависит только от структуры входных данных. С их помощью можно анализировать поведение клиентов, а также прогнозировать их ожидаемое поведение, если разбить клиентов на группы по степени их лояльности.

4) Случайные леса решений – это алгоритм машинного обучения, использующий ансамбль независимо построенных деревьев решений. По подвыборкам выборки строятся деревья, в которых просматриваются случайные признаки для расщепления, которое проходит по наилучшему признаку (заранее заданному критерию), дерево построено, когда выборка исчерпана. Применяются в задачах кластеризации, классификации, регрессии, поиска аномалий, селекции признаков и других. Если речь идет о прогнозировании оттока клиентов, необходимо решить задачу бинарной классификации – отделить клиентов, которые продолжают пользоваться услугами, от тех, кто от них откажется.

5) Деревья решений – это алгоритм классификации, в котором правила формируются из исходных данных в процессе обучения. С его помощью можно выявить нелинейные зависимости и нетипичные проявления какого-либо процесса. Алгоритмы могут быть:

– бинарные (алгоритм CART(Classification and Regression Tree) – дерево классификации и регрессии), позволяющие предсказать или классифицировать наблюдения. В алгоритме CART используется рекурсивный метод разделения обучающих записей на сегменты с минимальной неоднородностью. Все разделения бинарны, имеют только две подгруппы. Данный алгоритм легко интерпретируется, но трудоемок и затрачивает большие временные ресурсы для анализа больших данных, в том числе, прогнозирования лояльности клиентов;

– не бинарные (алгоритмы C4.5, C5.0), задача которых построение иерархической классификационной модели в виде дерева решений или набора правил. Разделение выборки происходит по значениям в поле, дающим максимальный выигрыш на каждом из уровней. Разрешается несколько разделений на две и более подгруппы, что делает метод приемлемым для решения задач прогнозирования оттока клиента.

6) Регрессия Кокса (модель пропорциональных рисков), в общем случае прогнозирующая риск наступления события для рассматриваемого объекта и оценивающая влияние на этот риск независимых переменных, в случае с прогнозированием оттока клиентов изучает изменение риска отказа клиента от услуги в зависимости от длительности пользования услугой и других характеристик клиента – объясняющих переменных. Риск – функция, зависящая от времени, в данном случае время – количество месяцев/кварталов/лет с момента попадания респондента в группу риска, то есть становления клиентом, до момента отказа от услуг.

Для оценки качества модели проводятся тесты коэффициентов модели. В итоге строятся графики функции дожития для средних значений ковариат и для различных пакетов услуг, в которых по горизонтали откладывается время пользования услугой до отказа, по вертикали – накопленное дожитие, а точки кривой отражают вероятность продолжения пользования услугой дольше рассматриваемого отрезка времени.

7) Бинарная логистическая регрессия – модификация регрессионной модели зависимости объясняемой переменной от одной (простая регрессия) или нескольких переменных (множественная регрессия), прогнозирующая на непрерывных числовых переменных. Бинарная регрессия используется для определения факторов, влияющих на отток клиентов и вычисления вероятности отказа от услуг.

Прогнозирование технико-экономических показателей связано с обработкой информации математическими методами моделирования при помощи вычислительной техники [6]. Для анализа, моделирования и прогнозирования трендов технологического развития целесообразно применять методы прямого построения моделей по данным наблюдений. Цель таких методов – выявление неявных причинно-следственных связей и закономерностей, скрытых в данных, построение математических моделей в явной форме.

Проблемы прогнозирования сложных процессов, таких как тренды технологического развития, могут быть решены с помощью дедуктивных логико-математических или с помощью индуктивных переборных методов.

Проблемы прогнозирования трендов технологического развития могут быть решены с помощью адаптации метода группового учета аргументов (МГУА).

Данный метод находит знание об объекте непосредственно по выборке данных. Индуктивные алгоритмы МГУА дают возможность автоматически находить взаимозависимости в данных, выбирать оптимальную структуру модели. Нахождение лучшего решения основано на переборе всевозможных вариантов. При помощи перебора алгоритм пытается минимизировать роль предубеждений автора в отношении результатов моделирования.

Источники данных для анализа технологических трендов

WIPO (WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION) является глобальным форумом для служб интеллектуальной собственности, политики, информации и сотрудничества. WIPO является агентством самофинансирования Организации Объединенных Наций, в котором участвуют 191 государство-член [4].

Динамика патентной активности в областях технологического развития представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Динамика патентной активности в областях технологического развития

Журнал SJR (The SCImago Journal & Country Rank) – является общедоступным порталом, который включает в себя журналы и национальные научные индикаторы, разработанные на основе информации, содержащейся в базе данных Scopus® (Elsevier B.V.). Эти показатели могут использоваться для оценки и анализа научных областей. Журналы можно сравнивать или анализировать отдельно. Рейтинги стран также могут сравниваться или анализироваться отдельно. Журналы могут быть

сгруппированы по предметной области (27 основных тематических областей), предметной категории (313 конкретных тематических категорий) или по странам. Данные о цитировании взяты из более чем 21 500 наименований из более чем 5000 международных издателей и показателей эффективности стран из 239 стран мира. SJCR позволяет также встраивать значимые метрики журнала в ваш веб-сайт в виде виджета с интерактивным изображением [3].

Динамика технологических публикаций в Российской Федерации (РФ) за 2016-2017 гг. изображена на рисунке 3.

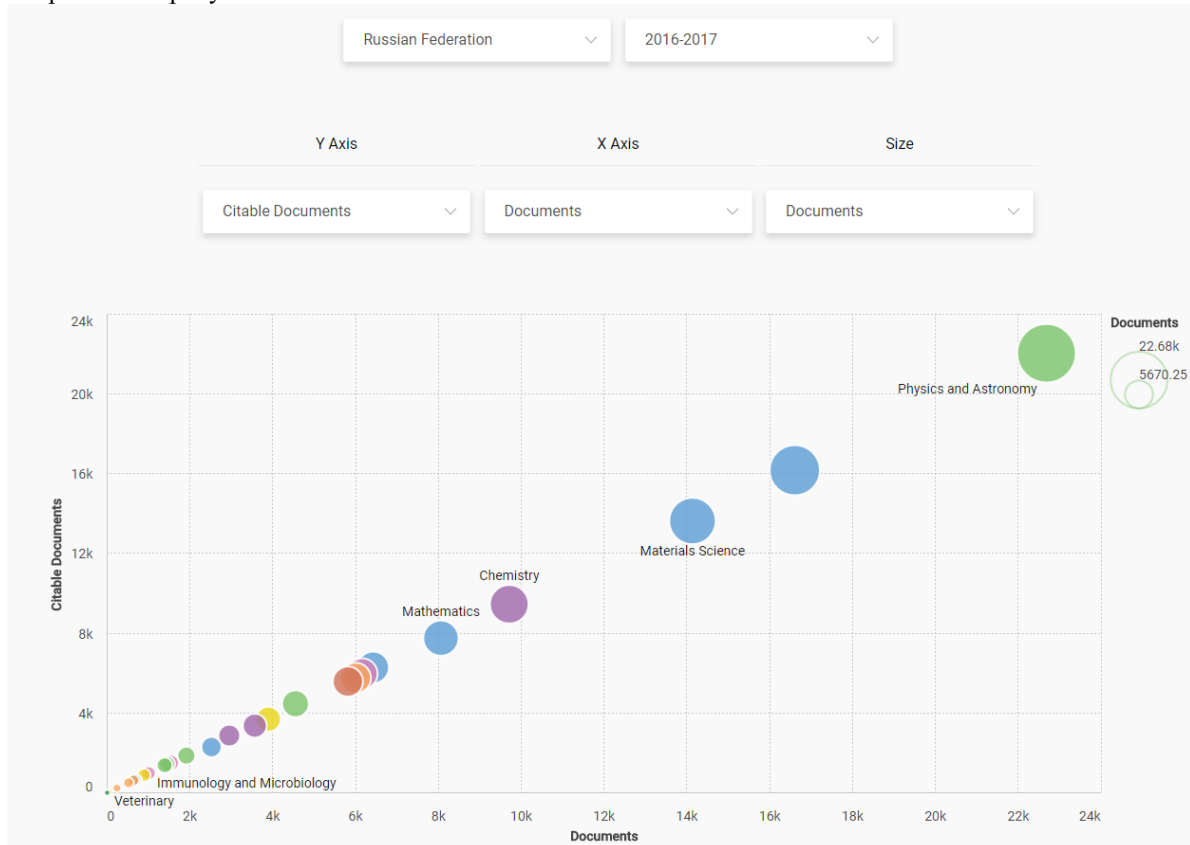


Рисунок 3 – Динамика технологических публикаций в Российской Федерации (РФ) за 2016-2017 гг

Заключение

В настоящее время необходимо заниматься аналитикой окружающей среды, в том числе и технологий. Анализ методов моделирования и прогнозирования трендов технологического развития позволяет сформулировать требования к дальнейшим разработкам в этой области. Данная работа поспособствует улучшению уровня жизни человека, так как мы живем в мире передовых технологий, которые в свою очередь облегчают нам жизнь во всех сферах деятельности.

Литература

1. Neha Mathur; Ivan Glesk; Arjan Buis Thermal time constant: optimising the skin temperature predictive modelling in lower limb prostheses using Gaussian processes // Healthcare Technology Letters Year: 2016, Volume: 3, Issue: 2, Pages: 98 – 104.
2. Prior art candidate search on base of statistical and semantic patent analysis / Д.М. Коробкин, С.А. Фоменков, А.Г. Кравец, С.Г. Колесников // International Conferences Computer Graphics, Visualization, Computer Vision and Image Processing 2017 and Big Data Analytics, Data Mining and Computational Intelligence 2017 : part of the Multi Conference on Computer Science and Information Systems 2017 (Lisbon, Portugal, July 21–23, 2017) / ed. by Yingcai Xiao, Ajith P. Abraham ; IADIS (International Association for Development of the Information Society). – [Lisbon, Portugal], 2017. – P. 231-238.
3. SJR (The SCImago Journal & Country Rank) URL <http://www.scimagojr.com/>
4. WIPO (WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION) URL <http://www.wipo.int/portal/en/>.
5. Босенко В.Н., Кравец А.Г. Методика прогнозирования основных показателей эффективности проекта строительства участка магистрального нефтепровода // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2013. № 2 (22). С. 139-146.

6. Кравец, А.Г. Patents Images Retrieval and Convolutional Neural Network Training Dataset Quality Improvement [Электронный ресурс] / А.Г. Кравец, Н.С. Лебедев, М.С. Легенченко // Proceedings of the IV International research conference «Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine» (ITSMSSM 2017) / ed. by O.G. Berestneva [et al.]. – [Published by Atlantis Press], 2017. – P. 287-293. – (Ser. Advances in Computer Science Research (ACSR) ; Vol. 72). – URL : <https://www.atlantispress.com/proceedings/itsmssm-17>.

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПРЕПОДАВАНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» В ВУЗЕ

Катасонова Г.Р.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный институт культуры»
+79030955810, 1966galia@mail.ru

Рассматриваются модели, методы, средства, учебно-методическое обеспечение дисциплины «Информационные технологии» с учетом использования компетентностного подхода. Инновационный подход к преподаванию базовой дисциплины «Информационные технологии», включающий актуальный отбор и корректировку содержания с учетом междисциплинарных связей позволит организовать методическую систему адаптированного процесса обучения, где ключевую роль играют индивидуальные особенности личности, направление подготовки, профиль или специализация.

Ключевые слова: обучение, информационные технологии, учебно-методическое обеспечение, компетенции

Innovative approach to teaching discipline «Information Technologies» in the university. Katasonova G.R., «The Saint-Petersburg State Institute of Culture».

Models, methods, tools, educational and methodological support of the discipline «Information Technologies» are considered, taking into account the use of the competence approach. An innovative approach to the teaching of the basic discipline «Information Technologies», including timely selection and updating of the content, taking into account interdisciplinary connections, will allow to organize a methodical system of the adapted learning process, where the individual features of the personality play a key role, as well as the direction of its preparation, profile or specialization.

Key words: training, information technologies, educational and methodological support, competences

Традиционные и инновационные подходы к преподаванию в системе высшего образования, несмотря на различия в содержательных и организационных принципах, одинаково направлены на активизацию интереса у обучающихся, к получению новых актуальных знаний и навыков, развитию способностей к самостоятельному решению проблем в различных областях деятельности и умений действовать в ситуациях неопределенности, используя собственный опыт.

В последние годы в рамках методико-ориентированных педагогических технологий чаще используются понятие «инновационные» методы, предполагающие использование распространённых подходов к организации системы обучения: 1) лично-ориентированный; 2) операционно-деятельностный [12]; 3) сущностно-когнитивный [6]; 4) креативно-развивающий; 5) акмеологический [3]; 6) контекстный; 7) культурологический; 8) индивидуализированно-дифференцированный [9]; 9) компетентностный.

Компетентностный подход, как профессионально ориентированный, предполагает формирование у обучающихся профессиональных установок, способность грамотного использования получаемых знаний и навыков. Как отметил философ П.В.Симонов: «Компетентность это не просто обладание знаниями, но скорее потенциальная готовность решать задачи со знанием дела» [8].

Этапами формирования компетенции являются взаимосвязанная логическая последовательность изучения разделов/тем учебной дисциплины, которые включены в учебно-методическом обеспечении (УМО). При таком подходе педагогическое мастерство преподавателя состоит в том, чтобы осуществить качественный отбор содержания на когнитивном и информационном уровнях [11], применить целеполагающие методы, формы и средства обучения на физическом уровне [7], грамотно связать цель, задачи, содержание с последующими дисциплинами в системе непрерывного образования [10].

Переход на новые ФГОС ВО (согласованные договоренности о результатах обучения) внес некоторые особенности в разработку УМО дисциплины «Информационные технологии», читаемой в первом семестре первого курса студентам всех направлений подготовки и специальностей Санкт-Петербургского института культуры.

При разработке УМО для данной дисциплины по новым стандартам нами отмечены некоторые неудобства: 1) для каждого направления подготовки необходимо разработать отдельный учебно-методический комплекс с учетом установленных компетенций по различным направлениям подготовки для данной дисциплины; 2) компетенции (ОК, ОПК) для разных программ бакалавриата и специалитета содержит смысловые и текстуальные повторы; 3) связь заявленных результатов освоения программы с предполагаемыми областями, объектами и задачами профессиональной деятельности весьма условна. Отмечены преимущества нового стандарта: 1) количество аудиторных часов по программам бакалавриата и специалитета, выделенных на изучение данной дисциплины одинаковое; 2) основной акцент делается на требованиях к уровню освоения учебного материала, а не на формировании перечня дисциплин, их объемов и содержания; 3) возможность электронного обучения и сетевой формы реализации УМО.

Рабочие программы и корректировка содержания дисциплин были выполнены в соответствии с формируемыми компетенциями ФГОС ВО для следующих направлений подготовки бакалавриата и специалитета [1,2]:

1. Направление подготовки 54.03.01. Дизайн, компетенции: ОПК-6 Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности; ОПК-7 Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.

2. Направление подготовки 45.03.02 Лингвистика, компетенции: ОПК-11 Владение навыками работы с компьютером как средством получения, обработки и управления информацией; ОПК-14 Владение основами современной информационной и библиографической культуры

3. Направления подготовки: 51.03.06 Библиотечно-информационная деятельность, 50.03.03 История искусств, 51.03.01 Культурология 54.03.04, Реставрация, 44.03.02 Психолого-педагогическое образование, 52.03.01 Хореографическое искусство, специальность 55.05.01 Режиссура кино и телевидения, компетенция ОПК-6/ОПК-1/ОПК-3/ОПК-8/ОПК-13/ОПК-4 Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.

4. Направление подготовки 43.03.02 Туризм, компетенция ОПК-1 Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности, использовать различные источники информации по объекту туристского продукта.

5. Направление подготовки 51.03.03 Социально-культурная деятельность, компетенция ОПК-1 Способность к самостоятельному поиску, обработке, анализу и оценке профессиональной информации, приобретению новых знаний, используя современные образовательные и информационные технологии.

6. Направление подготовки 51.03.02 Народная художественная культура, компетенция ОПК-2 Способность к самостоятельному поиску, обработке, анализу и оценке профессиональной информации, приобретению новых знаний, используя современные образовательные и информационные технологии.

7. Направление подготовки 51.03.05 Режиссура театрализованных представлений и праздников, компетенции: ОК-14 Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, наличием навыков работы с компьютером как средством управления информацией, обладать способностью работать с информацией в глобальных компьютерных сетях, ОПК-11 Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.

8. Направления подготовки: 53.03.02 Музыкально-инструментальное искусство, 53.03.04 Искусство народного пения, 53.03.05 Дирижирование, компетенция ОК-3 Способность использовать основы гуманитарных и социально-экономических знаний в различных сферах жизнедеятельности.

9. Специальность 52.05.01 Актерское искусство, компетенции: ОПК-2 Способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных с профессиональной сферой деятельности; ОПК-8 Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией.

10. Специальность 52.05.02 Режиссура театра, компетенции: ОПК-2 Способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не

связанных со сферой деятельности; ОПК-8 Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией.

Перечислив все требуемые для изучения дисциплины «Информационные технологии» компетенции для различных направлений подготовки и специалитета, еще раз отметим, что, не смотря на различия в формулировках и обозначений, все они содержат смысловые и текстуальные повторы. А этапами формирования представленных компетенций является взаимосвязанная логическая последовательность элементов содержания учебного материала дисциплины, представленных в разработанных учебно-методических комплексах дисциплины «Информационные технологии» по программам бакалавриата и специалитета СПбГИК, согласно основным требованиям, разработанных учебно-методическим управлением СПбГИК.

Входной уровень знаний, умений, опыта деятельности, требуемых для формирования необходимых компетенций определяется ФГОС среднего общего образования и базируется на школьном курсе «Информатика».

Основное базовое содержание курса «Информационные технологии» включает четыре раздела: 1) Автоматизированная работа с информацией и информационными потоками как основа профессиональной деятельности в информационном обществе; 2) Средства автоматизированной реализации информационных технологий и процессов; 3) Вычислительные сети и сервисы Интернет, которое дополнительно разбито на дидактические единицы по темам основных разделов и направлены на приобретение обучающимися знаний, умений, навыков, формирование требуемых компетенций в зависимости от направления подготовки.

При этом очень важно, при составлении содержания обучения, учитывать междисциплинарные связи с последующими дисциплинами, например, у бакалавров направления подготовки 51.03.06 Библиотечно-информационная деятельность библиотечно-информационного факультета (БИФ) в последующих семестрах будут изучаться дисциплины, связанные с информационными ресурсами, системами и технологиями: «Библиотечно-информационные технологии», «Справочно-поисковый аппарат», «Отраслевые информационные ресурсы», «Информационные сети и системы».

В связи с этим, по первому разделу содержания дисциплины для студентов библиотечно-информационного факультета предложен следующий набор дидактических единиц: этапы и специфика становления информационного общества в РФ, понятие мировых информационных ресурсов; постановка задачи информационного обеспечения профессиональной деятельности в различных предметных областях; методы описания информационных процессов предприятия, организации, компании, фирмы и профессиональной деятельности; структурно-функциональное описание информационных процессов; виды профессиональной деятельности и их информационная поддержка; информационные технологии и информационные системы как средство их реализации.

Второй раздел составляют следующие основные дидактические единицы: аппаратное и программное обеспечение современных информационных систем; системы и технологии хранения и обработки больших объемов данных; системы представления и документирования данных; системы структурирования данных; построение интеллектуальных карт; технология автоматизированной работы с большими текстовыми документами (MS Word); информационная технология поддержки публичных выступлений и презентаций (MS PowerPoint, Prezi.com и др.); информационная технология подготовки печатных изданий (MS Publisher); иерархия информационных систем организации; модели информационных систем; интегрированные автоматизированные информационные системы. ERP системы и принципы их организации; автоматизированные информационные системы; информационно-поисковые системы (ИПС); интеллектуальные информационные системы.

Третий раздел содержит основные темы: локальные, региональные, корпоративные, глобальные сети; основы защиты информации и сведений, составляющих государственную тайну; виды угроз безопасности и вопросы сетевой безопасности; современные средства и методы защиты информации; адресация компьютеров и ресурсов сети; технология WWW, доменная система имен, использование браузеров для работы в сети Интернет; облачные сервисы для организации коллективной работы с документами; понятие web-сайта, классификации, способы создания web-страниц, основы языка HTML; тестирование и редактирование сайта; системы управления контентом (CMS), классификация и виды CMS; создание сайта, его редактирование, администрирование и продвижение.

Фонд оценочных средств включает стандартизованную систему заданий, индивидуальные практические задания, перечень контрольных вопросов к зачету, которые позволяют автоматизировать процесс измерения уровня знаний обучающегося [4]. Типовые тестовые задания разработаны по каждому этапу освоения дисциплины по вариантам с фиксированным максимальным временем выполнения -15 минут.

Для удобства подготовки студентов к практическим аудиторным занятиям и самостоятельного выполнения групповых заданий и подготовке к мини конференции подготовлены методические указания

с тематическим планом с указанием выделенных часов на аудиторную и самостоятельную работу и Интернет-ресурсы. Кроме этого, согласно рекомендациям учебно-методического отдела СПбГИК, в рабочей программе дисциплине рассмотрены показатели уровня сформированности компетенций бакалавра по различным критериям оценивания с учетом минимального, базового и высокого уровня его подготовки.

Рассмотрим в качестве примера тематические планы практических занятий по дисциплине и используемые (рекомендуемые) Интернет-сервисы/ресурсы для бакалавров направлений подготовки 51.03.06 «Библиотечно-информационная деятельность» (ОПК-6) (табл. 1) и 54.03.01. «Дизайн» (ОПК-6, ОПК-7) (табл. 2).

Таблица 1 - Тематический план практических занятий для студентов направления подготовки «Библиотечно-информационная деятельность»

Тематика методических указаний к выполнению практических работ	Используемые программные средства, Интернет-сервисы/ресурсы
Разработка интеллектуальных карт с использованием ИТ	MS Word, ИПС Google, iMind Map, Bubble.us, Mind Manager, FreeMind http://tvuch.ru/intellekt-karta , http://mindmeister.net , Youtube
Разработка презентации с использованием ИТ	Prezi.com, MS Power Point, MS Excel, ИПС Яндекс, MS Word, www.presen.ru
Создание статических веб-страниц с использованием ИТ	Язык разметки HTML, ИПС Рамблер, www.htmlbook.ru
Разработка индивидуального сайта-портфолио (сайта-визитки)	Язык разметки HTML, каскадные таблицы стилей CSS, CMS, Интернет-ресурс https://www.portfoliobox.net/ru
Командная разработка информационно-библиотечного веб-сайта с оригинальным контентом и логотипом. Совместное использование ресурсов и сервисов сети Интернет.	CMS-системы Wix, WordPress, Joomla!, веб-офисы для совместной работы Teamer, TeamLab, TeamBox, сервисы для ведения задач Wrike, Drop Task, Trello, облачные сервисы DropBox, Google Drive, календарь Google
Разработка печатной продукции для библиотечной организации	MS Publisher, MS Word, Inkscape, http://free-software.com.ua

Корректировку содержания дисциплины «Информационные технологии» в зависимости от направления подготовки, профиля и специализации следует выполнять с учетом еще и того, что данная дисциплина выравнивает у студентов первого курса знания и умения в области информатики, полученные в школьном курсе, формирует компьютерную грамотность, формирует фундамент современной информационной культуры и участвует в преодолении психологического барьера студентов «творческой направленности» в боязни работы с персональным компьютером.

Взаимосвязь дисциплины ИТ с последующими дисциплинами очевидна, согласно перечню изучаемых и используемых программных средств и Интернет ресурсов: 1) программные средства подготовки отчетов, рефератов, курсовых и дипломные работ; 2) программные средства (ИТ-сервисы) создания презентаций; 3) программные средства построения графиков/диаграмм; 4) информационно-поисковые системы; 5) ИТ-сервисы поддержки командной работ [54]; 6) инструментальные средства разработки сайтов с БД; 7) графические системы разработки логотипов и рекламной продукции. Кроме этого, студенты получают навыки: 1) структурирования, систематизации данных; 2) обработки, хранения, передачи информации; 3) командной работы; 4) публичных выступлений; 5) научно-исследовательской деятельности.

Таблица 2 - Тематический план практических занятий для студентов направления подготовки «Дизайн»

Тематика методических указаний к выполнению практических работ	Используемые программные средства, Интернет-сервисы/ресурсы
Теоретические основы информатики	MS Word, ИПС Google, http://studopedia.ru
Разработка интеллектуальных карт с использованием ИТ	iMind Map, Bubble.us, Mind Manager, FreeMind http://tvuch.ru/intellekt-karta , http://mindmeister.net , Youtube, ИПС Яндекс, MS Word
Создание статических веб-страниц с использованием ИТ	Язык разметки HTML, каскадные таблицы стилей CSS, CMS-системы, ИПС Рамблер, www.htmlbook.ru
Разработка интерактивных презентаций с использованием ИТ	MS Power Point, AppleKeynote, Prezi.com, Google SlideDog, Slideshare, MS Excel, MS Word, Интернет-ресурс www.presen.ru
Подбор конфигураций ПК. Сравнительный анализ видеоплат	MS Word, ИПС Рамблер, http://www.compdays.ru/configurator-pc.html ,

	http://www.dgl.ru , https://www.xmax.by/catalog/onlayn-konfigurator/
Мини-конференция на тему: «Новые информационные технологии в дизайне». Командная разработка и защита проекта	ИПС Google, веб-офисы для совместной работы Teamer, TeamLab, TeamBox, сервисы для ведения задач Wrike, Drop Task, Trello, облачные сервисы DropBox, Google Drive, календарь Google

Обобщая вышесказанное, можно отметить, что в основе инновационного подхода к преподаванию дисциплины «Информационные технологии» используются методико-ориентированные процессы, реализуемые в учебно-методическом обеспечении, которые обеспечивают образовательные технологии и методики, такие как использование: 1) современных Интернет ресурсов/ИТ-средств; 2) принципов отбора, корректировки и интеграции содержания обучения; 3) командных форм аудиторной и самостоятельной работы; 4) методов проблемного и проектного обучения; 5) принципа модульного развивающего обучения; 6) метода взаимного оценивания обучающихся. Полученные знания из раздела теоретической информатики позволят студенту продолжить образование на следующем этапе (уровне) при изучении междисциплинарных дисциплин.

Инновационный подход к преподаванию базовой дисциплины «Информационные технологии», включающий актуальный отбор и корректировку содержания с учетом междисциплинарных связей позволит организовать методическую систему адаптированного процесса обучения, где ключевую роль играют индивидуальные особенности личности, а также направление его подготовки, профиль или специализация. Преподаватель, выполняющий в этих условиях функции руководителя и аудитора, выбирает необходимые модули содержания, средства, формы, способы обучения, изменяя при необходимости (личностно-ориентированный подход) динамику и траекторию реализации учебного процесса.

Литература

1. ФГОС ВО по направлению подготовки 51.03.06 Библиотечно-информационная деятельность (уровень бакалавриата) от 11 августа 2016 г. N 1001/URL: <http://fgosvo.ru/news/9/1923> (дата обращения 26.07.2018)
2. ФГОС ВО по направлению подготовки 54.03.01 Дизайн (уровень бакалавриата) от 11 августа 2016 г. N 1004/URL: <http://fgosvo.ru/news/9/1923> (дата обращения 26.07.2018)
3. Абиссова М.А., Фокин Р.Р. Сервисы обучения информатике и информационным технологиям в высшей школе: Монография./М.А. Абиссова, Р.Р. Фокин -СПб: изд-во СПбГУСЭ, 2010
4. Абрамян Г.В. Катасонова Г.Р. Инвестиционно-кредитная модель организации наукоемкого высшего образования в условиях глобализации трудовых рынков и производств//Современные наукоемкие технологии. 2016. № 8-2. С. 275-279.
5. Катасонова Г.Р. Использование «облачных вычислений» при обучении бакалавров информационным технологиям в менеджменте//Ученые записки ИСГЗ. 2013. Т. 11. № 1-2. С. 87-93.
6. Сотников А.Д., Катасонова Г.Р., Стригина Е.В. Модели когнитивных взаимодействий в сервис-ориентированных системах// Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. С. 118.
7. Сотников А.Д., Катасонова Г.Р. Модели прикладных и социально-ориентированных инфокоммуникационных систем// Фундаментальные исследования. 2015. № 2-27. С. 6070-6077.
8. Симонов П.В. Междисциплинарная концепция человека: потребностно-информационный подход /П.В. Симонов//Вопросы психологии. -1988. -№ 6.
9. Катасонова Г.Р. Система формирования содержания обучения бакалавров управленческих специальностей// Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 1. № 2. С. 179-185.
10. Сотников А.Д. Модели информационного взаимодействия в системе непрерывного образования / А.Д. Сотников, Г.Р. Катасонова, Е.В. Стригина//Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. С. 484.
11. Sotnikov A., Katasonova G. Applied Infocommunication Systems And Their Models//Proceedings of the IV International research conference "Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine" (ITSMSSM 2017), с. 134-139.
12. Sotnikov A.D., Rogozinsky G.G. The Multi-Domain Infocommunication Model as the Basis of an Auditory Interfaces Development for Multimedia Informational Systems//T-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2017, vol. 11, iss. 5, pp. 77-82.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ВОДЫ В ВОДОЕМАХ

Зиятбекова Г.З., Мазакон Т.Ж.

РГП Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК
+7 707 933 88 90, ziyatbekova@mail.ru

Работа посвящена актуальной проблеме методам оценки экологической безопасности региона. Конкретно рассматривается мониторинг уровня воды в водоемах для предотвращения наводнений. Проведен обзор по данной тематике, рассмотрены различные причины, приводящие к авариям на дамбах. Приведенные различные примеры показывают, что самым оптимальным способом предотвращения прорыва гидротехнических сооружений является постоянный автоматизированный мониторинг уровня воды. Данная информация в последствии используется для прогнозирования аварийной ситуации.

Ключевые слова: уровень воды, переполнение водохранилища, система мониторинга, спутниковая система связи.

Determination of methods and means for monitoring water level in reservoirs, Ziyatbekova G.Z., Mazakov T.Zh. RSE Institute of Information and Computing Technologies of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

The work is devoted to the urgent problem of methods for assessing the environmental safety of the region. Specifically, water level monitoring in water bodies is considered to prevent flooding. The review on this subject was conducted, various reasons leading to accidents on dams were considered. The various examples given show that the most optimal way to prevent the breakthrough of hydraulic structures is the continuous automated monitoring of the water level.

Keywords: the level of water, the replacement of the water storage, monitoring system, satellite communication system.

Введение

В горной местности Казахстана имеются моренные озера, расположенные на большой высоте. Озера и реки являются источниками пресной воды, которая используется как в жизнеобеспечении населения страны, так и для полива сельскохозяйственных угодий. Использование воды в качестве источника энергии способствовало развитию в Казахстане гидроэнергетической отрасли. Территория Казахстана обладает значительными водными ресурсами. В стране функционируют более 30 гидроэлектростанций [1]. Однако фактом остается и разрушительная сила воды, способная сметать на своем пути целые поселения. Опасность таится не столько в затоплении, сколько в возможности образования селевых потоков, которые могут нести камни, ледяные глыбы и т.д. Горьким примером служит недавний прорыв Кызылагашской плотины [2].

Ущерб от стихийных бедствий природного характера, в частности наводнений, с годами только растет, а экономические потери от последствий наводнений приводят к снижению объема валового внутреннего продукта. Для выбора комплекса мероприятий по минимизации ущерба целесообразно осуществить прогноз основных характеристик наводнений, влияющих на величину ущерба. Их величина влияет на степень тяжести последствий наводнений для населения, экономики, сельского хозяйства и т.д.

В настоящее время можно привести множество примеров затопления, подтопления и размыва земель, вызванных таким чрезвычайным происшествием, как прорыв плотины.

Постановка проблемы

Основные концепции данной работы - определение путей создания системы мониторинга, в частности прогнозирование рисков несчастных случаев в результате прорыва плотин, анализа данных, характеристики объектов, попадающих в зону затопления и получения инструкций к мгновенному реагированию для предотвращения чрезвычайных ситуаций. Задачами работы является анализ последствий прорыва плотины и мгновенного реагирования на эти события, прогнозирования возможных зон затопления, разрушения идущих ниже по течению дамб, рекомендации по проведению спасательных работ.

Решение

Одним из основных причин, приводящих к авариям на гидротехнических сооружениях, являются как природные, так и техногенные факторы:

- при прохождении экстремальных расходов возможно переполнение водохранилища и нарушение штатной работы сбросных сооружений, что приводит к переливу воды через гребень плотины и образованию прорана;

- вследствие длительных сроков эксплуатации возможен износ основных сооружений плотины и гидромеханического оборудования, что может привести к образованию прорана в теле плотины;
- вследствие ошибок персонала, связанных с отсутствием мониторинга опасных ситуаций и недостаточности прогнозных данных по паводкам;
- вследствие возможного террористического акта, приводящего к разрушению плотины.

Причиной возникновения водной угрозы может стать как неконтролируемое изменение климатических условий, так и деятельность человека. Большая доля природных катастроф, источниками которых являются водоемы, вызвана чрезмерным увеличением уровня воды. Защитные сооружения неспособны противостоять силе, которая превосходит их характеристики в несколько раз. В то же время слишком низкий уровень воды в реках препятствует развитию речного судоходства. Изменению уровня воды в озерах предшествуют различные факторы. Засушливая погода впоследствии может стать причиной уменьшения уровня воды в озерах. Увеличение количества осадков, как следствие, вызывает пополнение объема воды. Реки подвержены еще большему количеству влияний на их уровень. Например, сброс воды с плотины может сказаться на уровне воды в реке на далеком расстоянии от плотины. Некоторые реки протекают на территории разных государств, вследствие чего обычный сброс воды в реку может стать поводом для политического скандала или вовсе оказаться причиной стихийного бедствия. На незначительные изменения уровня воды в реке способен повлиять даже ветер, в зависимости от его направления относительно течения реки. Встречный ветер может замедлять течение, следовательно ниже по реке уровень воды будет уменьшаться, а вверх по реке - подниматься [3]. Для своевременного принятия мер по недопущению прорыва гидротехнических сооружений и естественных водоемов и рек необходим постоянный мониторинг уровня воды в контролируемом водоеме. В данном аспекте ключевым является слово «постоянный», что и ставит задачу создания автономных средств мониторинга уровня воды в водоемах. Несмотря на наличие множества методов измерения уровня воды в водоемах, от самых примитивных до высокотехнологичных, – идея создания системы мониторинга является актуальной, так как она предоставляет автоматизированные средства регистрации уровня воды. Уровень воды – высота поверхности воды, отсчитываемая относительно некоторой постоянной плоскости сравнения [4]. В различных реализациях измерителей уровня воды плоскость сравнения может быть разной. Так существуют измерители, которые устанавливаются над поверхностью воды (например, под мостом) и регистрируют расстояние от плоскости их размещения до водной поверхности. Данная реализация является привязанной к месту установки устройства. Один из методов измерений уровня воды – гидростатический метод, который основывается на измерении давления столба жидкости известной плотности на дно сосуда с известной площадью сечения. Из этих данных вычисляется высота столба жидкости. При данном методе постоянная плоскость – дно сосуда. Выбор конкретного метода измерения уровня воды зависит от применимости этого метода к водоему и в данной статье не рассматривается.

Для работы практически любого измерительного оборудования необходима электрическая энергия, обеспечение которой порой является невозможным, например, при размещении оборудования контроля уровня воды в море или озере на удалении от береговой линии, либо в случае с моренными озерами. В общих чертах необходимое средство мониторинга уровня воды в водоемах можно охарактеризовать как устройство сбора и передачи данных об уровне воды, способное функционировать самостоятельно.

Сформулируем требования к средствам мониторинга. Технические средства должны быть защищенными. Необходимо обеспечить надежную защиту от попадания влаги, которая неизбежно вызовет повреждение и выход из строя электронных компонентов, входящих в состав средства мониторинга. Вода некоторых водоемов включает в свой состав примеси, имеющие агрессивную природу, т.е. способные вызвать коррозию материалов, из которых построена конструкция средства мониторинга. Нужно обеспечить защиту от коррозии материалов внешней конструкции средства мониторинга. Электронные компоненты оборудования мониторинга должны быть защищены от ударов, вибраций, поскольку в больших водоемах и реках вода практически никогда не находится в спокойном состоянии.

Важная составляющая процесса мониторинга – сбор данных. Данные, получаемых с датчиков технических средств мониторинга, должны передаваться с заданной периодичностью в центр сбора и обработки данных. Передача данных не должна сопровождаться привязкой к месту установки средств мониторинга. Исходя из этих требований, можно реализовать передачу данных посредством низкоорбитальных космических систем связи (НКСС). Наиболее остро стоит вопрос обеспечения электропитания всего комплекса оборудования. Оптимальным источником энергии, доступным в описанных условиях эксплуатации, является солнечная энергия.

Мониторинговые системы должны обеспечивать постоянное наблюдение за явлениями и процессами, происходящими в природе и техносфере, для предвидения нарастающих угроз для человека и среды его обитания. Главной целью мониторинга является предоставление данных для точного и

достоверного прогноза чрезвычайных ситуаций на основе объединения интеллектуальных, информационных и технологических возможностей различных ведомств и организаций, занимающихся наблюдением за отдельными видами опасностей. Мониторинговая информация служит основой для прогнозирования. Система мониторинга может быть связана с другими автоматизированными системами, например, системами забора и сброса воды на плотинах гидроэлектростанций, системами тревожного оповещения, и прочими функционально взаимосвязанными системами. Внедрение системы мониторинга уровня воды позволит осуществлять профилактику возникновения чрезвычайных ситуаций.

Попытки разрешить конфликт между необходимостью использования пойменных и прибрежных земель и убытками от возможных наводнений предпринимались неоднократно многими специалистами. Но до сих пор этот конфликт неразрешен. Для решения задачи о возможности использования прибрежных земель необходимо проводить анализ возможного ущерба при наводнениях, вызванных в частности разрушением плотин. В сельскохозяйственных районах особенно велики убытки, вызванные затоплением сельскохозяйственных угодий. Так наводнения наносят ущерб сельскохозяйственным культурам, повреждают различные инженерные и мелиоративные системы.

Оценить качество и точность моделирования распространения волны прорыва по руслу реки является непростой задачей. Истинный результат в таких исследованиях никому не известен. Также не существует единственно верного способа, позволяющего получить достоверные результаты. При использовании любого из методов получают только ориентировочные данные о зонах затопления, получившихся в результате прохождения волны прорыва. Точность полученных результатов оценить сложно. Для оценки экологической безопасности региона необходим анализ больших объемов разнородной информации, несогласованность целей различных государственных органов. Решение таких задач невозможно без использования современных информационных систем поддержки принятия решений. В последнее время широкое распространение получили системы мониторинга, основанные на ГИС-технологии, которые помогают ускорить и повысить эффективность процедуры принятия решений, обеспечивают представление результатов анализа в наглядном и удобном для восприятия виде [5].

Для моделирования волны прорыва возможны следующие методы: физический эксперимент, лабораторный эксперимент, численное компьютерное моделирование. Физический эксперимент невозможен, поскольку волна прорыва случается очень редко и зачастую измерить ее параметры является невозможным. Лабораторный эксперимент является очень затратным способом для определения параметров возможной волны прорыва. Единственным на сегодняшний день возможным способом является математическое моделирование [6]. При исследовании гидрологических задач в основном используются математические модели, описываемые уравнениями Навье-Стокса. Сложность рассматриваемых уравнений и невозможность получения аналитических решений потребовала применения численных методов, основанных на аппроксимации производных конечными разностями [7].

Теоретическому исследованию различных модификаций математических моделей гидрологических процессов посвящены диссертации [8-11]. Другое направление теоретических исследований посвящено прогнозированию последствий разрыва дамб и плотин [12-13].

Для практического применения разрабатываются системы мониторинга состояния водоемов в реальном времени, основанные на автоматизации процесса сбора и обработки информации. В основном автоматизированные системы мониторинга применяют следующие датчики: инклометрические; течи; деформации; температуры; давления на грунт; уровня воды [14-16].

При работе гидротехнических сооружений, в частности плотин, разрушение напорного фронта гидроузлов является одним из самых опасных случаев аварий, приводящих к существенным экономическим, экологическим и социальным последствиям, а также влияющих в значительной степени на экологию нижнего бьефа гидроузлов. Для информационных систем мониторинга нужно обеспечить сбор данных в реальном режиме времени.

Выводы

Обобщив все обязательные условия, можно подойти к выводу, что решение задачи мониторинга уровня воды в озерах, реках, морях и гидротехнических сооружениях находится в применении систем «Автоматизированная подсистема энергоснабжения спутниковых систем передачи данных» и «Унифицированная система передачи данных» в комплексе с измерительными средствами. Унифицированная система передачи данных предоставляет средства и инструменты для организации передачи данных посредством спутниковых систем связи. Автономная подсистема энергоснабжения для спутниковых систем передачи данных включает в себя комплекс оборудования, функции которого заключаются в выработке и накоплении энергии для последующего его использования в целях обеспечения электропитания оборудования передачи данных. Основные концепции и полная структура указанных систем описываются в других статьях, посвященных этим системам. Приведем краткое описание этих систем.

Унифицированная система передачи данных предоставляет средства и инструменты для организации передачи данных посредством спутниковых систем связи. Автономная подсистема энергоснабжения для спутниковых систем передачи данных включает в себя комплекс оборудования, функции которого заключаются в выработке и накоплении энергии для последующего его использования в целях обеспечения электропитания оборудования передачи данных. Оборудование измерений уровня воды может быть различным. Для обеспечения функционирования системы измерительное оборудование будет сопрягаться с подсистемой передачи данных и подсистемой энергообеспечения. Сопряжение указанных систем позволит осуществлять мониторинг уровня воды в моренных озерах, расположение которых является крайне труднодоступным. Технические средства, измеряющие уровень воды, должны быть способны получать данные с датчиков с различной периодичностью. Как было сказано выше, данные, поступающие с измерительного оборудования, будут передаваться в центр сбора и обработки данных посредством НКСС.

Накапливаемые данные будут передаваться в ситуационные центры и использоваться специальными службами для прогнозирования возможных паводков и наводнений, подсчета расхода воды и в прочих целях. Система мониторинга может быть связана с другими автоматизированными системами, например системами забора и сброса воды на плотинах гидроэлектростанций, системами тревожного оповещения, и прочими функционально взаимосвязанными системами. Внедрение системы мониторинга уровня воды позволит осуществлять профилактику возникновения чрезвычайных ситуаций.

Литература

1. Свободная энциклопедия – Википедия – <http://ru.wikipedia.org/wiki/> Список гидроэлектростанций Казахстана.
2. Новостной портал Kazakhstan Today – <http://www.kt.kz/?lang=rus&uin=1133168071&chapter=1153530244>.
3. Михеев В.А. Гидрология, динамика уровня воды в озерах – <http://samorazvitie.net/book/105-gidrologiya-v-a-mixeev/40-44-dinamika-urovnya-vody-v-ozerax.html>.
4. Свободная энциклопедия – Википедия – http://ru.wikipedia.org/wiki/Уровень_воды.
5. Абрахин С.И., Прокошев В.Г., Аракелян С.М. Математическое моделирование последствий прорыва плотины на реке с применением ГИС-технологий. // XII Всероссийская научно-методическая конференция «Телематика – 2005»: Санкт-Петербург, СПбИТМО – 2005, т. 1, С. 216-217.
6. Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А. Математическое моделирование в гидрологии. – М.: Изд. центр «Академия», 2010. – 304 с.
7. Темам Р. Уравнения Навье-Стокса. Теория и численный анализ. – М.: Мир. 1981. – 408 с.
8. Немировский А.А. Разработка метода формирования намывного хвостохранилища, устойчивого к ветровым потокам. – М.: Дис. канд.техн.наук, 2016. – 131 с.
9. Снигур К.С. Математическое моделирование русловых процессов в каналах с песчано-гравийным основанием. – Комсомольск-на-Амуре: Дис. физ.-мат.наук, 2016. – 148 с.
10. Храбрый А.И. Численное моделирование нестационарных турбулентных течений жидкости со свободной поверхностью. – Санкт-Петербург: Дис. канд.техн.наук, 2014. – 154 с.
11. Тарасов Е.Б. Разработка методики оценки устойчивости насыпных и намывных дамб. – Екатеринбург: Авт. дис. канд.техн.наук, 2007. – 20 с.
12. Стриганова М.Ю. Методы оценки и прогнозирования последствий при разрушении гидротехнических сооружений // Вестник командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь, 2012, № 1(15), с.10-21.
13. Кучук Н.Г. Обобщенная математическая модель процесса оперативного управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций глобального характера // Системы обработки информации, 2015, выпуск 3 (128), с.140-143.
14. Котюк А.Ф. Датчики в современных измерениях. – М.: «Радио и связь», 2006. – 96 с.
15. Фрайден Дж. Современные датчики. – М.: «Техносфера», 2005. – 592 с.
16. Алейников А.Ф., Гридчин В.А., Цапенко М.П. Датчики (перспективные направления развития). – Новосибирск: НГТУ, 2001. – 176 с.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ БАКАЛАВРОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «ДИЗАЙН»

Катасонова Г.Р.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный институт культуры»

+79030955810, 1966galia@mail.ru

Рассмотрены основные средства реализации компетенций в области научно-исследовательской деятельности студентов направления подготовки «Дизайн», способные обеспечить высокую мотивацию к познавательной деятельности, благоприятные условия для развития интуиции, когнитивного мышления, «запуска» механизма самообразования.

Ключевые слова: научно-исследовательская деятельность, бакалавры, онлайн сервисы

Research activity of bachelors directions of preparation «Design». Katasonova G.R., «The Saint-Petersburg State Institute of Culture».

The main means of implementing competences in the field of research activities of students in the direction of «Design» training are considered, capable of providing a high motivation for cognitive activity, favorable conditions for the development of intuition, cognitive thinking, and the launch of the mechanism of self-education.

Keywords: scientific research, bachelors, online service

Современное общество всегда нуждается в работниках, способных к принятию нестандартных решений, имеющих креативный подход в реализации творческих идей, принимающих активное участие в инновационных процессах, готовых компетентно решать научно-исследовательские задачи.

Согласно новому федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования (ФГОС ВО) 3+ по направлению подготовки 54.03.01. «Дизайн» (уровень бакалавриата) к основным видам профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники, освоившие программу бакалавриата относятся: 1) научно-исследовательская; 2) производственно-технологическая; 3) организационно-управленческая; 4) педагогическая [1].

Научно-исследовательская работа для бакалавров дневной формы обучения направления подготовки «Дизайн» является обязательной и регламентирована учебным планом и рабочими программами дисциплин, включающая: 1) выполнение практических и лабораторных работ; 2) выполнение конкретных нетиповых творческих заданий научно-исследовательского характера в период учебных и производственных практик [5]; 3) написание сообщений, докладов, рефератов, содержащих элементы научных исследований; 4) участие в выставках, олимпиадах, семинарах, конференциях; 5) изучение теоретических основ методики, постановки, организации выполнения научных исследований по курсам общенаучных дисциплин и дисциплин, связанных с управлением дизайн-проектированием [7].

Согласно данному стандарту выпускник должен быть готов решать следующие профессиональные задачи в области научно-исследовательской деятельности: 1) применение методов математического и алгоритмического моделирования при анализе прикладных проблем; 2) использование базовых математических задач и математических методов в научных исследованиях; 3) участие в работе научно-исследовательских семинаров, конференций, симпозиумов, представление собственных научных достижений, подготовка научных статей, научно-технических отчетов; 4) контекстная обработка общенаучной и научно-технической информации, приведение ее к проблемно-задачной форме, анализ и синтез информации; 5) решение прикладных задач в области защищенных информационных и телекоммуникационных технологий и систем [1].

Решение ряда задач из вышеперечисленных позволит приобрести следующие профессиональные компетенции (ПК) в области реализации научно-исследовательской деятельности в вузе: 1) способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области (ПК-1); 2) способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики (ПК-2); 3) способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата (ПК-3); 4) способность публично представлять собственные и известные научные результаты (ПК-4).

Целью научно-исследовательской деятельности в вузе является приобщение студентов к основным этапам и элементам исследования, что поможет им в дальнейшем в самостоятельном приобретении и анализе новых получаемых знаний. Таким образом, под научно-исследовательской деятельностью бакалавра подразумевается осуществление исследовательской и творческой задачи, включающей в себя следующие этапы: 1) постановку проблемы; 2) анализ актуальности поставленной задачи; 3) изучение и сбор теоретического материала; 4) систематизация и подведение итогов. Знания, полученные в результате получения объяснений, логических выводов, процессов, технологий, закономерностей, фактов инновационных разработок и исследований являются неотъемлемой частью обучения студентов.

На практике, научно-исследовательская деятельность студентов направления подготовки «Дизайн» заключается в процессе формирования у студентов следующих навыков и умений: 1) поиск и сбор данных для проектов (справочная литература, Интернет-ресурсы, онлайн-сервисы, первоисточники в архивах, библиотеке и т.д.); 2) анализ, обобщение, структурирование информации, разработка и создание необходимых объектов (таблицы, майнд-карты, диаграммы, схемы, графики); 3) передача

данных в виде наглядных и печатных изданий и презентаций (буклеты, проспекты, бюллетени); 4) устная коммуникация, заключающаяся в грамотно представленных докладах, диалогах, дискуссиях, опросах, интервью; 5) письменная коммуникация в форме написания и опубликования тезисов докладов и статей в сборниках научно-исследовательских автономных и всероссийских конференций, научных журналах; 6) формирование проектных команд с возможностью дистанционно-контактного управления при использовании онлайн сервисов Интернета [2].

Сегодня как в профессиональной сфере, так и в образовании стало популярным понятие «электронная рабочая среда» в которой может работать как один человек, так и группа людей. При организации научно-исследовательской деятельности студентов целесообразно приобщать их к методологии грамотного формирования проектных групп и их межличностного сотрудничества, используя модель командного поведения. Например, модель Аллана Дрекслера и Дэвида Сиббета определяет семь фаз формирования эффективно действующей команды [11].

Разделение обязанностей и общая ответственность за конечный результат прививает студентам навык работы в коллективе, который необходим в их профессиональной дизайнерской деятельности при разработке всевозможных творческих проектов. Как правило, команда студентов формируется на основе личной симпатии, по определенным показателям совместимости, трудолюбия, темперамента, творческим и научным пристрастиям, что в процессе деятельности снижает конфликтность, повышает доверие друг к другу.

Онлайн сервисы для управления научно-исследовательской командной работой бакалавров различаются по своему функционалу [10], начиная от простых онлайн канбан – досок для размещения тематических карточек с задачами и указанием сроков выполнения этапов научного проекта или творческого задания, а также для загрузки материалов выступлений и презентаций на «облако» [6], заканчивая программами с функциями управления документами и презентациями, имеющие базы данных, электронные расписания, функции отслеживания этапов реализации заданий.

Google Chrome, располагающий удобным календарем, виртуальным диском сегодня стремительно развивается в сторону становления системы управления командной работой, предоставляя всем участникам чат, видеостречи, совместное редактирование документов в режиме реального времени.

Сервисы TeamLab, Google Apps, MSOffice 365, ZohoApps, 37 SignalsProducts, Teamwork, FengOffice позволяют не только в организации научно-исследовательской деятельности студентов, но и являются предметом изучения на дисциплинах, связанных с информационными технологиями в дизайне и дизайн-проектировании.

Использование понятия фасилитации при командной форме организации научно-исследовательской деятельности позволяет: 1) экономить время (четкая организация при подготовке научных и творческих проектов, использование необходимых методических пособий, избегание лишних разговоров и конфликтов); 2) фокусироваться на обсуждаемом вопросе без отклонений на другие темы; 3) получать качественные и инновационные решения; 4) создавать рабочую атмосферу при работе над задачами и проектами; 5) использовать знания, навыки и идеи каждого студента команды [8].

При подготовке и реализации исследовательских проектов каждый студент в своей команде может выступать в роли «руководителя», «мотиватора», «генератора идей», «снабженца», «критика», «аналитика», «вдохновителя», «контролера», «специалиста», «рабочей лошадки» и т.д. Но в дополнение к перечисленным образам, в команде обязательно выявляется некий ведущий-организатор их совместной деятельности – фасилитатор, который помогает понять общую цель в процессе обучения, совместной работы и дискуссий, не защищая при этом одну из позиций [3].

При подготовки наглядного материала для своих публичных выступлений студенты активно используют программные средства подготовки презентаций MS PowerPoint, StarOffice Impress, Macromedia Flash, DemoForge Studio, DemoShield, Macromedia Director, Prezi.com. Кроме этого, создают персональную вики-страницу, используя сервис Wikispaces.com.

Большой интерес у студентов вызывают онлайн инструментарию создания инфографики, такие как Creately.com, Easel.ly, Visual.ly, Draw.io, Cadoo.com, Piktochart.com. Перечисленные сервисы позволяют создавать инфографические презентации, CSS-анимацию. Инфографика помогает не только получить информацию максимально быстро, но и запомнить ее, сохранить и поделиться с ней, в частности, в процессе публичного выступления на практическом занятии, семинаре, конференции [9].

Основные принципы создания студентами анимированной инфографики в процессе подготовки творческой или научной работы заключаются в следующем: 1) идея, визуальная концепция и storytelling (повествование истории); 2) осмысление и выделение главного; 3) четкий вектор пути, так как инфографические истории, в которых ничего не понятно сразу, бессмысленны; 4) предельная ясность графического повествования, выбор контрастных оттенков, избегание процесса Infographic bullshit. Затем собирают и размещают полученную информацию в виде социальных закладок на основе Diigo.com, Delicious.com.

Научно-исследовательская деятельность студентов Санкт-Петербургского института культуры начинается с первого года обучения и организована в виде написания рефератов, подготовки презентаций по отдельным темам, а также участия в студенческих конкурсах, семинарах, конференциях. Результаты своих творческих и научных исследований студенты представляют в виде публикаций в сборниках научных трудов всероссийских конференций.

Основными этапами работы студентов при подготовке к конференциям и семинарам являются: 1) формирование команды, состоящей из трех-четырех единомышленников; 2) изучение проблемной области; 3) выбор и формулировка тематики доклада с учетом актуальности вопроса, профессиональных интересов и способностей студентов; 4) написание сценария выступления; 5) подбор информационных источников по теме доклада; 6) систематизация и структурирование найденной информации; 7) оформление в виде презентации; 8) подготовка устного выступления; 9) публикация тезисов докладов и статей (при наличии оригинальности).

Например, традиционно, в конце первого семестра при изучении дисциплины «Информационные технологии (ИТ) в дизайн-проектировании» силами студентов-первокурсников проводится научно-практическая мини-конференция на тему: «Новые ИТ в дизайн-проектировании», куда приглашаются декан факультета ИТ, заведующие кафедрами, профессорско-преподавательский состав факультета, студенты младших курсов. Проводимое мероприятие позволяет не только ознакомить приглашенных с новинками ИТ, но и научить первокурсников свободно чувствовать себя перед большой аудиторией и получить опыт работы в команде. Темы для своих докладов студенты выбирают самые разнообразные, начиная от анализа следующих вопросов: 1) факторы синдрома Интернет-зависимости; 2) влияние гаджетов на современное общество; 3) появление новых профессий; 4) программы для цифровых художников; 5) использование голограмм. Освещаются вопросы-дискуссии: 1) летающие дроны; 2) супер-микрочипы; 3) линзы для погружения в дополнительную реальность; 4) технологии хранения информации с помощью ДНК и многое другое с обсуждением положительных и отрицательных факторов применения рассмотренных вопросов в реальной практической жизни. Свои презентации студенты размещают в сети Интернет, используя сервисы Slideshare.net, Slideboom. Некоторые команды представляют в презентации небольшие ролики, выполненные в программах Podomatic.com, Screencast.com, Screenr.com.

Все представленные на конференцию доклады отличаются актуальностью, профессиональной направленностью и неподдельным интересом аудитории к поставленным проблемам. Практически после каждого выступления идут вопросы, бурные обсуждения, реплики как со стороны студентов, так и со стороны преподавателей и сотрудников факультета. В конце каждой мини-конференции голосованием среди самих студентов и обсуждением среди приглашенных преподавателей выявляется лучшая команда, которой вручаются именные грамоты и добавляются бонусные баллы к баллам, отведенным под экзамен, согласно современной балльно-рейтинговой системе [4]. Лучшие доклады в качестве примера транслируются сразу через сеть Интернет, используя сервисы Penxu.com, Google hangouts, Voicethread.com

Учитывая, что профессиональная деятельность студентов направления подготовки «Дизайн» направлена на создание и совершенствование высокоэстетичной, конкурентоспособной отечественной продукции, способствующей повышению уровня культуры населения и развитию экономики должны стремиться к творческому саморазвитию, саморегуляции и самореализации. Очевидно, что только небольшой процент выпускников института в дальнейшем будут заниматься наукой, но тем не менее научно-исследовательская деятельность в современном вузе имеет большое значение, так как она 1) обеспечивает благоприятные условия для развития воображения, интуиции, когнитивного мышления; 2) помогает «запустить» механизм самообразования; 3) создает высокую мотивацию познавательной деятельности; 4) формирует черты креативной творческой личности, умеющей наглядно представлять результаты выполненной работы, свободно держаться перед многочисленной аудиторией, публично выступать, грамотно и четко отвечать на поставленные вопросы.

Литература

1. ФГОС ВО направление подготовки 54.03.01 Дизайн (уровень бакалавриата) <http://fgosvo.ru/news/1/1911> (дата обращения 03.08.2018).
2. Катасонова Г.Р. Комплексный подход к изучению цикла IT-дисциплин с использованием средств и технологий интернета//В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей в 2 томах. под. ред. С. В. Бачевского, сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич, Л. М. Минаков. 2015. С. 1548-1553.
3. Желязны Дж. Говори на языке диаграмм: Пособие по визуальным коммуникациям для руководителей. Пер. с англ.: - М: Институт комплексных стратегических исследований - 2004. - 220 с.

4. Абрамян Г.В. Катасонова Г.Р. Инвестиционно-кредитная модель организации наукоемкого высшего образования в условиях глобализации трудовых рынков и производств//Современные наукоемкие технологии. 2016. № 8-2. С. 275-279.
5. Катасонова Г.Р. Интернет-ресурсы образовательной организации// В сборнике: Актуальные проблемы психологии и педагогики Материалы международной научно-практической конференции. Оренбургский государственный университет. 2016. С. 294-299.
6. Катасонова Г.Р. Использование «облачных вычислений» при обучении бакалавров информационным технологиям в менеджменте. Ученые записки ИСГЗ. 2013. № 1-2 (11). С. 87-93.
7. Катасонова Г.Р. Система формирования содержания обучения бакалавров управленческих специальностей// Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 1. № 2. С. 179-185.
8. Катасонова Г.Р. К вопросу проектного обучения в вузе// В сборнике: Опыт создания и реализации технологических инноваций в образовании Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Редколлегия: Л.А. Абрамова [и др.]. 2017. С. 116-118.
9. Катасонова Г.Р. Типо- и фотографика как основа разработки печатной рекламной продукции/ В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании" (АПИНО 2017) VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Под. ред. С. В. Бачевского. 2017. С. 125-129.
10. Фокин Р.Р., Абиссова М.А. Сервисы обучения информатике и информационным технологиям в высшей школе: Монография. - СПб: изд-во СПбГУСЭ, 2010.
11. Sibbet D. Visual Leaders: New Tools for Visioning, Management, & Organization Change // John Wiley and Sons, Ltd. -2010. - 256 с.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ РИСКОВ КАК ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТА В ДАННОЙ ОБЛАСТИ

Киселева Т.В., Маслова Е.В.

Сибирский государственный индустриальный университет
kis@siu.sibsiu.ru, elenamaslova1805@yandex.ru

Аннотация: даны определения информационных рисков и понятие риск-менеджмента, а также сделан обзор существующих классификаций информационных рисков по различным принципам. На основе анализа специализированной литературы и с учетом опыта работы специалистов по ИТ представлена классификация рисков ИТ-сервисов с учетом стадий их жизненного цикла, на которых они чаще возникают.

Ключевые слова: информационный риск, ИТ-сервис, классификация, жизненный цикл.

Analysis of risk classification methods as a synthesis of experience in this field. Kiseleva T.V., Maslova E.V., Siberian State Industrial University

Abstract: The definition of information risks and the notion of risk management are given, and a review of existing classifications of information risks on different principles is given. Based on the analysis of specialized literature and taking into account the experience of IT specialists, the classification of risks of IT services is presented taking into account the stages of their life cycle, on which they often arise.

Key words: information risk, IT service, classification, life cycle.

Сегодняшний уровень развития науки, техники, технологии вообще и информационных технологий в частности диктует новые стандарты качества производимых товаров и услуг. Это позволяет в свою очередь создавать более качественный продукт бизнес-деятельности, а значит достигать конкурентного преимущества и получать более высокую прибыль.

Современный рынок отличается большой степенью неопределенности, а значит, любая деятельность предприятия подвержена различным рискам. Для того чтобы снизить возможные негативные последствия от реализации рисков для обеспечения экономического успеха предприятия, этими рисками нужно управлять. В связи с этим в 20 веке возникает новая область знаний: риск-менеджмент. Риск-менеджмент – процесс принятия и выполнения управленческих решений, направленных на снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизацию возможных потерь проекта, вызванных его реализацией.

В современном обществе, где для решения любых задач, от простых повседневных до сложных и комплексных, применяются информационные технологии, возникает понятие информационного риска. Информационный риск – это опасность возникновения убытков в результате применения в организации

информационных технологий, то есть эти риски связаны с созданием, хранением, передачей и обработкой информации [1]. Такими рисками, конечно, нужно управлять.

Управление информационными рисками – это комплекс мероприятий по идентификации, анализу и устранению выявленных в структуре информационной безопасности недостатков, связанных с разработкой, эксплуатацией и утилизацией информационных комплексов [2].

Для того чтобы успешно управлять рисками, снижать или устранять их негативные последствия, проводятся их идентификация и классификация по выбранному принципу. Но до сих пор специалисты не пришли к единому мнению по этому вопросу и признаков классификации рисков довольно много. Рассмотрим некоторые из них.

По мнению автора работы [3] для менеджера важно знать не только время возникновения рисков, но и место их возникновения, уровень, факторы, которые на это влияют. В работе [3] автор Батова И.В. предлагает классифицировать риски по следующим признакам:

1. Время возникновения;
2. Фактор возникновения;
3. Место возникновения;
4. Сфера возникновения;
5. Род опасности;
6. Уровень возникновения;
7. Степень определенности;
8. Этап возникновения;
9. Степень обоснованности;
10. Размер возможных потерь;
11. Масштаб последствий;
12. Правовые условия возникновения.

Автор работы [4] Панягина А.Е. использует два принципа классификации рисков внутри которых они распределяются на несколько групп по определенным признакам. Первый принцип – предметный, то есть риски классифицируются по конкретному содержанию, далее они подразделяются на группы, виды и т.д. Признаки предметной классификации следующие:

1. Характер последствий;
2. Причина возникновения;
3. Сфера возникновения.

Однако у предметной классификации есть два недостатка. Во-первых, невозможно учесть все потенциальные виды рисков. Кроме того, при этом неизбежно дублирование рисков.

Второй принцип классификации – разделение рисков по источнику и этапу возникновения. Такой принцип часто используется при выборе стратегии управления и поэтому классификация носит название управленческой. Приведем пример такой классификации и ее признаков:

1. По природе возникновения: субъективные, объективные;
2. В зависимости от этапа коммерческой деятельности: на этапе принятия решения, на этапе реализации решения;
3. По масштабам: локальные, отраслевые, региональные, национальные, международные;
4. По сфере возникновения: внешние, внутренние;
5. По возможности страхования: страхуемые, нестрахуемые;
6. По степени допустимости: минимальные, повышенные, критические, недопустимые;
7. По роду опасности: техногенные, природные, смешанные;
8. По возможности детализации: простые, комплексные;
9. По времени: бессрочные, срочные.

Гасановым Г.М. в работе [5] утверждается, что в группу инвестиционных рисков входят информационные, которые в свою очередь подразделяются на риски бизнес-планирования, и автор классифицирует их по следующим признакам:

1. Функциональные, к ним относятся те риски, которые определяются той или иной частью ИС предприятия, то есть риски сбора, обработки, представления информации и т.д.;
2. Структурные, риски, которые характеризуются структурой предприятия, к ним относятся риски бухгалтерского или управленческого учета, планирования, контроля и т.д.;
3. Временные, это риски, определяющиеся тем или иным этапом жизненного цикла проекта, то есть риски разработки, согласования, реализации, эксплуатации;
4. Риски влияния, которые обуславливаются человеческим фактором и подразделяются на случайные и вынужденные.

Выше были рассмотрены общие виды классификаций всех возможных видов рисков, угрожающих любой организации в процессе ее работы. На основе анализа этой информации была разработана классификация рисков, которым подвергается ИТ-сервис в ходе проектирования, внедрения

и эксплуатации, что может негативно отражаться на деятельности организации, производящей этот сервис, – ИТ-провайдер, а также на работе потребителя ИТ-сервиса.

ИТ-сервис – это комплекс взаимодействующих активов, цель которого состоит в производстве ценности для потребителя, определяемой полезностью, доступностью, непрерывностью, мощностью, безопасностью сервиса [6].

Общим недостатком рассмотренных выше классификаций являются трудности определения более эффективных мер защиты от возникающих рисков. Эту проблему можно решить путем применения такого признака классификации, как стадия жизненного цикла ИТ-сервиса.

Жизненный цикл ИТ-сервиса – это совокупность процессов, которые выполняются с момента выявления потребностей в определенном продукте/услуге до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации этого продукта/услуги. Жизненный цикл любого ИТ-сервиса состоит из четырех стадий: стратегия, проектирование, внедрение и эксплуатация [6].

При анализе месячных, квартальных, полугодовых и годовых отчетов крупного металлургического предприятия, содержащих сведения о реализовавшихся за это время ИТ-инцидентах, времени их устранения и частоте появления, были определены риски, возникающие чаще всего. С учетом мнений экспертов, в качестве которых привлекались специалисты ИТ-служб этого предприятия, было установлено, какие именно из этих рисков требуют наибольших временных затрат на устранение их последствий, и какие наносят максимальный материальный и нематериальный ущерб предприятию. Выявлено, на каких стадиях жизненного цикла эти риски чаще всего возникают. Таким образом была разработана классификация возможных рисков, разделенных по стадиям жизненного цикла ИТ-сервиса, она приведена в таблице 1 [7]. Знание того, на какой стадии жизненного цикла возник тот или иной риск, поможет выбрать наиболее эффективную защитную меру при проведении анализа и оценки рисков.

Достоинством разработанной классификации является то, что в случае обнаружения новых рисков, не входящих в таблицу, их довольно легко включить в список рисков соответствующей стадии.

В том случае, когда менеджеру известно, на какой стадии возник риск, ему значительно проще оценить степень его влияния на бизнес-деятельность, а также выбрать наиболее рациональную меру защиты.

Таблица 1 – Риски стадий жизненного цикла ИТ-сервиса

Стадия	Название риска	Комментарий (причины)
Стратегия	Риск, связанный с неправильной оценкой востребованности сервиса	Требования к сервису изменились
		Неверно определены активы, цели, планы, бюджет
Проектирование	Риск, обусловленный неправильной оценкой активов	Нехватка активов
	Риск, связанный с несвоевременным запуском ИТ-сервиса	Ненадежный поставщик оборудования
	Риск нарушения сроков	Неверно определены сроки и сложность работы, следовательно, срок внедрения затянут
	Риск непринятия ИТ-сервиса заказчиком по причине изменения требований к сервису со стороны заказчика	Изменения внешних условий, изменение ситуаций у заказчика
Внедрение	Технический риск	Программное/аппаратное обеспечение устарело
	Риск полной или частичной потери ИТ-сервиса	Форс-мажорные обстоятельства: пожар, наводнение, землетрясение, вирусные атаки.
Эксплуатация	Длительное время отсутствия доступа к ИТ-сервису	Время восстановления работоспособности после сбоя больше ожидаемого
	Риски, связанные с нарушением целостности, конфиденциальности и доступности данных	Несанкционированный доступ
Эксплуатация	Риск, связанный с невыполнением соглашений между заказчиком и ИТ-провайдером	Отсутствие поддержки со стороны провайдера
	Риск полной или частичной потери ИТ-сервиса	Форс-мажорные обстоятельства: пожар, наводнение, землетрясение, вирусные атаки.

Таким образом, проведен обзор и анализ известных классификаций рисков. На основе анализа, а также изучения отчетов о деятельности предприятия-провайдера с привлечением экспертов были определены риски, возникающие часто и требующие значительных временных и денежных затрат на их устранение. Установлено, на каких стадиях они угрожают ИТ-сервису, и в соответствии с этим была разработана классификация рисков ИТ-сервисов в привязке к стадиям жизненного цикла.

Литература

1. Киселева, Т.В. Процесс управления риска на основе их анализа / Т.В. Киселева, Е.В. Маслова // Системы управления и информационные технологии. – 2011. – №2.1 (44). – С. 129 – 133.
2. Киселева, Т.В. Функции системы поддержки принятия решений при управлении информационными рисками / Т.В. Киселева, Е.В. Маслова // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2012. – №4. – С. 54 – 57.
3. Батова, И.В. Классификация рисков и причины их возникновения [Электронный ресурс] / И.В. Батова // Электронный научный журнал «Международный студенческий научный вестник». – 2015. – №1. – Режим доступа: <https://www.edu-herald.ru/pdf/2015/1/25.pdf> (дата обращения: 09.09.2016).
4. Панягина, А.Е. Подходы к пониманию и классификации рисков [Электронный ресурс] / А.Е.Панягина // – Современная экономика: проблемы, тенденции, перспективы. – 2012. – №6. – Режим доступа: http://www.mivlgu.ru/site_arch/educational_activities/journal_ec/journal_arch/N6/panyagina.pdf (дата обращения: 09.09.2016).
5. Гасанов, Г. М. Основы классификации рисков информационного обеспечения бизнес-планирования деятельности промышленных предприятий / Г.М. Гасанов // ТДР. – 2009. – №3. – С. 151 – 153.
6. Зимин, В.В. Управление жизненным циклом сервисов систем информатики и автоматизации: учеб. пособие / В.В.Зимин, А.А. Ивушкин, С.М. Кулаков. – Кемерово; М.: Издательское объединение «Российские университеты»: Кузбассвузиздат – АСТШ, 2012. – 437 с.
7. Киселева, Т.В. Классификация рисков ИТ-сервисов и возможные способы защиты / Т.В. Киселева, Е.В. Маслова // Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий (ПМТУКТ-2015): сборник трудов VIII Международной конференции. – Воронеж: Научная книга, 2015. – С. 18 – 182.

ОЦЕНКА КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ

Князева М. С., Шамец С. П.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет»
+7(3812) 65-22-17, citolimp@mail.ru

Статья посвящена внешним независимым оценкам сформированности компетенций студентов ОмГТУ в сравнении с соответствующими общероссийскими показателями.

Ключевые слова: тестирование, олимпиады, сравнительное исследование.

Assessments of the competencies of university students. Knyazeva M.S, Shamets S.P., OmSTU

The article is devoted to external independent assessments of the formation competencies of OmSTU students in comparison with the corresponding all-Russian indicators

Keywords: testing, olympiads, comparative study

Введение

При подготовке кадров для цифровой экономики важно иметь измерительные методики и инструменты, позволяющие с необходимой достоверностью получать информацию о сформированности у обучающихся необходимых им профессиональных и иных компетенций.

Для учащихся системы профессионального образования в настоящее время таким инструментом являются чемпионаты WorldSkills [1, 2] или выпускные экзамены учреждений СПО, проводимые по системе WorldSkills.

Для ВУЗов к подобным инструментам можно отнести федеральный интернет-экзамен для выпускников бакалавриата [3] и всероссийскую студенческую олимпиаду [4].

Омский государственный технический университет является активным участником указанных мероприятий. Кроме того, с ведущими партнёрами в регионе в области информационных технологий,

для студентов направлений IT-подготовки регулярно проводится тестирование по тестовым материалам IT-компаний-партнёров ОмГТУ, региональных работодателей.

Также университет участвует в федеральных экспериментах, проводимых в системе высшего образования Российской Федерации в области оценки качества подготовки.

Ниже подробнее остановимся на этих независимых оценках.

Федеральный интернет-экзамен для выпускников бакалавриата (ФИЭБ)

В сессиях ФИЭБ университет участвует с 2016 года по всем направлениям бакалавриата, по которым осуществляется подготовка в ОмГТУ. С каждым годом расширяется перечень тестовых баз НИИ мониторинга качества образования и, соответственно, растёт число направлений подготовки, по которым ОмГТУ участвует в данном эксперименте по независимой оценке качества подготовки выпускников.

Для проведения тестирования ежегодно заключается соглашение о сотрудничестве, осуществляется сертификация помещений для мониторинга и ОмГТУ становится региональной площадкой для проведения ФИЭБ.

С целью стимулирования студентов для добровольного участия в сессиях ФИЭБ, университет в качестве поощрения централизованно оплачивает тестирование 20-25 студентов. Кроме того, в правила приёма ОмГТУ включены пункты о начислении дополнительных баллов (из 10 разрешённых для ВУЗов) для лиц, поступающих в магистратуру. Размер баллов зависит от уровня сертификата, полученного студентом за участие в тестировании.

По окончании сессии ФИЭБ, НИИ мониторинга качества образования высылает ВУЗам-участникам аналитические материалы, которые позволяют получить полную картину состояния дел с подготовкой как на уровне руководства университета (проректор-декан-руководитель направления), так и для тестируемых студентов. Такая обратная связь позволяет руководству ввести необходимые корректирующие воздействия, а студентам выявить свои пробелы в подготовке.

Аналитические материалы показывают также количественные характеристики подготовки по различным направлениям бакалавриата по отношению к средневзвешенным показателям тестирования всех участников из ВУЗов России.

Интегральные результаты тестирования в виде полученных студентами ОмГТУ сертификатов по отношению ко всем вузам-участникам, представлены на рис. 1.

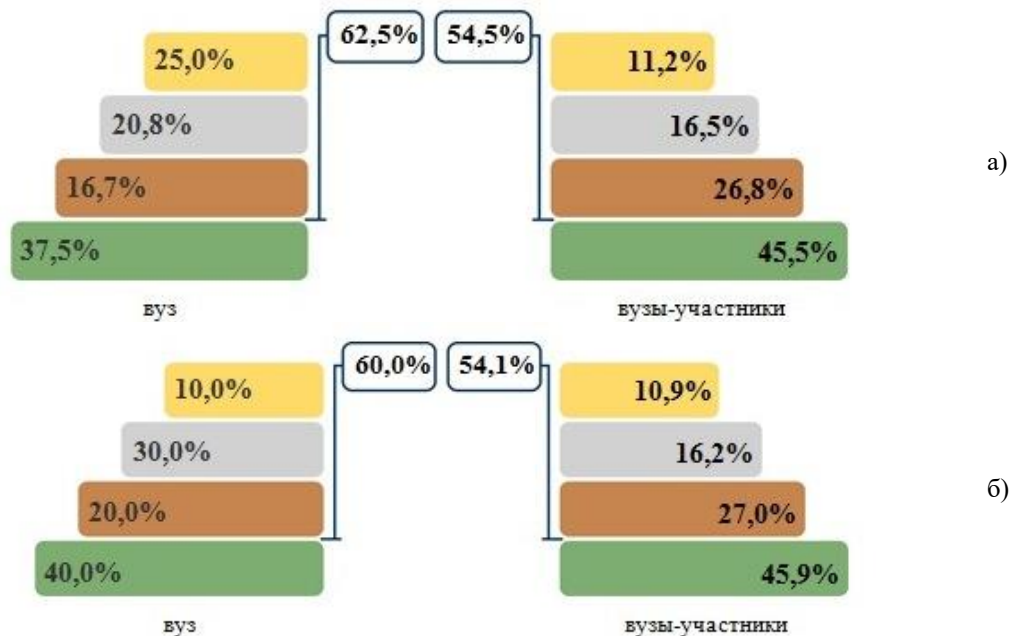


Рисунок 1 - Распределение сертификатов а) - в 2016 году, б) – в 2017 году

В целом, приведенные данные свидетельствуют об успешных результатах, продемонстрированных студентами ОмГТУ.

Всероссийская студенческая олимпиада (ВСО)

На базе центра информационных технологий (ЦИТ) и ряда профильных кафедр ОмГТУ с конца 90-х годов проводятся студенческие междисциплинарные олимпиады с использованием компьютерных

технологий. С университетского уровня некоторые из олимпиад переросли в статус региональных (2-й тур), всероссийских (3-й, заключительный тур) и международных (Рисунок 2).



Рисунок 2 - Студенческие олимпиады ОмГТУ 2017 года

Отличительные особенности студенческих олимпиад, проводимых на базе ОмГТУ, показаны на рис.3.



Рисунок 3- Отличительные особенности студенческих олимпиад

На рисунке 4 приведены программные продукты, с применением которых проводятся олимпиады в ОмГТУ.



Рисунок 4 - Прикладное программное обеспечение, используемое в олимпиадах

Ещё одним важным параметром является состав участников олимпиад (Рисунок 5).



Рисунок 5 - География участников олимпиад 2017 года

Все эти факторы (междисциплинарный подход, уровень заданий, профессиональное ПО, состав участников, различные номинации олимпиад) позволяют оценить широкий спектр компетенций участников.

Оценка студентов по тестовым материалам работодателей

Тестирование студентов 3 и 4 курсов бакалавриата, а также магистрантов, обучающихся по ИТ-направлениям, проводится с целью определения соответствия подготовки студентов в университете ожиданиям работодателей. Тестирование проводится по тестовым материалам компаний ИТ-кластера Сибири, используемым при приёме соискателей на стажировку в эти компании.

Для тестирования использовалось «Программа тестирования знаний Айрен» (<http://irenproject.ru/>). Сервер для тестирования находился в компании «Тамтэк», студенты работали в учебных классах ОмГТУ.

В тестировании участвовали большинство студентов групп. Каждому студенту предлагался случайный набор из 10 вопросов по каждой из 5 следующих тем

- Объектно-ориентированное программирование
- Структуры данных
- Архитектура компьютера и основы функционирования операционной системы
- Сети ЭВМ
- Базы данных

Всего каждый студент должен ответить на 50 вопросов. Время для прохождения теста – 75 минут.

Оценка результата тестирования определяется как процент тестов, на которые дан правильный ответ, от общего числа тестов.

В целом, результаты тестирования удовлетворительные, но до полного удовлетворения потребностям работодателей ещё далеко.

Участие в проекте ISHEL

Ещё одним экспериментом по независимой оценке подготовки студентов ОмГТУ, стало участие университета в международном проекте «Сравнительное исследование готовности к обучению и качества подготовки студентов вузов в странах БРИК». Цель проекта - оценка начального уровня готовности к обучению студентов 1-го курса технических специальностей вузов, а также уровня их подготовки по завершении определенного этапа обучения.

В Российской Федерации в проекте приняли участие 33 ВУЗа.

В рамках исследования в 2015/16 учебном году проведено тестирование студентов ОмГТУ 1-го и 3-го курсов вузов, проходящих обучение по двум группам УГН:

1) УГН 09.00.00 (Информатика и вычислительная техника, все направления), 02.00.00 (Компьютерные и информационные науки, все направления), 10.00.00 (Информационная безопасность);

2) УГН 11.00.00 (Электроника, радиотехника и системы связи, все направления), 13.03.02 (Электроэнергетика и электротехника), 12.03.01 (Приборостроение).

Исследование проводилось в две волны для студентов 1, 3 курсов по математике, физике, информатике, а затем для этих же студентов 2, 4 курсов в 2016/17 учебном году.

Кроме того, проведено анкетирование преподавателей, проводивших занятия с этими студентами.

Как и предшествующих мероприятиях по оценке качества подготовки, студенты ОмГТУ в данном исследовании продемонстрировали, в целом, средний уровень подготовки (см. Рисунок 6.).

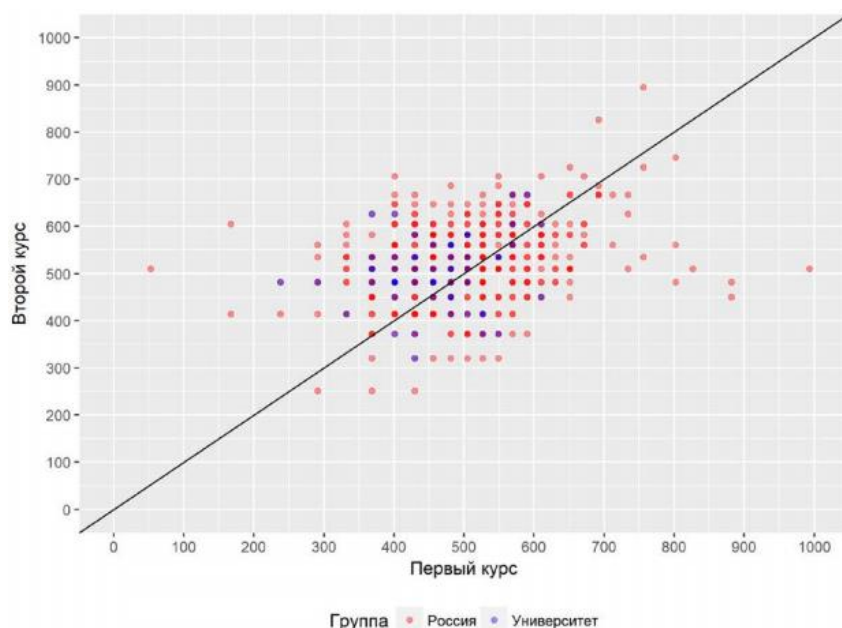


Рисунок 6 - Сравнительные результаты прогресса студентов ОмГТУ и России по физике

Таким образом, во всех репрезентативных выборах по внешней независимой оценке подготовленности студентов, ОмГТУ университет стабильно демонстрирует средний общероссийский уровень.

Литература

1. <http://worldskills.ru/>
2. <http://worldskillsrussia.org/>
3. <http://bakalavr.i-exam.ru/>
4. <https://mon-vso.ru/>

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДИКИ ПРОАКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СУБЪЕКТОВ ТУРИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА

Морозов А.О., Кравец А.Г.
Волгоградский государственный технический университет

В статье приведены результаты экспериментов по оценке эффективности методики проактивного управления ресурсами службы хаускипинга гостиницы.

Ключевые слова: туристический кластер, служба хаускипинга гостиницы, проактивное управление, экспериментальная оценка.

Experimental evaluation of the effectiveness of the method of pro-active management resources of the departments of constituent entities of the tourism cluster. Morozov A.O., Kravets A.G., Volgograd State Technical University

The article presents the results of experiments to evaluate the effectiveness of the method of resources pro-active management of the hotel housekeeping service.

Keywords: tourism cluster, hotel housekeeping service, pro-active management, experimental evaluation.

Введение

Туристический кластер в настоящее время занимает одну из главных ролей в обеспечении конкурентоспособности и социально-экономического развития региона. Его типичный состав обычно представлен туроператорами, агентствами по предоставлению туристических услуг, сервисами средств размещения. В сервисы средств размещения входят гостиницы, пансионаты, санатории. [1-2]

Для управления ресурсами любое средство размещения использует определенную методику. Авторами [3-5] предлагается использовать методику проактивного управления ресурсами подразделений субъектов туристического кластера.

В данном исследовании будет рассмотрена экспериментальная оценка эффективности методики проактивного управления ресурсами такого подразделения гостиницы, как служба хаускипинга (СХК). Служба хаускипинга поддерживает чистоту всех помещений и согласовывает деятельность всех остальных служб гостиницы.

Оценка эффективности методики проактивного управления ресурсами подразделений субъектов туристического кластера

Для оценки эффективности проактивной методики выделим следующие критерии:

1) Коэффициент детерминации функций регрессии моделей прогнозирования больше 0.80. Точность больше 90%.

2) Повышение производительности труда персонала СХК гостиницы на 20 %.

3) Снижение затрат СХК гостиницы за счет эффективного планирования ресурсов.

4) Использование открытой системы мотивации персонала СХК гостиницы для эффективного планирования человеческих ресурсов.

Чтобы оценить выполнение поставленных критериев необходимо проведение следующих экспериментов:

1) Эксперимент А. Построение прогноза потребности в ресурсах СХК, валидация моделей.

2) Эксперимент Б. Построение и проверка плана управления ресурсами СХК гостиницы.

Описание экспериментов и их результаты представлены ниже.

Эксперимент А. Построение прогноза потребности в ресурсах СХК, валидация моделей.

Входными данными для проведения эксперимента являются ретроспективные данные об обслуживании номерного фонда гостиницы за 2015-2018 гг. Выходными данными являются построенные

прогнозы потребности в ресурсах СХК гостиницы. В таблице 1 приведены результаты анализа обучения моделей прогнозирования.

Таблица 1 – Результаты анализа обучения моделей прогнозирования

Входные данные	Метод машинного обучения	Средне-квадратичная ошибка (MSE)	Средняя абсолютная ошибка (MAE)	Средняя абсолютная ошибка (MAPE)	Коэффициент детерминации (R ²)	Точность (PRECISION)
Обучающая выборка из 300 записей. Тестовая выборка из 200 записей.	Линейная регрессия	0.02	0.03	0.02	0.9998	99.98
	Случайный лес	18.96	3.23	8.84	0.8872	91.16
	Метод k ближайших соседей	14.57	2.28	5.29	0.9077	94.71
	Метод опорных векторов	0.0039	0.0492	0.14	0.9996	99.86
	Дерево принятия решений	22.25	3.13	8.04	0.8590	91.96
	Адаптивный бустинг	16.41	2.94	7.68	0.8960	92.32
	Градиентный бустинг	14.74	2.31	5.54	0.9066	94.46

В результате анализа, все методы машинного обучения имеют достаточное значение точности. Наиболее точными методами, по результатам их обучения, можно считать линейную регрессию и метод опорных векторов.

На рисунке 1 представлен график реальных и спрогнозированных методом k=3 ближайших соседей значений потребности в персонале.

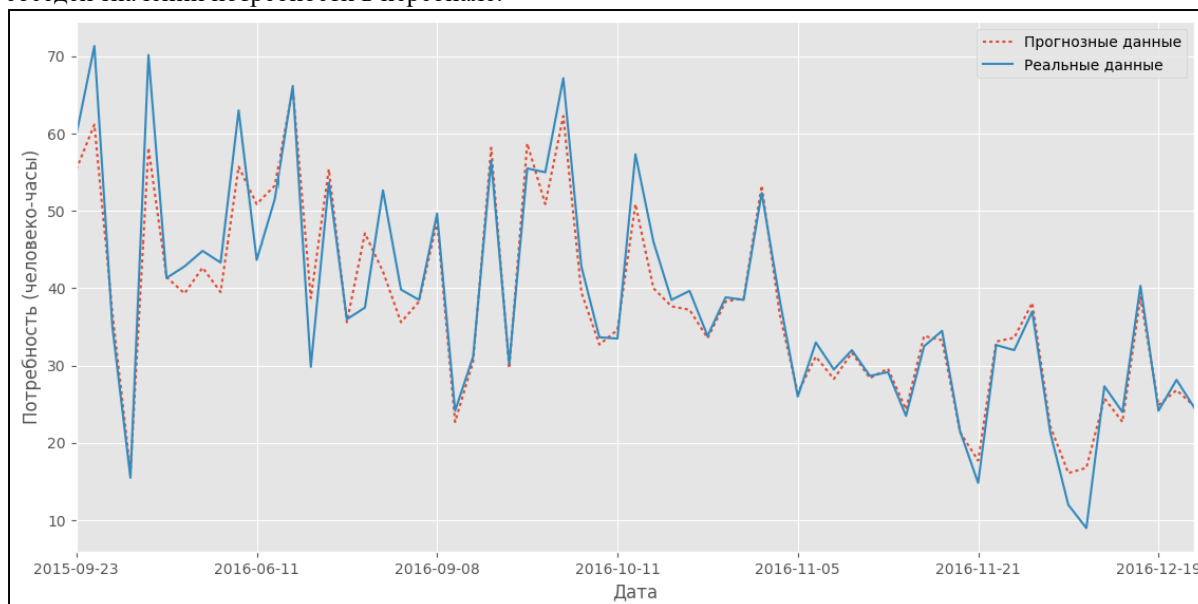


Рисунок 1 – График спрогнозированных и реальных значений потребности в персонале СХК (в человеко-часах)

На рисунке 2 представлен график реальных и спрогнозированных методом k=3 ближайших соседей значений общего количества номеров, требующих обслуживания.

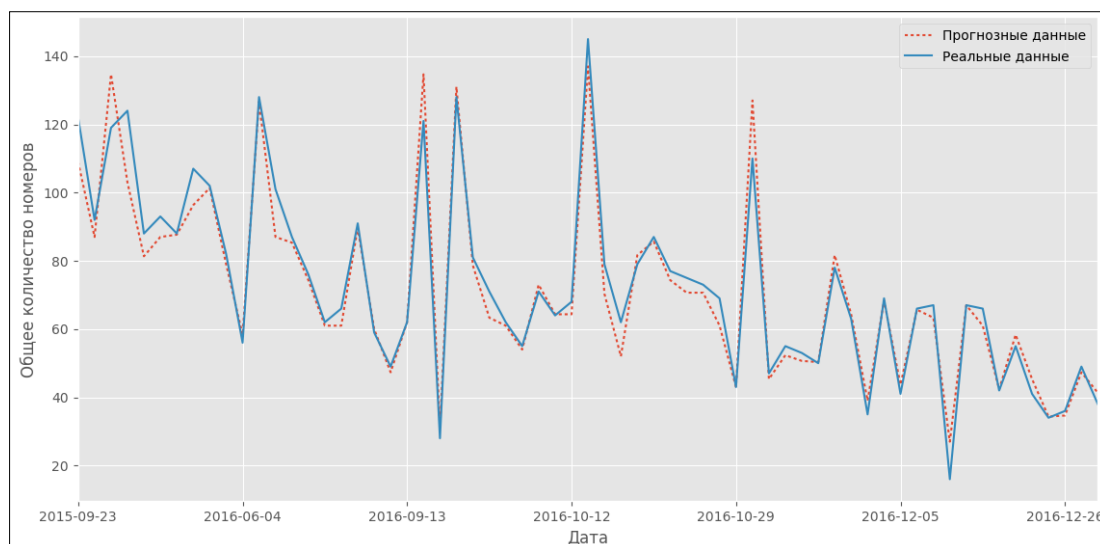


Рисунок 2 – График спрогнозированных и реальных значений общего количества номеров, требующих обслуживания

Как видно из представленных графиков, а также из приведенного анализа обучения моделей, прогнозные и реальные данные имеют высокое значение корреляции.

Таким образом, критерии оценки прогнозной части исследования достигнуты.

Эксперимент Б. Построение и проверка плана управления ресурсами СХК гостиницы.

Входными данными для проведения эксперимента являются:

- построенные прогнозы потребности в ресурсах СХК гостиницы;
- информация об имеющемся персонале СХК гостиницы;
- информация о средствах для уборки номеров и их средних расходах.

Выходными данными являются:

- план управления человеческими ресурсами (график работы персонала СХК);
- план управления материальными ресурсами (планирование необходимого количества средств для уборки номеров).

На основе построенного прогноза потребности в ресурсах СХК гостиницы, а также информации об имеющемся персонале строится план управления человеческими ресурсами (табл. 2), где:

- 1) А - Горничные.
- 2) Б - Уборщики общественных зон.
- 3) В - Операторы прачечной.
- 4) Г - Супервайзер.
- 5) Д - Дополнительный персонал из аутсорсинговой компании.

Понятие "кредита" является условным значением для учета переработок.

Таким образом, построенный график работы персонала можно считать эффективным [6].
Необходимое количество персонала рассчитано, мотивационная схема соблюдена.

Таблица 2 – Фрагмент плана управления персоналом СХК

Дата (гг.мм.дд)	Потребность в персонале (человеко-часы)	Имеющийся персонал				Предлагаемый график работы персонала (с переработками)									
		А	Б	В	Г	А		Б		В		Г		Д	
						Кол-во	Кредит	Кол-во	Кредит	Кол-во	Кредит	Кол-во	Кредит		
18.05.20	33.8	5	1	1	1	4	100	0	0	0	0	0	0	0	0
18.05.21	31.7	5	1	1	1	4	80	0	0	0	0	0	0	0	0
18.05.22	14.2	5	1	1	1	2	30	0	0	0	0	0	0	0	0
18.05.23	30.2	4	1	1	1	4	60	0	0	0	0	0	0	0	0
18.05.24	41.5	4	1	1	1	4	80	1	40	1	40	1	40	0	0
18.05.25	53.8	4	1	1	1	4	120	1	60	1	60	1	60	2	2
18.05.26	70.2	4	1	1	1	4	120	1	60	1	60	1	60	4	4
18.05.27	67.7	4	1	1	1	4	120	1	60	1	60	1	60	4	4
18.05.28	38	4	1	1	1	4	90	1	40	1	40	0	0	0	0
18.05.29	47	4	1	1	1	4	120	1	60	1	60	1	60	1	1

На основе прогноза общего количества номеров, требующих уборки, и информации о средствах для уборки строится план потребности в необходимом их количестве.

В таблице 3 представлен фрагмент построенного плана потребности в средствах для уборки номеров известного производителя, где:

- 1) А - средство для уборки ванной комнаты;
- 2) Б - средство для протирки поверхностей в ванной, гостевой;
- 3) В - средство для дезинфекции поверхностей;
- 4) Г - средство для нейтрализации запахов.

Таблица 3 – План потребности в средствах для уборки номеров

Дата (гг.мм.дд)	Планирование необходимых средств для уборки номеров в литрах				Количество номеров	
	А	Б	В	Г	Прогнозное	Реальное
18.01.28	9	5	8	7	122	121
18.01.29	11	6	9	8	149	150
18.01.30	5	3	4	3	58	56
18.01.31	5	3	4	4	63	62
18.02.01	3	2	2	2	33	33
18.02.02	5	3	4	4	67	66
18.02.03	5	3	4	4	67	68

Исходя из высокой точности прогноза общего количества номеров, требующих уборки, можно утверждать, что построенный план потребности в средствах для уборки является оптимальным. Таким образом, руководитель СХК может заранее обеспечить необходимыми материальными ресурсами обслуживающий персонал.

Заключение

В итоге, использование разработанной автоматизированной методики позволяет снизить затраты СХК, за счет эффективности планирования ресурсов.

Критерий повышения производительности труда персонала СХК на 20 % подтверждается опытным путем, за счет проведения опытной эксплуатации разработанной АС «ПаУР» в сетевой гостинице города Волгограда Park Inn by Radisson.

Таким образом, поставленные выше критерии оценки эффективности методики можно считать выполненными.

Литература

1. Брумштейн Ю.М. Анализ направлений и результативности использования информационных технологии для обеспечения востребованности услуг организаций индустрии гостеприимства (на примере Астраханской области) / Ю.М. Брумштейн, Е.Ю. Васильковский, Г.А. Джанкулова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2016. № 3(35). — С. 8-21.
2. Ключко В. И. Моделирование работы гостиницы / В.И. Ключко, Е. А. Шумков, А. В. Власенко, Р. О. Карнизьян // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of Kub SAU. 2013. № 91 - С.742-751.
3. Кравец, А.Г. Подход к реализации проактивного управления ресурсами подразделений субъектов туристического кластера / А.Г. Кравец, А.О. Морозов // Вестник Астраханского гос. технического ун-та. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика. - 2018. - № 3 (июль). - С. 65-78.
4. Кравец, А.Г. The pro-active resource management for hotels' housekeeping service / А.Г. Кравец, А.О. Морозов, I. Strukova // International Conference ICT, Society and Human Beings 2017 (Lisbon, Portugal, July 20-22, 2017) : part of the Multi Conference on Computer Science and Information Systems 2017 : Proceedings / ed. by Piet Kommers ; IADIS (International Association for Development of the Information Society). – [Lisbon, Portugal], 2017. – P. 35-42.
5. Морозов, А.О. Про-активное управление ресурсами подразделений субъектов туристического кластера / А.О. Морозов, А.Г. Кравец // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине : сб. науч. тр. IV междунар. конф. (5-8 декабря 2017 г.) / под ред. О.Г. Берестневой, А.А. Мицеля, Т.А. Гладковой ; ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический ун-т», ФГБОУ ВО «Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники». - Томск, 2017. - С. 20-22.

6. Пешкова О. В. Об одном подходе к оценке эффективности автоматизации управления ресурсами предприятия / О. В. Пешкова // Известия ИГЭА. 2007. №6 – С. 110-112.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ

Ларина Т.Б.

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва
+7 (916) 427-23-34 , tblarina@gmail.com

В статье изложены результаты разработки программной системы для компьютерного контроля знаний. Система позволяет создавать тесты, проводить тестирование в локальном и сетевом режимах, формировать и сохранять информацию по результатам тестирования. Предусмотрена возможность расширения и совершенствования возможностей системы. Компьютерная система тестирования предоставляет необходимый и достаточный уровень функциональности и позволяет избежать финансовых затрат, связанных с приобретением аналогичных фирменных систем.

Ключевые слова: система контроля знаний, компьютерное тестирование, тестовая оболочка, конструктор тестов.

Program complex for automation of knowledge testing. Larina T.B., Russian university of transport (MIIT), Moscow.

The article describes the results of developing a software system for computer knowledge control. The system allows you to create tests, conduct testing in local and network modes, create and save information based on test results. It is possible to expand and improve the capabilities of the system. The computer testing system provides a necessary and sufficient level of functionality and avoids the financial costs associated with the acquisition of similar branded systems.

Keywords: control of knowledge, computer testing, test cover, designer of tests

Введение

Контроль знаний является важным элементом образовательного процесса. Существуют различные методы тестирования: письменное с последующей ручной проверкой, устное, компьютерное тестирование [1,2,4]. Компьютерное тестирование обладает неоспоримым преимуществом перед традиционными методами. Его отличает оперативность, производительность процесса тестирования, объективность результатов контроля знаний, возможность самоконтроля учащимися.

Электронная тестовая система представляет собой комплекс из тестовых заданий и программной оболочки тестирования. Для успешного проведения тестирований оболочка системы тестирования должна обязательно предоставлять следующий набор возможностей: создание, добавление и корректировка тестов, проведение тестирования и отображение результатов. Наиболее функционально полным стандартом подготовки тестовых заданий является спецификация QTI консорциума IMS Global, предусматривающая универсальный способ хранения данных по технологии XML [3].

Используемые в Российском университете транспорта (МИИТ) фирменные системы тестирования: система АСТ-ТЕСТ, оболочка Решение (Decision) и оболочка FEPO (TestExam) используют собственные системы хранения тестов и результатов, что делает невозможным обмен данными между ними.

Постановка задачи

Разработать полнофункциональную программную систему контроля знаний, использующую универсальный формат хранения данных. Система должна обеспечивать:

- возможность создания, добавления и корректировки тестов;
- хранение данных по спецификации QTI;
- аутентификация пользователей;
- локальный и сетевой режимы тестирования;
- доступ к результатам тестирования и ведение статистики.
- удобный интерфейс для пользователей, составителей тестов и администратора системы;
- независимость от установленных приложений и нетребовательность к ресурсам;

Разработанный программный комплекс включает три модуля: «Конструктор», «Сервер» и «Клиент». Для разработки использован язык C++/CLI и среда программирования MS Visual Studio [6].

Программа «Конструктор». Создание тестов

В функции программы входит создание новых и редактирование ранее созданных тестов, добавление, изменение и удаление тестовых заданий, группировка заданий по темам и разделам, поддержка использования медиа-файлов (картинки) и OLE-объектов (таблицы, диаграммы, векторные рисунки, формулы, списки) в тестовых заданиях.

Главная форма программы (рис.1) обеспечивает быстрый доступ к функциям создания банков тестовых заданий.

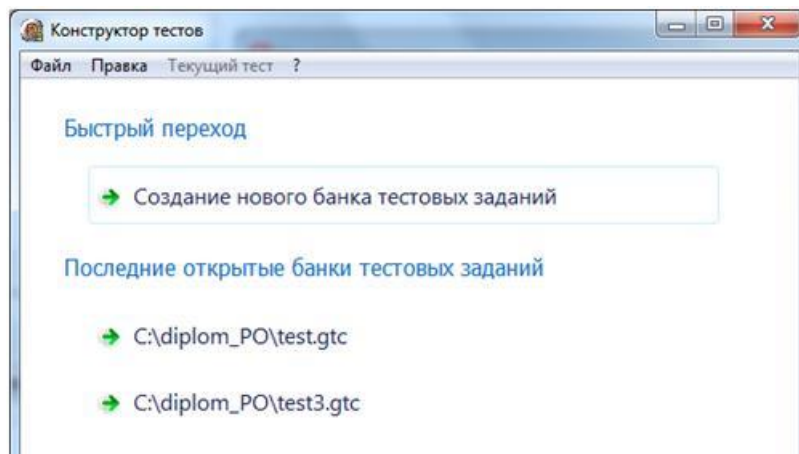


Рисунок 1 - Главная форма конструктора тестов

Структура банка тестовых заданий представляется в виде иерархического дерева, состоящего из разделов и заданий, наполняющих разделы (рис.2).

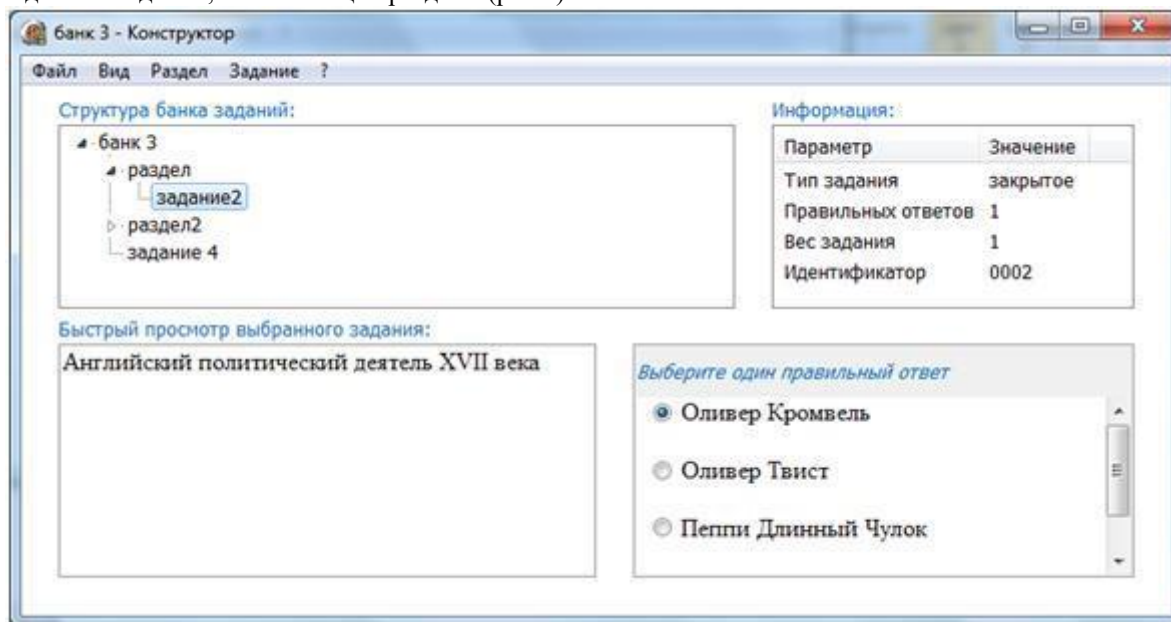


Рисунок 2 - Форма отображения структуры банков тестовых заданий

При выборе раздела отображается информация о количестве заданий в разделе, среднем весе заданий и описании раздела. При выборе задания отображается информация о его типе, количестве правильных ответов, весе задания и идентификатор задания. «Вес» тестового задания позволяет учесть сложность задания и начислить большее количество баллов тестируемому при правильном ответе. По умолчанию, для всех заданий используется вес, равный 1.

Окно быстрого просмотра задания отражает текст выбранного задания и варианты ответа к нему. Предусмотрена возможность создания тестовых заданий четырех типов [5]:

- Открытый тип. Предполагает ввод ответа с клавиатуры. Для программной проверки корректности ответа используется регистро-независимая проверка введенной строки.

- Закрытый тип. Для ответа на вопрос надо выбрать один или несколько вариантов из предложенных ответов. Данный тип заданий не сложен для программной реализации, но оставляет

вероятность случайного выбора правильного ответа. Для оптимального результата отношение общего числа ответов к числу правильных должно быть не менее 4.

- Соответствие. Тестируемый выбирает «пару» для предлагаемых элементов. Для каждого элемента слева необходимо найти соответствующий ему элемент справа. Ответ считается правильным, когда все пары указаны правильно. Для программной реализации этот тип вопросов наиболее сложен.

- Упорядочивание. Тестируемому предлагается расположить элементы в определенном порядке (хронологическом, количественном). По сложности реализации данный тип похож на «соответствие». В конструкторе тестов типы «соответствие» и «упорядочивание» объединены в один (рис.3).

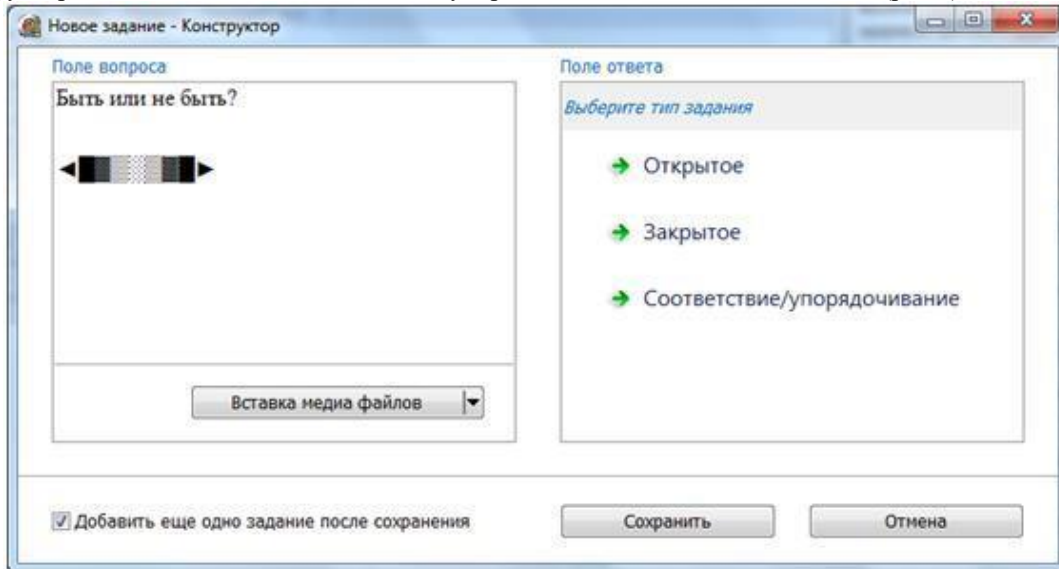


Рисунок 3 – Выбор типа задания

Для ввода текста задания предназначено поле вопроса. Кнопка «Вставка медиа файлов» позволяет включить в текст задания картинку или OLE-объект (рис.4). Поддерживаются популярные форматы Gif image (*.gif), Portable network graphic (*.png), Jpeg (*.jpg, *.jpeg), Bitmap (*.bmp), Windows icon (*.ico), Metafile (*.emf, *.wmf).

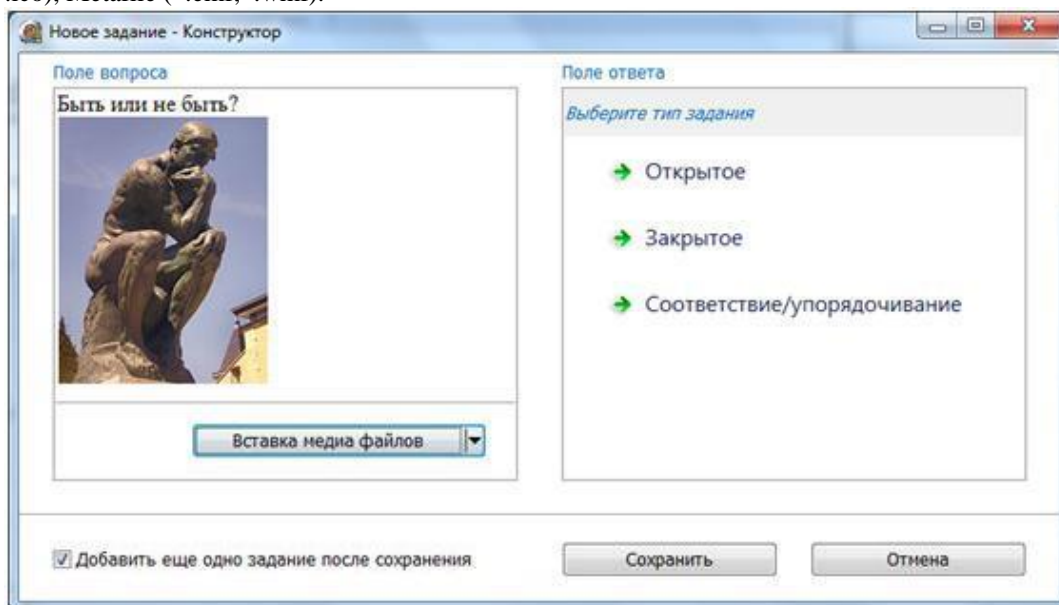


Рисунок 4 - Вставка рисунка в текст вопроса

Программа «Сервер». Централизованное хранение тестов, обработка результатов
Приложение обеспечивает хранение созданных тестов на сервере и проведение тестирования с использованием локальной сети. Серверное приложение позволяет выбрать банки заданий, которые будут доступны пользователям, подключившимся к серверу по сети. Приложение создает файл настройки для программы «Клиент», в котором содержится IP-адрес сервера.

На сервере централизованно хранится информация обо всех банках заданий, всех пользователях, всех подключенных клиентских приложениях. Это обеспечивает возможность продолжить тестирование с того места, на котором оно было прервано при неполадках сети или на клиентской части. Приложение может работать с банками заданий, созданными в программе «Конструктор», XML-файлами с тестами по спецификации QTP и с тестами, созданными в оболочке АСТ-ТЕСТ. Для добавления банка тестовых заданий предусмотрен соответствующий пункт меню. Для тестирования в сетевом режиме выбранный банк заданий должен быть помечен, как активный (рис.5).

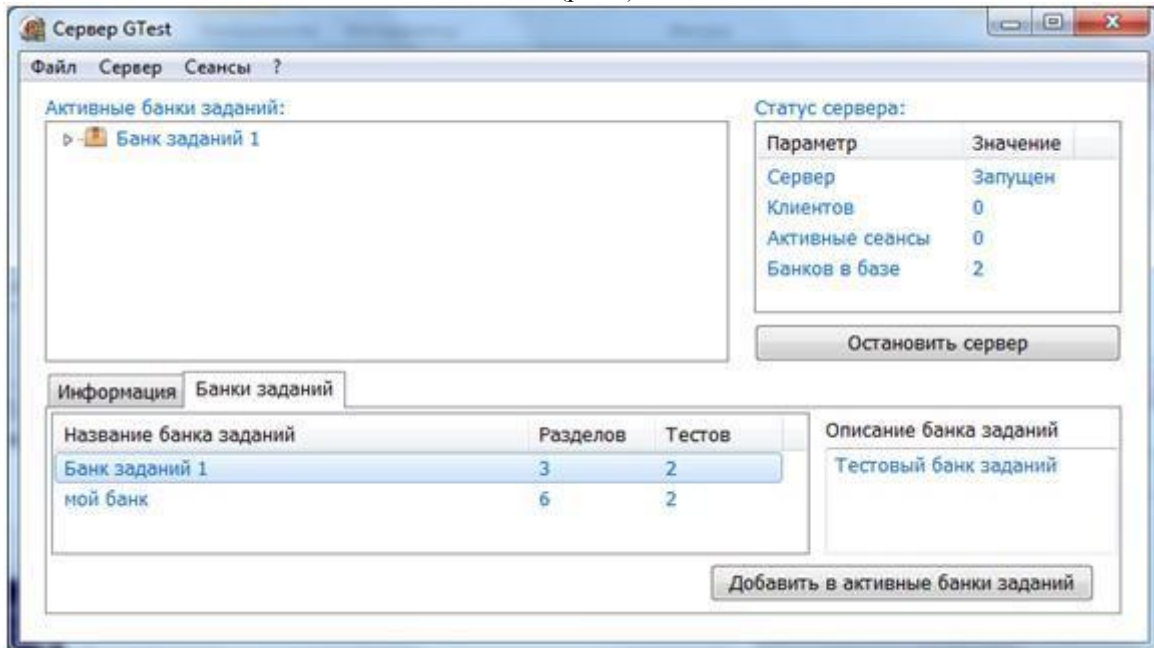


Рисунок 5 - Главная форма программы «Сервер»

Результаты тестов, проведенных в сетевом режиме, сохраняются в структурированном файле, доступном через форму просмотра результатов. Результаты и статистику по тестированию можно свести в единый текстовый отчет, объединив их по группам. Отчет можно распечатать или сохранить на диске.

Программа «Клиент». Режим тестирования и среда пользователя

Программа «Клиент» создает среду для прохождения тестов пользователями. Она обеспечивает два режима: локальный режим и сетевой с использованием банков заданий с сервера. Если при запуске программа обнаружит файл настройки сети и программа «Сервер» будет запущена, клиентское приложение запустится в сетевом режиме. В локальном режиме пользователю будет предложено выбрать локальный файл с банком заданий, в сетевом режиме – один из активных банков заданий сервера. После выбора теста (банка заданий), требуется пройти аутентификацию: указать фамилию студента и группу (рис.6).

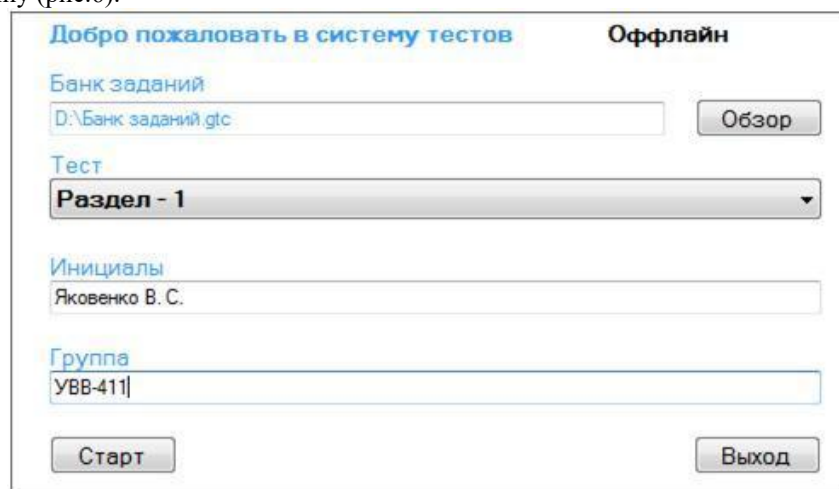


Рисунок 6 – Главная форма программы «Клиент»

Отвечать на тестовые вопросы можно в произвольном порядке, используя навигатор по вопросам. Навигатор показывает, на какие вопросы даны ответы и какой из вопросов задан в данный момент (рис.7).



Рисунок 7 - Навигатор вопросов

После завершения тестирования пользователю показываются результаты: общее количество вопросов теста, количество пропущенных им вопросов и количество правильных ответов. Тестируемый может увидеть вопросы, на которые он дал ошибочные ответы, воспользовавшись соответствующей кнопкой формы оболочки тестирования.

Заключение

В заключении следует отметить, что разработанный программный комплекс для подготовки тестовых заданий и проведения компьютерного тестирования знаний обладает всем необходимым для подобных систем функционалом и является альтернативой платным фирменным системам тестирования. Приложения программного комплекса позволяют создавать банки тестовых заданий, проводить тестирование в локальном и сетевом режимах, документировать и сохранять результаты тестирования. Отличительными достоинствами разработанной системы являются использование универсального формата хранения данных по спецификации QTI, независимость от установленных приложений. В настоящее время система тестирования используется на кафедре «Вычислительные системы и сети» РУТ (МИИТ) при проведении текущего и промежуточного контроля знаний студентов по различным дисциплинам.

Литература

1. Нейман Ю. М. Педагогическое тестирование как измерение. - М.: Центр тестирования МО РФ, 2002. – 67 с.
2. Аванесов В. С. Композиция тестовых заданий. - М.: Центр тестирования МО РФ, 2007. – 191 с.
3. IMS GLC, IMS Question & Test Interoperability Specification. Спецификация хранения информации о тестах. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.imsglobal.org/question/>
4. Ефремова Н.Ф. Современные тестовые технологии в образовании: учебное пособие. – М.: Логос, 2003. – 176 с.
5. Бадмацыренова Э. А. Разработка тестов для компьютерного тестирования: методические рекомендации для преподавателей. [Электронный ресурс]. URL: <http://pandia.ru/text/77/502/34756.php>
6. Айвор Хортон. Visual C++ 2010. Полный курс. - М.: ООО «И.Д.Вильямс», 2011. – 1216 с.

ПОНЯТИЕ И СУЩНОСТЬ ЛИЗИНГОВЫХ ОПЕРАЦИЙ

Лисова А.А.

Тольятти, Поволжский государственный университет сервиса

Для лизинговых услуг сейчас не самый лучший период. Начиная с 2000 и до 2011 года рынок лизинговых услуг развивался быстрыми темпами, но за последние годы мы наблюдаем резкий спад предоставления финансовых услуг. Это возникает из-за недостатка финансирования, отсутствия платежеспособности, снижения спроса. Для продолжения работы, предприятия должны формировать определенную систему учета, способную анализировать, сравнивать и контролировать, оценивать, прогнозировать все стороны своей деятельности. Чтобы удержать достигнутые позиции, менеджеры и управленцы должны применять новые технологии управления для повышения результативности использования материальных и финансовых ресурсов.

Ключевые слова: лизинг, сущность лизинга, этапы развития, банковский кредит, коммерческий кредит, аренда.

Concept and essence of leasing transactions. Lisova A. A., Volga region state University of service

For leasing services is not the best period. Since 2000 and till 2011 the market of leasing services developed in high gear, but in recent years we observe sharp recession of providing financial services. It arises because of a lack of financing, lack of solvency, decrease in demand. For further work, the enterprises have to form the certain accounting system capable to analyze, compare and control, estimate, to predict all parties of the activity. To hold the reached positions, managers and managers have to apply new technologies of management to increase in effectiveness of use of material and financial resources.

Keywords: leasing, essence of leasing, development stages, bank credit, commercial credit, rent.

Представление лизинга появилась очень давно, однако данный термин употребляют совсем недавно. Понятие «лизинг» произошло от английского термина «lease», что в переводе означает «аренда».

В XX веке лизинг приобрел продолжение в новейшем качестве - как учреждение, предназначенное для управления особенной формы вложения финансовых ресурсов в экономику, построенный на использовании такого приема, как приобретение финансовыми учреждениями, по поручению промышленных организаций, оснащения и технического обеспечения, а далее их аренды.

СССР ознакомился с понятием «лизинг» во время второй мировой войны в 1941-1945 годах. В СССР лизинговые операции проводились внешнеторговыми организациями. Лизинговые операции были несущественными, но сравнительно в крупном объеме.

Выделяются основные этапы развития лизинга, на основании исследований, проведенных Ю.Н. Лапыгиным, Е.В. Сокольских и В.Г.Макаевой. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1- Этапы развития лизинга в России

№ п/п	Этапы	Временной промежуток	Характеристика этапов
1	Первый этап - период становления	С середины 1989 года до середины 1990-х годов	Этот этап представляет собой создание экономической основы и возникновение предпосылок для дальнейшего развития лизинговых отношений. Этот период характеризуется отсутствием законодательства. Развивается практика применения лизинга коммерческими банками
2	Второй этап - законодательный	С середины 90-х годов и продолжался до 2002 года	В этот период было принято законодательство о лизинге. Также увеличилось число лизинговых организаций.
3	Третий этап период роста	Со второй половины 2002 и до настоящего времени	Происходит редакция законодательства о лизинге. Развивается сектор лизинговых услуг. Увеличивается возможность финансирования лизинговых организаций

Одним из значимых моментов в образовании начальных этапов применения лизинга является Основы законодательства СССР об аренде от 23 ноября 1989 года, № 810-1 письмо Госбанка СССР от 16 февраля 1990 года, № 270 «О плане счетов бухгалтерского учета». Применяя законодательство об аренде лизинг прогрессивно развивался, но наличие высоких рисков для участников лизинга препятствовало его развитию. С развитием рыночных реформ в деятельности организаций начали оформляться договора, в рамках которых присутствовали элементы лизинговой сделки. Параллельно возникают первые коммерческие лизинговые организации, в основном учрежденные банками.

29 июня 1995 года вышло постановление Правительства РФ №633, в котором представлена программа усовершенствования данного вида деятельности в России и утверждено Временное положение о лизинге. 1 марта 1996 года опубликовалась вторая часть Гражданского Кодекса РФ, статья 665, в которой дается определение понятия финансовая аренда (лизинг). 8 февраля 1998 года Президент РФ подписал Федеральный закон №16-ФЗ «О международном финансовом лизинге». 5 ноября 1998 года был принят ФЗ № 164 «О финансовой аренде (лизинге)». На региональном уровне стали приниматься нормативные акты, способствующие развитию лизинговых отношений. Заметно увеличивается количество лизинговых организаций и объем совершенных лизинговых сделок.

Третий этап развития лизинга является носителем в законодательстве, регулирующего лизинговую деятельность. В Федеральном законе «О финансовой аренде (лизинге)» от 1998 года произошли важные изменения, а именно в классификации лизинговых операций, определение субъектов лизинговых отношений, применение и эксплуатации лизинговых схем. Такие специалисты как И. В. Антоенко и С. Л. Ковынев полагают, что принятых в отношении лизинга законодательных поправок недостаточно.

Развитые лизинговые услуги в Российской Федерации имеют определенные особенности.

Во-первых, с 1998 года широкое распространение получил лизинг оборудования и транспортных средств, а 2003-2005 года связаны с появлением множеств лизинговых организаций различного типа, специализированных компаний. Следовательно, в Российской Федерации лизинг прошел стадию лизинга оборудования и гибкого лизинга и находится на этапе развития оперативного лизинга.

Во-вторых, одной из особенностей российских лизинговых организаций является ориентация на малые и средние предприятия, продукция которых ориентирована на внутренний рынок. Основными факторами, под воздействием которых предприятия обращаются в лизинговые организации, являются: характер сделки с низким риском, более длительные сроки финансирования по сравнению с кредитованием, налоговые льготы.

В-третьих, с 2002-го по 2006 год средний темп прироста объема рынка лизинговых операций составлял 40-50 % – это свидетельствовало о том, что лизинг является одним из наиболее динамично развивающихся финансовых рынков.

Безусловно, финансовый кризис 2008-2015 года отразился на лизинговой индустрии. Главной негативной тенденцией, серьезно повлиявшей на рынок в 2016-2011 года, является снижение доступности кредитных ресурсов, высокий уровень дебиторской задолженности лизинговых компаний и отсутствие новых качественных лизингополучателей в экономике. Многие региональные лизинговые компании в условиях неплатежеспособности лизингополучателей вынуждены были сократить деятельность или закрыться.

Однако у рынка лизинговых услуг по-прежнему огромные перспективы для восстановления и роста. Концепция модернизации экономики подчеркивает особое значение лизинга. Для предприятий, реализующих инновационные проекты, лизинг является эффективным инструментом инвестирования и развития.

При рассмотрении экономической сущности лизинга складывается неоднозначное понимание. В нормативных актах РФ понятие лизинга часто менялось. Рассмотрев эти данные, представим сущность лизинга в соответствии с законодательством РФ в таблице 2

Таблица 2 - Определение лизинга в законодательных актах РФ

№ п/п	Источник (нормативно - законодательный акт)	Определение лизинга
1	Гражданский кодекс РФ «Договор финансовой аренды» и «Предмет договора финансовой аренды»	В договоре о финансовой аренде арендодатель обязуется приобрести в собственность указанное арендатором имущество у продавца и отдать арендатору это имущество за плату во временное пользование для предпринимательских целей. Арендатор в таком случае не несет ответственность за выбор предмета аренды и продавца. Договором финансовой аренды может быть предусмотрено, что выбор продавца и приобретаемого имущества осуществляется арендодателем. Предметом договора могут быть любые не потребляемые вещи, используемые для предпринимательской деятельности.
№ п/п	Источник (нормативно - законодательный акт)	Определение лизинга
2	Указ Президента РФ №1929 п.1 от 17 сентября 1994 года	Лизинг - это вид предпринимательской деятельности, направленный на инвестирование финансовых средств в имущество, передаваемое по договору физическим и юридическим лицам на определенный срок
3	Постановление Правительства РФ №633 от 29 июня 1995 года п. 1	Лизинг - вид предпринимательской деятельности, направленный на инвестирование финансовых средств, когда по договору лизинга лизингодатель обязуется приобрести в собственность обговоренное договором имущество у определенного продавца и предоставить это имущество лизингополучателю за плату во временное использование.
4	Федеральный закон «О финансовой аренде (лизинге)» №164 - ФЗ от 29 октября 1998 года	Лизинг - это вид инвестиционной деятельности по приобретению имущества и передачи его на основании договора лизинга физическим или юридическим лицам за определенную плату, на определенный период, с правом выкупа имущества лизингополучателем
5	Закон «О внесении изменений и дополнений в Федеральный закон «О лизинге» № 10 от 29 января 2002 года	Лизинг - это совокупность экономических и правовых отношений, которые возникли в связи с реализацией договора лизинга, также приобретением предмета лизинга

6	МСФО 17	Финансовая аренда предусматривает передачу всех рисков и вознаграждений, связанных с использованием актива от арендодателя арендатору. С определенным количеством времени арендуемый актив может передаваться или не передаваться арендатору.
---	---------	---

Если рассмотреть понятие лизинга в трудах отечественных экономистов, то большинство из них рассматривают лизинг через правовую форму его проявления - договор аренды, представляющий собой лизинговые отношения при передаче объекта в долгосрочную аренду. Дадим классификацию основных подходов к пониманию лизинга в таблице 3.

Таблица 3 - Классификация основных подходов к трактовке лизинга

№ п/п	Определения	Авторы	Источник
1	Лизинг - это аренда вообще, долгосрочная аренда или особая форма аренды	Брагинский М.И., Васильев Н.М., Витрянский В.В., Кабатова Е.В., Човушян Э.О.	Современный экономический словарь
2	Лизинг — это своеобразный способ кредитования предпринимательской деятельности	Газман В.Д., Лещенко М.И., Лозовский Л.Ш.	Словарь аудитора и бухгалтера
3	Лизинг — это право пользования чужим имуществом	Ванчук Л.Б., Львов Д.С.	Словарь терминов современного рынка
4	Лизинг — это особый вид предпринимательской деятельности	Горемыкин В.А.	«Лизинг»
5	Лизинг — это действия за чужой счет, то есть управление чужим имуществом по поручению доверителя	Шпиттлер Х.И.	«Практический лизинг»

Следовательно, можно сделать вывод, что содержание и роль лизинга в теории и практике интерпретируют по-разному, неоднократно противоречиво. Многообразие в трактовке концепции свидетельствует о том, что продолжается изучение теоретического и методического подхода к этому финансовому инструменту.

Дадим общее определение лизинга: это самостоятельный вид предпринимательской деятельности, который возникает при передаче права использования приобретенных активов на условиях оплаты и возвратности.

Гражданским Кодексом Российской Федерации устанавливаются правовые основы для лизинговых операций и определяются виды аренды, в том числе финансовый лизинг.

Отечественные эксперты в области изучения лизинговых отношений считают, что экономическое содержание лизинга заключается в объединении трех составляющих - кредитных, арендных и инвестиционных отношений, но на практике лизинг является одним из видов финансовых услуг. Согласно с Федеральным законом «О финансовой аренде (лизинге) от 29.10.1998 г. № 164-ФЗ, лизинговая деятельность - это вид инвестиционной деятельности по приобретению имущества и передачи его в лизинг. Для раскрытия экономической природы лизинга нужно рассмотреть лизинг в контексте разных договорных отношений, таких как банковский и коммерческий кредит, аренда и поручение.

К примеру, общим свойством лизинга и кредита выступает наличие особого субъекта хозяйствования (к примеру, банк или финансовая компания), которая накапливает свободные финансовые ресурсы и предоставляет их на условиях срочности, возвратности и платности физическим или юридическим лицам, которые могут предоставить гарантии выполнения этих обязательств. Следовательно, к лизинговым операциям можно применить основные принципы кредитования: срочность, возвратность и платность. Одинаковым итогом движения денежных средств при кредите и лизинге является возврат основного долга кредитору (лизингодателю) и выплата платежей по процентам. Отличием выступает то, что предметом лизинга могут быть индивидуально-определенные вещи, предметом кредита - денежные средства или имущество. В соответствии с законом предметом лизинга могут быть не потребляемые вещи, кроме земельных участков и других природных объектов, то есть вещи, определенные родовыми признаками. Проведем сравнительный анализ лизинга и банковского кредита в таблице 4.

Таблица 4 - Сравнительный анализ лизинга и банковского кредита

№ п/п	Признак сравнения	Виды правоотношений	
		Лизинг	Банковский кредит
Сравнительный анализ			
1	Нормативная база	Статьи 665-670 ч.2 ГК РФ	Статьи 819-821 ч.2 ГК РФ
2	Цель заимствования	Выполнение коммерческих целей	
3	Контроль за выполнением обязательств	По целевому использованию и по своевременности выполнения обязательств	
4	Форма получения и возврат обязательств	Получение в материальной форме, возможен возврат в денежной, в компенсационной или смешанной форме	Получение и возврат в денежной форме
5	Оценка платежеспособности клиента	По ожидаемым результатам от реализации проекта, по результатам работы за предыдущий период	По результатам работы за предыдущий период
6	Бухгалтерский учет задолженности	Как текущие затраты	Как кредиторская задолженность

При сравнении лизинга и коммерческого кредита происходит инвестирование средств в основной капитал на возвратной основе в натуральной форме, то есть в форме передаваемого имущества в пользование. Проведем сравнительный анализ лизинга и коммерческого кредита в таблице 5.

Таблица 5 - Сравнительный анализ лизинга и коммерческого кредита

№ п/п	Признак сравнения	Виды правоотношений	
		Лизинг	Коммерческий кредит
Сравнительный анализ			
1	Нормативная база	Статьи 665-670 ч.2 ГК РФ	Статьи 608-625 ч.2 ГК РФ
2	Порядок инвестирования средств	Вложение средств в основной капитал на возвратной основе в натуральной форме	
3	Разделение прав владения, распоряжения и пользования	Право владения разделяются от прав пользования и распоряжения, потому что право собственности переходит к пользователю после окончания срока договора	Не разделяются и передаются пользователю в момент передачи объекта по накладной
4	Гарантийное обеспечение сделки	Не требует дополнительных гарантий, потому что объект лизинга находится в собственности лизингодателя	Требуются дополнительные гарантии в выполнении обязательств
5	Бухгалтерский учет задолженности	Как текущие затраты	Как кредиторская задолженность
6	Длительность сделки	Долгосрочный характер	Краткосрочный характер

При лизинге и аренде происходит привлечение чужих активов в деятельность организации на платной основе, то есть у собственника есть активы, которыми он не может эффективно пользоваться из-за отсутствия ресурсов или деятельности, связанной с использованием этих активов. Следовательно, собственник готов передать активы в пользование другому лицу на платной основе. Сравнение лизинга и аренды приведены в таблице 6.

Таблица 6- Сравнительный анализ лизинга и аренды

№ п/п	Признак сравнения	Виды правоотношений	
		Лизинг	Аренда
Сравнительный анализ			
1	Нормативная база	Статьи 665-670 ч.2 ГК РФ	Статьи 606-625 ч.2 ГК РФ
2	Сущность правоотношений	Привлечение в деятельность организации несобственных активов на платной основе	
3	Переход права пользования и обязанностей собственника	К лизингополучателю переходит право пользования и обязанности собственника	К арендатору переходит право пользования

4	Переход права собственности	Возможно приобретение лизингополучателем объекта лизинга по завершению сорока договора	Переход права собственности не предусматривается
6	Бухгалтерский учет имущества	Учитывается на балансе лизингодателя (как аренда) и лизингополучателя (в составе долгосрочно арендуемых внеоборотных активов)	Учитываются на балансе арендодателя (в составе собственных внеоборотных активов)

При лизинге и поручении возникает выполнение действий одной стороны по поручению и в пользу другой стороны. Проведем сравнительный анализ лизинга и поручения в таблице 7.

Таблица 7- Сравнительный анализ лизинга и поручения

№ п/п	Признак сравнения	Виды правоотношений	
		Лизинг	Поручение
Сравнительный анализ			
1	Нормативная база	Статьи 665-670 ч.2 ГК РФ	Статьи 971-979 ч.2 ГК РФ
2	Сущность правоотношений	Выполнение действий одной стороны по поручению и в пользу другой	
3	Переход права собственности	Право собственности может и не переходить к лизингополучателю	Право собственности переходит к поручителю

Итак, можно определить экономическую сущность лизинга как сравнительно новый тип правоотношений, который состоит из отдельных четырех составляющих - коммерческий кредит, банковский кредит, аренда, поручение, а также является видом инвестиционной деятельности.

Литература

1. Кабатова Е.В. Лизинг: правовое регулирование, практика - М. : ИНФРА-М, 2015. – 204 с.
2. Горемыкин В. А. Лизинг: Учебник – М.: «Филинь», 2011.-944 с.
3. Горемыкин В. А. Организационное и методическое обеспечение лизингового процесса // Финансовый менеджмент. – 2006. – № 5. – С. 9-18.
4. Адамов Н. А. Лизинг: Учеб. пособие – СПб.: Питер, 2006. - 160 с
5. AmembalSudhir P., Halladay Shawn D., Cannon Joseph N. Leasing Applications for the HP-17b, 330pp. ISBN: 094598801X Publisher: Amembal&HalladayPub. Date: January 2013.
6. Edgerton Jerry, Car Shopping Made Easy: Buying or Leasing, New or Used, ISBN: 0446672440, Publisher: Warner Books, Incorporated, Pub. Date: February 2016.
7. Elliston Bob What Car Dealers Won't Tell You: The Insider's Guide to Buying and Leasing a New or Used Car, ISBN: 0452276888, Publisher: Dutton/Plume, Pub. Date: September 2014.

АНАЛИЗ РИСКОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СМК

Лисова Е.А.

Тольятти, Поволжский государственный университет сервиса

В статье рассматривается анализ рисков при проектировании системы менеджмента качества, представлена документированная процедура управления рисками.

Ключевые слова: система менеджмента качества, анализ рисков, стандарты, принципы менеджмента качества, характеристики риска, документированная процедура.

Analysis of risks at designing QMS. Lisova E. A. Togliatti, Volga region state University of service
The article examines the risk analysis in the design of the quality management system, provides a documented procedure for managing risks.

Key words: quality management system, risk analysis, standards, quality management principles, risk characteristics, documented procedure.

Стандарты ИСО серии 9000 являются общими стандартами, которые могут применяться к любой организации вне зависимости от отрасли, в которой работает организация. Однако во многих отраслях существуют свои требования, которые обязаны выполнять организации, занимающиеся тем или иным видом деятельности. С одной стороны – эти требования обусловлены видом продукции или услуг, с другой стороны законодательными инициативами по обеспечению безопасности продукции для потребителей. Часть этих требований распространяются и на системы менеджмента организаций. В связи с этим во многих отраслях на базе стандартов ИСО серии 9000 были разработаны отраслевые стандарты на системы качества. В этих стандартах в дополнение к требованиям ИСО 9000 добавлены и специфические требования, учитывающие отраслевые особенности. Часть из этих стандартов получили статус международных и поэтому могут применяться любым предприятием, работающим в соответствующей отрасли, вне зависимости от страны нахождения. Часть стандартов является региональными (например, европейские нормы), часть является национальными.

Система менеджмента качества основана на семи принципах менеджмента качества, входящие в семейство стандартов ISO 9000:

1. Ориентация на потребителя;
2. Лидерство;
3. Взаимодействие людей;
4. Процессный подход;
5. Улучшение;
6. Принятие решений, основанных на свидетельствах;
7. Менеджмент взаимоотношений.

Все перечисленные в тексте стандарта ISO 9001:2015 принципы являются неотъемлемой частью СМК и взаимозависимы. Таким образом, отказ от следования одному или нескольким принципам приводит к тому, что подтверждение соответствия ГОСТ Р ИСО 9001 становится пустой формальностью. Исключение составляют лишь предприятия с минимальным числом занятых работников (они могут пренебречь принципом вовлечения персонала).

ГОСТ Р ИСО 9001-2015 не включает в себя советов по применению вышеперечисленных принципов. Практические указания содержатся в текстах стандартов ISO 9004 и 19011 и семейства ISO 10000.

ГОСТ ISO 9000 гласит, что любая деятельность, в которой используются ресурсы для преобразования входов и выходов, может рассматриваться как процесс. Для того чтобы результативно функционировать, организация должна определять и осуществлять менеджмент многочисленных взаимосвязанных и взаимодействующих процессов.

Систематическое определение и менеджмент процессов, применяемых организацией и особенно, взаимодействие этих процессов могут рассматриваться как «процессный подход».

Процессный подход к управлению – основа всех современных систем управления, как регулярной деятельности, так и развитием.

Внедрение процессного подхода является ключевым требованием стандарта ISO 9001, что еще важнее – применение этого подхода рассматривается в мире как одно из ключевых условий успешного функционирования организации, как одна из базовых концепций современного менеджмента.

Еще одним ключевым требованием стандарта является использование анализа рисков как на этапе проектирования, так и на этапе управления СМК.

Стандарт ISO 9001–2015 содержит следующие требования и указания [2]:

- Управление процессами и системой в целом должно быть с ориентацией на «мышление, основанное на оценке рисков» (п. 0.3);
- Организация должна установить риски и возможности, а также спланировать и выполнять в отношении них соответствующие действия (п. 4.4);
- Высшее руководство должно демонстрировать лидерство и обязательства в отношении ориентации на потребителя, гарантируя, что риски и потенциальные возможности, которые могут влиять на соответствие продукции и услуг, а также на способность повышать удовлетворенность потребителя, определяются и по ним предпринимаются действия (п. 5.1.2);
- Определить риски и потенциальные возможности при планировании СМК (п. 6.1);
- Анализ менеджмента должен планироваться и осуществляться с учетом результативности предпринятых действий для обработки рисков и реализации возможностей (п. 9.3).

Согласно стандарту ГОСТ Р ИСО 31000–2010 «Менеджмент риска. Принципы и руководство» [1], который устанавливает принципы и общее руководство по риск – менеджменту, риск – это влияние неопределенности на цели (рис.1).

К характеристикам риска относятся:

- Причина риска – явление или обстоятельство, в результате чего может возникнуть риск.

- Последствие риска – проблемы или возможности, которые могут возникнуть в результате реализации риска.
- Вероятность – мера возможности появления события, выражаемая действительным числом.
- Влияние риска – влияние на достижение целей организации реализовавшегося риска.
- Частота – количество событий, возникших за определенный период времени.



Рисунок 1 – Понятие «риск»

Управление рисками – это процесс разработки и выполнения управленческих решений, призванных максимально снизить возможность наступления негативного результата и свести к минимуму возможные потери, связанные с его реализацией.

Цели управления рисками процессов СМК:

- увеличить вероятность достижения целей процессов СМК в условиях неопределенности;
- предупредить ситуации, негативно влияющие на достижение целей в области качества организации;
- снизить потери, связанные с реализацией рисков и ликвидацией последствий от их возникновения;
- поддерживать упреждающее управление;
- обеспечение и формирование данных для стратегического планирования целей и деятельности организации (в том числе определение направлений совершенствования СМК и политики в области качества), позволяющих привести к улучшению его деятельности.
- достигать постоянное улучшение процессов СМК и системы в целом.

Первоочередной задачей при организации процесса управления рисками в СМК является установление порядка такого управления [3].

Обычно процедура управления рисками в организации представлена следующими основными этапами: определение области, выявление риска в данной области, его анализ и оценка, обработка и мониторинг уровня риска (рис. 2).

На стадии оценки рисков основным является правильный выбор метода оценки. При выборе метода оценки необходимо учитывать, что метод должен [4]:

- соответствовать рассматриваемой ситуации и организации;
- предоставлять результаты в форме, способствующей повышению осведомленности о виде риска и способах его обработки;
- обеспечивать прослеживаемость, воспроизводимость и верификацию процесса и результатов.

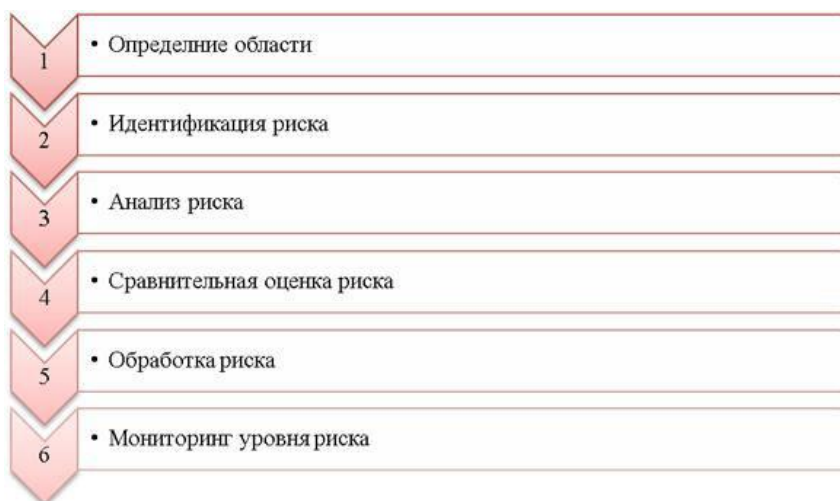


Рисунок 2 – Основные этапы управления рисками

ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010–2011 приводит множество методов идентификации, анализа и оценивания рисков. Приведем некоторые из них:

- Мозговой штурм;
- Анализ опасности и критических контрольных точек (НАССР);
- Анализ видов и последствий отказов (FMEA);
- Анализ дерева событий (ETA);
- Анализ причин и последствий;
- Анализ первопричины (RCA).

Разработка документированной процедуры управления рисками

Анализ рисков стал одним из основополагающих методов в текущей версии стандарта ИСО 9001-2015. Поэтому имеется острая необходимость разработки соответствующей документированной процедуры.

В качестве основы анализа рисков была взята процедура, применяемая для анализа системы управления СМК на одном из дочерних предприятий АвтоВАЗа.

Сессию анализа рисков проводят с целью анализа и разработки мер для предупреждения возникновения и (или) ослабления тяжести возможных последствий возникновения рисков событий и для достижения требований по безопасности и надежности СМК или ее процессов [5]. Сессия анализа рисков осуществляется раз в год либо чаще по мере необходимости силами специально подобранной межфункциональной команды специалистов из производственных, обеспечивающих, обслуживающих и вспомогательных подразделений предприятия.

Описание порядка работы группы по анализу рисков приведено в таблице 1.

Таблица 1– Описание алгоритма работы группы анализа риска

Действия	Ответственный	Исполнитель	Документ
1. Определение состава межфункциональной команды			Приказ
2. Сбор информации для проведения сессии анализа рисков	Руководитель группы	Члены группы	Протокол
3. Составление перечня факторов рисков с причинами и последствиями	Руководитель группы	Члены группы	Протокол
4. Выставление баллов по критерию значимости	Руководитель группы	Члены группы	Протокол
5. Выставление баллов по критерию вероятности возникновения	Руководитель группы	Члены группы	Протокол
6. Определение комплексной оценки риска для каждого фактора риска	Руководитель группы	Члены группы	Протокол
7. Составление ранжированного списка перечня факторов рисков по убыванию КОР	Руководитель группы	Члены группы	Протокол

8. Разработка мероприятий по предотвращению и снижению вероятности рисков событий, а также тяжести от их последствий, в т.ч. разработка плана реагирования на случай непредвиденных обстоятельств	Руководитель группы	Члены группы	Протокол
9. Составление окончательного протокола по результатам работы межфункциональной группы и его подписание	Руководитель группы	Назначенный руководителем член группы	Протокол с подписями

Определение состава межфункциональной команды.

Межфункциональная группа представляет собой временный коллектив из разных специалистов, созданный специально для определения факторов риска, анализа и разработки мероприятий по их предотвращению и снижению вероятности возникновения рисков событий.

Межфункциональная группа создается приказом по предприятию по представлению генерального директора. Он же определяет руководителя межфункциональной группы.

В своей работе межфункциональная группа применяет метод мозгового штурма. Для эффективной работы все члены группы должны иметь практический опыт и высокий профессиональный уровень. Обязательно присутствие в группе руководителей производственных подразделений, служб снабжения и обеспечения, службы качества, отдела кадров и т.д. Присутствие представителей других подразделений определяет руководитель межфункциональной группы.

Сбор информации для проведения сессии анализа рисков.

По возможности, информация для проведения анализа рисков собирается за несколько предыдущих периодов с тем, чтобы проследить тенденции. Собранная информация обрабатывается в виде графиков, таблиц, диаграмм, справок и сопровождается выводами о тенденциях, степени достижения целей, сравниваются плановые и фактические показатели. Количество времени для сбора информации может меняться, и определяется приказом. Период сбора и обработки информации составляет три последних года либо от предыдущей даты сессии анализа рисков.

Вся собранная информация представляется руководителю межфункциональной группы для сбора и предварительной обработки данных. Ознакомление членов группы с данными происходит непосредственно в момент совещания или предварительно путем рассылки материалов. При необходимости производится дополнительная систематизация и обработка информации, а также сбор недостающей информации.

Составление окончательного протокола по результатам работы межфункциональной группы и его подписание.

В конце работы межфункциональной группы должен быть составлен и подписан протокол, в котором отражают основные результаты работы группы, включающие, как минимум:

- состав межфункциональной группы;
- перечень рисков, причин возникновения и последствий производственного процесса;
- экспертные баллы Z_n , V_z и комплексная оценка риска (КОР) для каждого фактора риска; На основании результатов ранжирования факторов рисков разрабатываются экономически обоснованные мероприятия по тем рискам, КОР которых составил более 12 единиц либо значения Z_n или V_z которых равны или более 4.
- предложенные в ходе работы группы, предупреждающие действия по снижению вероятности возникновения и тяжести последствий рисков событий.

К протоколу работы межфункциональной группы анализа рисков прилагают соответствующие отчеты и справки, об неэффективном управлении СМК на предприятии. В отчете отражают причины, приводящие к наибольшей степени риска сбоев в функционировании СМК.

На основе проделанного анализа разрабатываются мероприятия в качестве рекомендаций по улучшению системы управления СМК предприятия.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство [Электронный ресурс]. – Введ. 2011-09-01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200089640>.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования [Электронный ресурс]. – Введ. 2015-11-01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200124394>.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска [Электронный ресурс]. – Введ. 2012-12-01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200090083>.

4. Родионова, М. А. Анализ рисков процесса экспертным методом// VII Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум 2015» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2015/1031/9883>.

5. Экспертный подход к оценке эффективности системы менеджмента качества на предприятиях сферы услуг / Никитина Н.В., Лисова Е.А. // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. 2014. № 1 (33). С. 109-113.

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ОБОРОТА РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ловцов Д. А., Богданова М. В.
Москва, ИТМиВТ им. С. А. Лебедева РАН
dal-1206@mail.ru

Рассматриваются вопросы создания эффективной системы правового регулирования оборота результатов интеллектуальной деятельности промышленных предприятий и разработанное на основе системного подхода соответствующее информационно-математическое обеспечение синтеза рациональной распределённой информационно-аналитической подсистемы поддержки принятия управленческих организационно-правовых решений.

Ключевые слова: результаты интеллектуальной деятельности (РИД), система управления оборотом РИД, система поддержки принятия решений, информационно-математическое обеспечение, концептуально-логическая модель, факторы, формально-логическая структура, экономико-правовые механизмы, рентабельность, данные, фактор-множество, локальная информационная система, тезаурус.

Synthesis of system of decision support for regulating of the turnover of intellectual activity results. Lovtsov D., Bogdanova M., Lebedev Institute of Precise Mechanics and Computer Engineering, Russian Academy of Sciences

The questions of creating of effective system of legal regulation of the turnover of results of intellectual activity of industrial enterprises and developed on the basic of system approach corresponding informatively-mathematical providing of synthesis of the rational distributed information and analytical subsystem of administrative organizational-legal decisions support are considered.

Key words: results of intellectual activity (RIA), system for managing the turnover of RIA, the decision support system, information and mathematics support, conceptual and logical model, factors, formal and logic structure, economic and legal mechanisms, profitability, data, factor-set, limited information system, thesaurus.

В настоящее время в России большое внимание уделяется созданию экономически эффективной крупномасштабной *системы правового регулирования оборота результатов интеллектуальной деятельности* (РИД), одной из основных функциональных подсистем которой является распределённая информационно-аналитическая *система поддержки принятия организационно-правовых решений* (СППР) по регулированию оборота РИД. Данная система должна обеспечить эффективный многоагентный поиск и логическую обработку информации о состоянии «жизненного цикла» всех зарегистрированных РИД, в частности, на пространстве ЕврАзЕС и в мире.

Разработанная на основе системного анализа и учёта основных факторов соответствующей предметной области оборота РИД обобщённая *концептуально-логическая модель* системы управления оборотом РИД предприятий промышленности [5] включает, в частности, следующие основные организационно-функциональные компоненты: создателей (авторов РИД), включая предприятия промышленности, авторские коллективы и отдельных авторов; источники финансирования создания РИД (собственников РИД); научно-технологический рынок; процесс оборота РИД. В качестве основных типов структурных *связей* в модели представляется целесообразным рассматривать следующие:

- *информационные* (цели развития Российской Федерации, целевые эффекты за счёт использования РИД);

- *организационного управления* (совокупность целевых планов управленческих мероприятий по регулированию оборотом РИД в отношении экономико-правовых механизмов оптимизации ресурсного обеспечения, информационно-экономических механизмов использования РИД, экономико-правовых механизмов функционирования предприятий);

- *финансовые инвестиции* (финансирование заказов на НИОКР общегражданского назначения, финансирование заказов оборонного назначения, инвестиции в научную сферу);

- *фискальные (денежные) операции* (авторское вознаграждение, лицензионные платежи при использовании РИД, затраты на обеспечение правовой защиты РИД, затраты на создание РИД, прибыль от использования РИД).

Рассматриваемая концептуально-логическая модель системы управления оборотом РИД предприятий промышленности свидетельствует о том, что для обеспечения экономической эффективности управления оборотом РИД применение экономико-правовых механизмов должно базироваться на *общеотраслевых принципах* (при необходимости модифицированных), дополненных *специфическими* принципами, т.е. учитывающими специфику предметной области [5]. При этом, поскольку на практике финансирование мероприятий, выполняемых для решения тех или иных прикладных проблем, осуществляет субъект, относительно которого эти проблемы решаются, то право собственности на РИД определяется этим субъектом. Это позволяет классифицировать все создаваемые в Российской Федерации РИД на две основные категории:

- созданные с использованием государственных средств (федерального и регионального уровней) и относительно которых Российская Федерация имеет долю прав собственности;

- созданные за счёт частных инвесторов, права распоряжения которыми государству не принадлежат.

Такое деление позволяет разграничить экономико-правовые механизмы (включая инвестиционно-инновационную деятельность; коммерциализацию РИД в процессе трансферта технологий; управление рисками при создании, распространении и внедрении РИД и др.), обеспечивающие эффективное управление оборотом РИД. Если в отношении РИД, созданных с использованием государственных средств, права собственности на которые полностью или частично принадлежат Российской Федерации, государство может использовать весь арсенал экономико-правовых механизмов для эффективного управления ими, то эффективное использование РИД, находящихся в собственности частных лиц (физических и юридических), государство может только стимулировать.

Повышение экономической эффективности системы управления оборотом РИД предприятий промышленности можно обеспечить на основе реализации стратегии $S_{РИД}^*$, содержащей рациональную, с точки зрения учёта интересов всех субъектов этого процесса, взаимосвязанную совокупность управленческих решений – планов управленческих мероприятий:

$$S_{РИД}^* = \langle M_{рес}^*, M_{прд}^*, M_{прим}^*, t \rangle,$$

где: $M_{рес}^*$, $M_{прд}^*$, $M_{прим}^*$ – множество управленческих решений, реализуемых в отношении экономико-правовых механизмов оптимизации ресурсного обеспечения; в отношении экономико-правовых механизмов функционирования предприятий; в отношении информационно-экономических механизмов использования РИД, соответственно; t – интервал времени оборота РИД.

В качестве критерия экономической эффективности стратегии представляется целесообразным использовать максимум *рентабельности оборота РИД*:

$$R_{РИД}^{(t)}(S_{РИД}^*) \Rightarrow \max_{\{S\}},$$

где $\{S\}$ – множество допустимых управленческих решений (наборов планов управленческих мероприятий).

При этом одно из возможных формализованных выражений для рентабельности оборота РИД можно представить как отношение прибыли от реализации i -го РИД в j -м виде продукции в году t к затратам на его реализацию:

$$R_{РИД}^{(t)} = \sum_i \sum_j \sum_t \frac{\Pi_{ijt}}{Z_{ijt}}, \quad i=1, \dots, I; \quad j=1, \dots, J; \quad t=1, \dots, T,$$

где: Π_{ijt} – прибыль от реализации i -го РИД в j -м виде продукции в году t ; Z_{ijt} – затраты на реализацию i -го РИД в j -м виде продукции в году t .

В этом случае оптимизация системы управления оборотом РИД возможна при соблюдении следующих необходимых и достаточных условий:

1. Для хозяйствующих субъектов, финансирующих создание РИД, а также выступающих в качестве их собственников, должно выполняться следующее неравенство:

$$\sum_i \sum_j \sum_t (\Pi_{i,j,t}^{лиц} + \Pi_{i,j,t}^y) > \sum_t (V_{НИОКР,t}^{ГН} + V_t^{ГОЗ} + V_t^{инв}), \quad (1)$$

где: $\Pi_{i,j,t}^{лиц}$ – лицензионные платежи, в том числе в виде роялти и паушальных платежей, полученные за реализацию i -го РИД в j -м виде продукции в году t ; $\Pi_{i,j,t}^y$ – стоимостная оценка целевых эффектов, полученных при реализации i -го РИД в j -м виде продукции в году t ; $V_{НИОКР,t}^{ГН}$ – объёмы финансирования

заказов на НИОКР гражданского назначения в году t ; $V_t^{ГОЗ}$ – объёмы финансирования государственного заказа в соответствующем году t ; $V_t^{инв}$ – объёмы инвестирования научной сферы в году t .

2. Для авторов РИД, являющихся их создателями, должно выполняться следующее неравенство:

$$\sum_i \sum_j \sum_t (D_{i,j,t} + P_{i,j,t} - Z_{i,j,t}^{защ}) > 0, \quad (2)$$

где: $D_{i,j,t}$ – размер авторского вознаграждения, полученного в году t ; P_{ij} – прибыль от реализации i -го

РИД в j -м виде продукции в году t ; $Z_{i,j,t}^{защ}$ – затраты на обеспечение правовой защиты РИД в году t .

Физический смысл рассмотренных выражений сводится к следующему:

1. Ограничение (1) на формирование рациональной стратегии управления оборотом РИД предприятий промышленности с точки зрения хозяйствующих субъектов, финансирующих создание РИД и, как правило, выступающих в качестве их собственников, обусловлено необходимостью возврата средств, затраченных ими на решение соответствующих творческих и обеспечивающих задач. При этом для централизованных источников определяющей должна быть оценка целевых эффектов, полученных при реализации i -го РИД в j -м виде продукции в году t , для децентрализованных – размер соответствующих лицензионных платежей.

2. Необходимость экономической мотивации создателей РИД формализована соотношением (2), физический смысл которого заключается в том, что авторы должны стремиться к увеличению своих доходов, получаемых от созданной ими интеллектуальной продукции.

Определение и текущая коррекция стратегии $S_{РИД}^*$ в условиях возникающих в реальной обстановке ситуаций осуществляются в *подсистеме поддержки принятия организационно-правовых решений* (СППР) по регулированию оборота РИД. Создание эффективной СППР представляется целесообразным с учётом современных международных стандартов, в частности, с учётом Рекомендации № 34 СЕФАКТ ООН по упрощению и стандартизации данных для международной торговли [7], согласно которой товар должен пройти этапы сбора, определения, анализа и согласования данных. Полученный в результате этих этапов «набор данных» о товаре может стать основой для регулирования правоотношений автора РИД и пользователей на базе существующего законодательства.

В самом общем виде модель любого РИД может быть представлена упорядоченным множеством

$$\Delta = \langle T, X, Y, Z, F, L \rangle [2],$$

где T – множество моментов времени, в которые наблюдается РИД; X, Y – множество входных воздействий и выходных проявлений РИД, соответственно; Z – множество состояний «жизненного цикла» РИД; F – оператор переходов, отражающих механизм изменения состояния РИД под действием внутренних и внешних воздействий; L – оператор выходов, описывающий механизм формирования выходных проявлений как реакции РИД на внутренние и внешние воздействия. Операторы F и L реализуют отображения

$$F: T \times X \times Z \rightarrow Z; L: T \times X \times Z \rightarrow Y.$$

С математической точки зрения определение любого из состояний РИД возможно только в том случае, если по выходным проявлениям $y_j (j = \overline{1, n})$ при известных значениях входных воздействий $x_s (s = \overline{1, l})$ удаётся зафиксировать оценки переменных состояния $z_r (r = \overline{1, k})$. Такая задача характерна для ступени *сбора данных* [7] и в теории систем и управления известна как задача наблюдения.

Формально эта задача сводится к решению относительно $y(t)$ уравнения

$$L\{t, x(t), \hat{z}(t), r\} = \hat{y}(t),$$

где $\hat{y}(t)$ – некоторая реализация (точнее, часть реализации) выходного процесса-проявления, доступная регистрации с помощью тех или иных фиксирующих средств.

При полной наблюдаемости РИД всегда возможно определение его состояния по данным фиксации выходных проявлений. Задача отнесения наблюдаемого состояния РИД к одному из заданных видов решается на ступени *определения данных* [7] и относится к классу задач классификации. Решение этой задачи состоит в отыскании отображения классифицирования $\eta: Y \rightarrow E$, где E – множество заданных видов состояния РИД.

Каждому виду состояния РИД соответствует определённое подмножество его текущих состояний, объединённых некоторыми общими свойствами, т.е. таких состояний, о которых можно принять одно и то же решение. Нетрудно установить, что отдельные состояния, входящие в это подмножество, должны находиться в отношении *эквивалентности*. Отношением эквивалентности

называется бинарное отношение $Q = Y \times Y$, обладающее свойствами рефлексивности, симметричности и транзитивности [4].

Отношение эквивалентности задает разбиение множества Y возможных состояний РИД на непересекающиеся классы, т.е. осуществляет факторизацию этого множества. Обозначим получающееся при этом фактор-множество как Y/Q . С учётом данного обозначения операцию можно представить в виде отображения факторизации: $\mathcal{G}: Y \rightarrow Y/Q$, которое по своему смыслу является наложением.

Разумно по существу рассматриваемой задачи потребовать, чтобы множество E видов состояний РИД и фактор-множество Y/Q находились во взаимно однозначном соответствии, т.е. чтобы отображение импликации $\chi: E \rightarrow Y/Q$ было взаимно однозначным.

Согласно известной теореме о гомоморфизме [1] для множеств, взаимная однозначность отображения достигается тогда, когда выполняется условие $\eta\chi = \mathcal{G}$, а это возможно когда любой элемент $e_i \in E$ является «образом», по крайней мере, одного элемента $y \in Y$.

Физически это означает следующее: всякому наблюдаемому состоянию РИД должен быть поставлен в соответствие единственный вид его состояния, зафиксированный по выходным проявлениям РИД.

Способы разбиения множества Y на классы эквивалентности определяются соответствующими моделями РИД, вербальное описание которых содержит множество D авторских документов. Поэтому на практике *сбор и определение данных* о РИД является результатом отображения факторизации \mathcal{G}_{verb} , имеющего вербальный, сопоставительный с документацией характер. При этом фактор-множество Y/Q можно рассматривать как результат, полученный с помощью тезауруса-классификатора $T_\phi = \langle D, \Pi, \varphi \rangle$, содержащего формализованный образ РИД как *информационной системы с тезаурусом* [2 – 4, 6], где Π – множество проверок, реализуемых для определения состояния РИД; $\varphi: \Pi \rightarrow 2^D$ – отображение сопоставления, ставящее в соответствие каждой проверке $\pi \in \Pi$ ответ из множества D .

Данные о РИД можно собрать в виде электронных таблиц баз данных. Как показано в [7] целесообразно от множества документов D перейти к *национальному набору данных* (ННД) о зарегистрированных РИД в упрощённом и стандартизированном формате. После практического построения тезауруса-классификатора T_ϕ возникает возможность непосредственной реализации отображения классифицирования $\eta: Y \rightarrow E$, т.е. выработки решения о принадлежности РИД к одному из видов (классов).

Далее можно приступить к ступени *анализа* состояния РИД, заключающегося в реализации отображения оценивания $\psi: E \rightarrow S$, которое формально определенному виду состояния РИД $e \in E$ ставит в соответствие вполне конкретное решение об его истинном состоянии $s \in S$ с учётом вероятностных характеристик возможных ошибок при контроле, погрешностей выполняемых наблюдений проявлений РИД. Процесс анализа данных заключается в выявлении схожих элементов для обеспечения полного понимания результата классифицирования.

На заключительной ступени *согласования* данных по результатам контроля производится уточнение сформированного фактор-множества Y/Q с помощью отображения идентификации $\xi: S \rightarrow Y/Q$.

Суть *задачи* заключается в консолидации перечня определённых и проанализированных данных в форме ННД с использованием процесса согласования. При согласовании учитываются стандарты, правила обмена данными, требования авторов РИД и др. На практике отображение идентификации реализуется через документы, т.е. ξ_{verb} имеет вербальный, сопоставительный с документацией характер.

Такой подход позволяет использовать различные варианты архитектуры и моделирования данных, а также устранить риск ошибок, которые необходимо будет впоследствии выявить и устранить, особенно, если в ходе моделирования данных ставится задача обеспечить их оптимальное повторное использование в двусторонних и многосторонних проектах или операциях трансграничного обмена данными.

Приведенная формализация полностью согласуется с [7] и может быть положена в основу регулирования правоотношений авторов и пользователей РИД с целью более эффективного использования ресурсов для борьбы с незаконной торговлей. ННД о совокупности существующих РИД облегчат соблюдение трейдерами нормативных правовых требований за счёт сокращения времени,

усилий и денежных затрат, необходимых для сбора, обобщения и представления данных в целях выполнения официальных формальностей.

Кроме того, созданный тезаурус-классификатор $T_\phi = \langle D, P, \phi \rangle$ позволит выявлять случаи избыточности и дублирования данных. Вследствие этого процесс стандартизации приведет к сокращению общих потребностей в данных, а также к обеспечению таких свойств как *стабильность*, *непротиворечивость* и *предсказуемость* данных.

Страны ЕврАзЕС могут принять решение об объединении своих ННД в двусторонние или многосторонние наборы для использования в целях обмена данными в рамках торговых соглашений [7].

Для создания систем, обеспечивающих эффективный поиск и обработку информации о РИД на пространстве ЕврАзЕС, можно математически сформулировать и решить задачу синтеза структуры СППР поддержки принятия правовых решений в следующем виде.

Пусть S_1, \dots, S_n – локальные информационные системы с тезаурусом, где $S_j = (T_j, D_j, P_j, \phi_j), j = \overline{1, n}$. Соединим системы S_1, \dots, S_n в одну систему $S = (T, D, P, \phi)$ – СППР, базирующуюся на глобальном тезаурусе $T = \bigcup_j T_j$ [2, 3, 6]. Очевидно, что локальные информационные системы являются подсистемами СППР.

Ввиду того, что множество D документов СППР является объединением множеств $D = \bigcup_j D_j, j = \overline{1, n}$ документов локальных информационных систем, можно выразить ответ на вопрос к СППР как результат некоторых операций над ответами от локальных систем.

В СППР глобальный ответ на вопрос будет объединением локальных ответов, она выступает в роли центра сбора и обработки информации, т.е. обработки ответов на запросы управляющих органов.

Объем передаваемой информации на запрос из j -й локальной информационной системы равен оператору преобразования информации $G(\phi_j(\bar{\pi}))$ к виду, предназначенному для передачи по каналам связи.

Сформулируем задачу распределения РИД по локальным информационным подсистемам при множестве $P = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_r\}$ допустимых запросов в СППР, на которые ответы формируются последовательно без повторения запросов. Для удобства положим, что каждый запрос описывается одним дескриптором.

Требуется найти

$$\min \sum_j \sum_l c_{jl} x_{jl} + \sum_i \sum_j \sum_l b_{jl} G(\phi_j^l(\bar{\pi}_i)) x_{jl}$$

при ограничениях

$$\sum_j x_{jl} = 1, \forall l \in L; \sum_l x_{jl} \geq (\leq) N_j, \forall j \in \{1, 2, \dots, n\}.$$

где c_{jl} – обобщенная стоимость сбора информации об l -том РИД j -й локальной информационной системой; b_{jl} – обобщенная стоимость передачи единицы информации об l -том РИД в центр из j -й информационной локальной системы; x_{jl} – булева переменная, равна 1, если l -й РИД обслуживается j -й локальной информационной системой, и равна 0 в противном случае.

Первое ограничение требует обслуживания каждого РИД только одной информационной системой. *Второе* условие ограничивает количество РИД, подлежащих обслуживанию локальными подсистемами либо, напротив, требует, чтобы их было не меньше заданного числа.

Таким образом, рассмотрены результаты формализации и решения сложной актуальной задачи разработки информационно-математического обеспечения правового регулирования оборота результатов интеллектуальной деятельности как комплекса взаимосвязанных задач синтеза эффективной крупномасштабной системы правового регулирования оборота РИД и рациональной распределенной функциональной подсистемы поддержки принятия организационно-правовых решений по регулированию оборота РИД.

Литература

1. Винберг Э. Б. Курс алгебры. – М.: Факториал Пресс, 2002. – 544 с.
2. Дмитриев А. К., Мальцев П. А. Основы теории построения и контроля сложных систем. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 192 с.
3. Лескин А. А., Мальцев П. А. Распределенные информационные системы на тезаурусе: препринт № 69. – Л.: ЛИИАН, 1988.
4. Ловцов Д. А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. – М.: Наука, 2005. – 248 с.
5. Ловцов Д. А., Богданова М. В. Экономико-правовое регулирование оборота результатов интеллектуальной деятельности предприятий промышленности России // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2013. – № 1. – С. 53 – 56.

6. Ловцов Д. А., Лобан А. В. Синтез системы информационного обеспечения правового регулирования оборота результатов интеллектуальной деятельности // Труды IV Всеросс. науч.-практ. конф. «Современное непрерывное образование и инновационное развитие» (23 апреля 2014 г.) / ФГАУ «ФИРО». – Серпухов: МОУ «ИИФ», 2014. – С. 742–746.

7. Рекомендация № 34 СЕФАКТ ООН Упрощение и стандартизация данных для международной торговли. – http://www.unecce.org/fileadmin/DAM/cefact/recommendations/rec34/ECE_TRADE_400_Data_Simplificationand_Rec34R.pdf

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Рытов М.Ю., Луценко И.В., Луценко М.А.
Брянский Государственный Технический Университет
+373 (779) 0-11-53, egora@live.ru

Аннотация: Статья посвящена проектированию оптимальной комплексной системы защиты информации на малом предприятии с помощью систем автоматизированного проектирования. Основной проблемой, с которой сталкиваются малые предприятия, отсутствие возможности принятия на работу сотрудника, следящего только за защитой информации на предприятии. Чтобы найти выход с данной ситуации, можно прибегнуть к использованию специализированных САПР для проектирования и анализа защиты информации.

Ключевые слова: Защита информации, САПР, оптимизация, стойкость, информационная система.

The use of specialized CAD system for designing integrated systems of information protection. Bryansk State Technical University. Rytov M. Y., Lutsenko V. I., Lutsenko M. A.

Abstract: the Article is devoted to the design of an optimal integrated information security system in a small enterprise using computer-aided design. The main problem faced by small businesses, the inability to hire an employee who only monitors the protection of information in the enterprise. To find a way out of this situation, you can resort to the use of specialized CAD for the design and analysis of information security.

Keywords: information Security, CAD, optimization, durability, information system

Введение

Малые предприятия приобретают существенную роль в развитии экономики Российской Федерации, так как не требует первоначально крупных инвестиций. Малое предприятие помогает формировать конкурентоспособность с иностранными производителями и глобальными торговыми брендами. Они могут быстро реагировать на изменения потребительского спроса, что дает необходимую гибкость экономике и равновесие на потребительском рынке.

Большой потенциал в малом бизнесе для оптимизации и развития экономики и общества в целом. Малое предприятие использует все виды ресурсов и постоянно стремится к оптимизации их количества, обеспечивающие рациональное использование. Это означает, что малое предприятие не использует лишнее оборудование, нет избыточных запасов материала и сырья, лишних работников. Данное обстоятельство является одним из важнейших факторов достижения рациональных показателей экономики в целом.

Вопрос обеспечения информационной безопасности актуален в первую очередь для организаций со сложной, территориально-распределённой, многоуровневой структурой. К таким организациям можно отнести: банки, государственные или коммерческие компании. Информационная система подобных организаций построена с использованием оборудования различного поколения и от разных производителей, что заметно усложняет управление и сопровождения информационной системы. Информационные структуры малых предприятий могут состоять из множества различных баз, наборов распределённых и локальных систем. Вследствие чего, ресурсы организации становятся, особенно, уязвимы. В процессе обмена данными между пользователями организации и внешним миром, по сети может быть реализована атака, которая будет заключаться в разрушении баз данных и передачи информации третьим лицам.

Постановка проблемы

Защита информации в крупных компаниях решается созданием специализированных отделов. В таких отделах работают специалисты, которые связаны по защите информации. Они обладают знаниями

по законодательной базе, которые связаны по защите информации и защите персональных данных, и знаниями по программно-аппаратной защите.

Задача информационной безопасности актуальна для среднего и малого бизнеса. С каждым днем задача становится важнее, так как бизнес-процессы активно переходят на электронную площадку, оплата товаров и услуг происходит через Интернет, облачные хранилища и вычисления – все это стало неотъемлемой частью для современной фирмы малого масштаба. С этими технологиями и приходят и проблемы, хакеры. Они реализуют различные атаки, утечку конфиденциальных данных, финансовых и т.д.

К основным угрозам корпоративной сети можно отнести, по мнению специалистов, вирусы, шпионское и рекламное программное обеспечение, спам, атаки, типа «отказ в обслуживании». Источником угроз могут стать как внешние пользователи, так и сотрудники. Все эти угрозы чреваты временными и финансовыми потерями для компании.

Малые предприятия не имеют финансовой возможности выделять такие средства на ИБ (информационная безопасность), что увеличивает количество угроз несанкционированного вмешательства в систему информационного обеспечения. Системный администратор, должностью которого в малых предприятиях ограничивается работа в области ИБ, нередко не обладает достаточной квалификацией для того, чтобы противостоять современным угрозам.

Эффективную систему защиты можно построить, если четко осознавать, какие именно факторы и в какой степени угрожают информационной системе. Поэтому, для начала, проводят анализ угроз в области информационной безопасности у субъектов малого бизнеса.

Практической задачей защиты информации заключается разработке модели, с помощью которой на основе научно-практического аппарата, возможно, построить эффективную защиту и оптимизировать выбор средств защиты для проектируемого объекта.

Проектирование САПР защиты информации

Наиболее подходящей моделью при проектировании системы защиты данных является модель системы с полным перекрытием (модель Клементса-Хофмана) (рис.1). Модель позволяет оценить защищенность системы, рассчитать затраты для проектирования системы защиты данных, а также определить оптимальный вариант построения системы безопасности. Для реализации модели используется теория графов, теория нечетких множеств и теория вероятности.

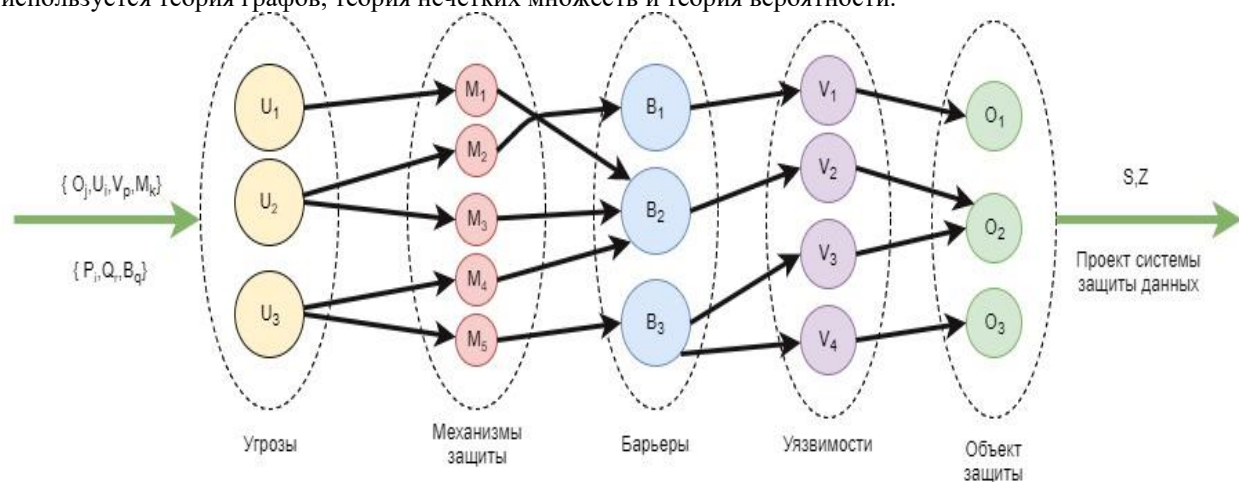


Рисунок 1 – Модель системы полного перекрытия (модель Клементса – Хофмана)

Для построения модели с полным перекрытием необходимо определить три множества:

- множество угроз $U = \{u_i\}, i = \overline{1, m}$;
- множество объектов барьеров $O = \{o_j\}, j = \overline{1, n}$;
- множество механизмов защиты $M = \{m_k\}, k = \overline{1, r}$.

Элементы множества U и O находятся между собой в определенных отношениях «угроза – объект», определяемых двудольным графом $G(X, E)$, где X - множество вершин графа $X = \{x_{i+j}\}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$, а E - множество дуг графа. Дуга $\langle U_i, O_j \rangle$ существует только тогда, когда U_i является средством получения доступа к объекту O_j .

Цель защиты модели состоит в том, чтобы «перекрыть» каждую дугу графа и создать барьер для доступа по этому пути.

Используя множество средств защиты данных M , 2-х дольный граф преобразуется в 3-х дольный.

В защищенной системе данных все рёбра представляются в виде:

$$\langle U_i, M_k \rangle \text{ и } \langle M_k, O_j \rangle$$

Предлагается ввести еще два элемента:

V - набор уязвимых мест в защите данных, с помощью которых можно осуществлять угрозы U_i в отношении объектов O_j .

B - набор барьеров в системе защиты данных, который представляют собой пути осуществления угроз безопасности, перекрытые средствами защиты.

Таким образом, процесс защиты данных представляет собой кортеж:

$$S = \{O, U, M, V, B\}, \quad (1)$$

Разработка алгоритма

Создан универсальные алгоритмы в виде модулей, входящий в состав системы. Структурная-функциональная модель системы автоматизированного проектирования системы защиты информации представлена на рис.2.

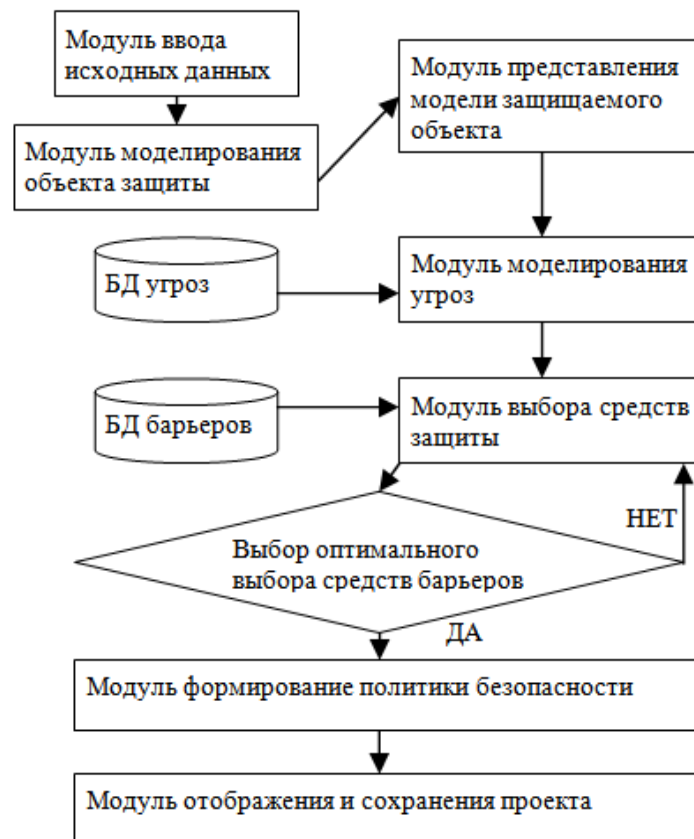


Рисунок 2 - Структурная схема САПР систем защиты информации

Задачей моделирования защиты данных состоит в объективном описании объектов защиты, с помощью которой будет происходить процесс. Защищаемый объект в модели(данные, сервер базы данных и т.д.) должен быть представлен в САПР системы защиты данных в виде некоторой структуры. Свойствами этой структуры являются наиболее важными характеристики объекта, такие как перебор пароля, открытие портов в сервисе, установка антивирусника и т.д.

В моделирование объектов защиты так же входит: источник угрозы, описание основных моментов, где возможно произвести атаку для неавторизованного получения данных, описание с указанием характеристик существующих барьеров на путях проникновения за пределы защиты. На основе полученных данных происходит иерархическое построение модели объекта защиты.

После создания модели защищаемого объекта происходит построение системы его защиты. Согласно принципам системного подхода, каждый элемент в программном комплексе строится в отдельном модуле, что позволяет динамически расширять возможности системы.

Не существует той системы, которая всегда защищает на 100 процентов от всех угроз. Злоумышленники всегда совершенствуют свои атаки или угрозы для получения информации. В разработанной системе защите информации есть возможность самим добавлять новые методы и средства защиты информации, на основе которых можно создать процесс проектирования. Алгоритмы, используемые в модулях оптимизации, документооборота, построения топологии сети, являются универсальными.

Заключение

После постановки проблемы, описания математического аппарата был реализован *web*-сайт, состоящий из:

1. Список угроз в БД.
2. Список источников угроз.
3. Список защищаемых объектов.
4. Список барьеров защиты в БД.
5. Список последствий от реализации угроз.

Открыв список угроз в БД (рис. 3.) отображается окно, в котором представлены названия угроз и список действий, таких как: изменить, удалить и добавить запись. Все эти кнопки говорят сами за себя. Кнопка «Удалить» вызывает функцию, которая удалит тот элемент, напротив которого будет располагаться данная кнопка.

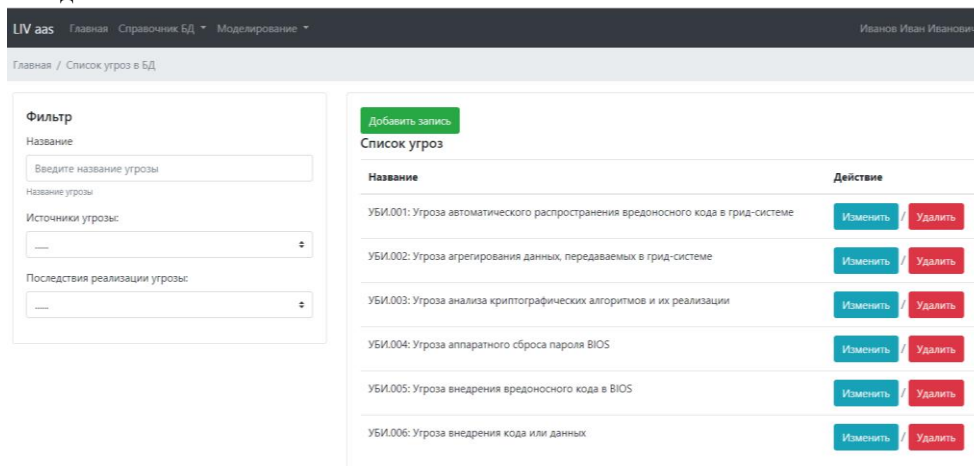


Рисунок 3 - Список угроз в БД

Выбрав пункт «Моделирование», пользователю необходимо выбрать защищаемые объекты, нажать на кнопку «Сохранить» для запуска операции «Моделирование» (рис. 4).

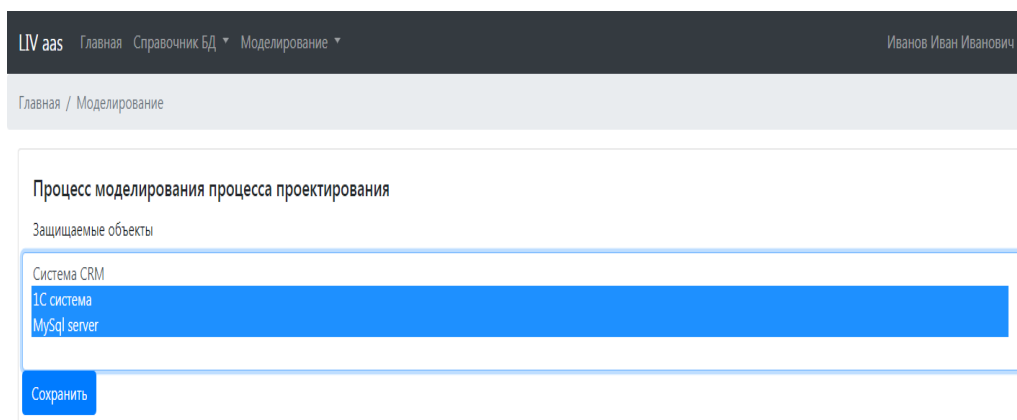


Рисунок 4 - Моделирование

Далее, обработав данные, пользователю предоставляется результат (рис. 5), в котором описаны: наименования защищаемых объектов, наименования угроз, которым подвержены объекты и варианты барьеров, которым можно противопоставить данным угрозам с описанием затрат и стойкости.

Результат моделирования

Защищаемые объекты- 1С система
MySQL server

Угрозы- УБИ.002: Угроза агрегирования данных, передаваемых в грид-системе
УБИ.003: Угроза анализа криптографических алгоритмов и их реализации
УБИ.004: Угроза аппаратного сброса пароля BIOS
УБИ.005: Угроза внедрения вредоносного кода в BIOS
УБИ.006: Угроза внедрения кода или данных
УБИ. 001 Угроза автоматического распространения вредоносного кода в грид-системе

Результат

Вариант	Барьеры	Стойкость	Затраты
1	Fairwall linux Kaspersky Small Office Security Антивирус ESET NOD32 Программно аппаратный комплекс соболь	61	598 USD
2	Антивирусник фирмы DrWeb Kaspersky Small Office Security Антивирус ESET NOD32 Программно аппаратный комплекс соболь	13	1948 USD
3	Антивирусник фирмы DrWeb Fairwall linux Антивирус ESET NOD32 Программно аппаратный комплекс соболь	77	1579 USD

Рисунок 5 - Полученный результат моделирования

Литература

1. Аверченков В.И. Организационная защита информации / В.И. Аверченков, М.Ю. Рытов. – Брянск: Изд-во БГТУ, 2015. – 184 с. – (Серия «Организация и технология защиты информации»).
2. Аверченков В.И. САПР технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов: учеб. пособие для вузов / В.И. Аверченков, И.А. Каштальян, А.П. Пархутик – Минск: Высшая школа, 2013. – 288 с.
3. Аверченков В.И. Автоматизация выбора состава технических средств системы физической защиты / В.И. Аверченков, М.Ю. Рытов, Т.Р. Гайнулин // Вестник БГТУ. – 2008. – № 3.
Алаухов С.Ф. Вопросы создания систем информационной безопасности для крупных промышленных объектов / С.Ф. Алаухов, В.Я. Коцеруба // Системы безопасности. – 2011. – № 41. – С. 93.
4. Баранова Е.К. Моделирование системы защиты информации. Практикум: учеб. пособие / Е.К. Баранова, А.В. Бабаш. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2016. – 224 с.
5. Граничин О. Безопасность информационных систем [Электронный ресурс]: учебник для вузов / О.Граничин, В.Киев – Режим доступа: <https://www.intuit.ru/studies/courses/1242/info> (дата обращения: 12.05.2018).
6. Конеев И.Р. Информационная безопасность предприятия / И.Р. Конеев, А.В. Беляев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013.
7. Моисеенко Е. В. Информационные технологии в экономике [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Е. В. Моисеенко, Е.Г. Лаврушина (под ред. М.А. Касаткиной). – Режим доступа: https://abc.vvsu.ru/books/up_inform_tehno_l_v_ekon/default.asp.

**ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ПРОЦЕДУР ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО
СУДНА НА АВИАЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРАХ**

Мичкасов В.Е.

ФГБОУ ВО Московский государственный технический университет гражданской авиации (МГТУ А)
+7 (915) 458-29-61, k-zhavoronkova@mail.ru

Статья посвящена расчётам оценки адекватности и авиационных процедурных тренажеров Airbus A320 «Maintenance Training Device» и Boeing 737 «Maintenance Training Device» в процессе обучения. Одной из основных проблем в использовании тренажерной техники является проявление ошибок в процессе выполнения учебных технических операций и процедур. Многие вопросы, связанные с определением качества работы процедурных тренажеров слабо исследованы в научной литературе. Особенно слабо исследованы дидактические характеристики тренажеров, определяющие эффективность

тренажерного комплекса как технического средства обучения, а также отсутствует методика сбора и обработка исходных данных для квалифицированной оценки качественной работы систем самолетов в авиационных тренажерах.

Ключевые слова: оценка адекватности, процедурный тренажер, дидактические характеристики, квалифицированная оценка, эффективность.

Evaluation of compliance of aircraft maintenance procedure at aircraft trainers. Michkasov V. E. MSTU of Civil Aviation.

The paper is devoted to the calculation of the adequacy of Airbus A320 aviation training simulators "Maintenance Training Device" and Boeing 737 "Maintenance Training Device". One of the main problems in the use of training equipment is the manifestation of errors in the process of performing technical training operations and procedures. Many questions related to the definition of the operation quality of procedural simulators have been poorly studied in the scientific literature. Particularly poorly studied didactic characteristics of simulators that determine the efficiency of the training complex as a technical training tool, as well as there is no methodology for collecting and processing the initial data for a qualified assessment of the qualitative performance of aircraft systems in aircraft simulators.

Keywords: adequacy, aviation training simulators, didactic characteristics, qualified assessment, efficiency.

Введение

Постоянное совершенствование авиационной техники отрицательно отражается на подготовке авиационного персонала по причине сложности понимания принципов работы систем самолета и сложности выполнения задач за короткое время. В свою очередь, эту проблему смогли решить только авиационные тренажеры, имитирующие динамику полета и работу самолетных систем и двигателей с помощью специальных моделей, реализованных в программном обеспечении вычислительного комплекса тренажера. Введение в авиационных учебных центрах тренажеров привело к колоссальному уменьшению экономических показателей, так как себестоимость отработки процедур летного экипажа или технического персонала на тренажерах в десятки раз меньше, чем себестоимость работ на настоящем воздушном судне.

На сегодняшний день наиболее эффективным средством профессиональной подготовки инженерного и технического персонала являются тренажеры, обеспечивающие виртуальное воспроизведение условий, факторов и обстоятельств, имеющие место в процессе работы авиационных техников и инженеров по техническому обслуживанию реальных действующих на сегодняшний день современных воздушных судов (ВС). Основной задачей применения авиационных процедурных тренажеров в обучении инженеров и техников гражданской авиации является привитие определенных знаний, умений и навыков, а также автоматизированная или автоматическая проверка и оценка их действий.

Использование процедурных тренажеров в высших учебных заведениях (ВУЗ) позволяет студентам на старших курсах изучать системы самолетов, а так же частично проходить авиационно-техническую практику, не выезжая на самолет, что позволит профессорско-преподавательскому составу решить ряд проблем таких, как: техника безопасности при работе на высоте, с электрическими и механическими системами, а также сокращение времени прохождения производственной практики. Следовательно, процедурные тренажеры должны быть эффективными не только с функциональной, но и с методологической, и экономической точек зрения, т.е. они должны обеспечивать достижение показателей по следующим критериям: полнота охвата учебных задач, ориентированных на каждого обучающегося; адекватность учебной программы и содержания курса технической подготовки ИТП; затраты на тренажерное обеспечение подготовки [2]. Перечисленные показатели позволяют оценить эффективность тренажерной техники, сравнить между собой тренажеры и обеспечить квалифицированную оценку соответствия реальному устройству.

Постановка задач

Для количественной оценки процедурных тренажеров введем ряд показателей. На эффективность использования тренажера в учебном процессе влияют требования квалификационных характеристик и факторов, так как они определяют, соответствует ли тренажер конкретным задачам подготовки ИТП.

Обозначим показатель адекватности квалифицированной оценки процедурных тренажеров буквой «F», а состав факторов, которые влияют на оценку адекватности и эффективности [3] использования процедурных тренажеров в процессе подготовки ИТП буквой «K». Таким образом, предложенные оценки тренажеров определяют соответствие данного тренажера требованиям подготовки

ИТП, а именно: способность решать конкретные задачи тренажёрной подготовки и обеспечить требуемый уровень компетентности ИТП.

Рассмотрим оценку адекватности процедурного тренажера для подготовки ИТП. Адекватность можно определить пятью факторами.

1) Полнота решаемых задач, обозначим этот фактор как K1. Под полнотой задач будем понимать отношение количества обеспечиваемых тренажёром задач к полному числу задач целого курса практической подготовки ИТП:

$$K1 = \frac{Kp1}{Kнеобх1}, \quad (1)$$

где Kp1 – количество задач, которые позволяет выполнить тренажер, Kнеобх1- количество задач, которые необходимо выполнить ИТП из полного числа задач (компетентностей) во время прохождения практики учебного процесса.

Если тренажер позволяет решать все задачи, то есть можно обеспечить полноту их решений, то K1=1. Если тренажер не позволяет решить ни одной задачи из квалификационной характеристики специалиста, то K1 = 0. В случае, если тренажер позволяет решать часть поставленных программой задач, то значение данного фактора лежит в диапазоне 0<K1<1.

Для определения объёма практического обучения предлагается использовать табл.1, приведенную европейском авиационном законодательстве в разделе регламентирующим требования к квалификации ИТП, в части касающегося изучения конструкции и систем конкретного ВС. Данный материал был положен в основу создания журнала практического обучения (practical element record) для любого типа ВС.

Таблица 1 –Определение объёма практического обучения ИТП

Chapters	B1/B2	B1					B2				
	LOC	FO T	SGH	R/I	MEL	TS	FOT	SGH	R/I	MEL	TS
5 Time limits/maintenance checks	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6 dimensions/areas	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7 lifting and shoring	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8 levelling and weighing	++	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
9 towing and taxing	++	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
10 Parking/mooring, storing and return to service	++	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
11 Placards and markings	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 servicing	++	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
20 standart practices	++	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
51 standart practices and structures											
53 fuselage	+-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
54 nacelles/pylons	+-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55 stabilisers	+-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56 windows	+-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57 wings	+-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52 doors	+-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-
21 air conditioning	++	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+
21A air supply	++	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
21B pressurization	++	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+
21C safety and warning devices	++	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
22 Autoflight	++	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+
23 Communications	++	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+
24 Electrical power	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25 Equipment and furnishings	++	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
26 fire protection	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
27 flight controls	++	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-

28 fuel systems	++	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
29 Hydraulic power	++	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
30 Ice and rain protection	++	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+
31 Indicating/recording systems	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
32 landing gear	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
33 lights	++	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-
34 Navigation	++	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+
35 oxygen	+ -	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-
36 Pneumatic	+ -	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+
38 Water/waste	+ -	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
49APU	+ -	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
70 Engine performance	+ -	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
71 Power plant	+ -	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
72 Engine turbine	+ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
73 Engine fuel and control	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74 Ignition	++	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
75 Air	+ -	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
76 Engine control	+ -	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
77 Engine indicating	+ -	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+
78 Exhaust	+ -	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
79 oil	+ -	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
80 Starting	+ -	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-

По вертикали табл.1 расположены названия систем, а по горизонтали разновидность практических работ на самолете, где LOC – location – расположение компонентов и агрегатов систем, FOT –functional/operational test – проверка на работоспособность системы, SGH – service and ground handling- наземное обслуживание, R/I – removal/installation – снятие/установка агрегатов, MEL – minimum equipment list – минимальный перечень оборудования, TS – trouble shooting – поиск устранения неисправностей.

Приведенную табл.1 используем для анализа соответствия упражнений при проведении практических работ на авиационных тренажерах A320 MFTD и B737 MTD, что позволит выявить полноту решаемых задач устройства.

Статистические данные при проведении практических работ на тренажерах показали, что из 144 задач, которые необходимо выполнить ИТП из полного числа задач (компетентностей) во время прохождения практики учебного процесса, тренажер позволяет выполнить 126 задач. По формуле (1) рассчитываем первый фактор – полноту решаемых задач:

$$K1 = \frac{126}{144} = 0,875. \quad (2)$$

Следовательно, свыше 80% практических работ можно выполнить на авиационном процедурном тренажере.

2) Второй фактор - это конфигурация тренажёра, обозначим этот фактор как K2. Конфигурация считается совокупностью программного обеспечения и аппаратных средств, которые могут обеспечивать решение определённого перечня задач. Применительно к тренажёрам для подготовки ИТП этот параметр определяет возможность обучения процедурам, методикам и практике ТО ИТП самолётов при решении различных отказов. Таким образом, фактор конфигурации определяет возможность создания тренажёром интегрированной информационной среды для отработки технических действий в реальном времени:

$$K2 = \frac{Kp2}{Kнеобх2}, \quad (3)$$

где Kp2 – количество конфигурационных элементов A320 MFTD и B737 MTD, которые позволяют реализовать тренажёр, а именно пультное оборудование, информационную модель, связь, средства отображения и др.; Kнеобх2 – количество конфигурационных элементов реального объекта. Если K2=0, то конфигурация тренажёра не соответствует требованиям обеспечения квалификационной

характеристики. Если $0 < K_2 < 1$, то конфигурация тренажёра позволяет обеспечить отработку задач для приобретения требуемых умений и навыков в той или иной мере.

$$K_2 = \frac{8}{9} = 0,89, \quad (4)$$

В процессе исследования выявлено, что коэффициент, характеризующий количество конфигурационных элементов A320 MFTD и B737 MTD, K_2 равен 0,89.

3) Степень обеспечения требований квалификационной характеристики является третьим фактором, обозначим его как K_3 . Данный фактор характеризует, насколько в количественном выражении выполнены требования по привитию навыков, умений и знаний в тренажёре. При оценке фактора K_3 - «степень обеспечения требований квалификационной характеристики» [3], следует учесть, что чем выше результат итоговой оценки компетентности по окончании обучения, тем выше эффективность тренажёра. В части касающегося изучения материальной части самолета обучение ИТП может включать в себя только В1 курс (основной упор на изучение механических систем), В2 курс (основной упор на изучение электрических систем, систем автопилота, навигационные системы и т.д.), а также курс В1+В2. В соответствии с табл.1, общее количество задач, которые необходимо выполнить во время практического обучения для курса В1+В2 на самолете, составляет 252. Количество задач, выполняемых на тренажере, составляет 220. В соответствии с формулой (1) получаем:

$$K_3 = \frac{220}{252} = 0,87, \quad (5)$$

Можно сделать вывод, что авиационные процедурные тренажёры полностью обеспечивают уровень формирования компетентности обучаемого.

4) При оценке фактора K_4 - качество оценки деятельности оператора тренажера, необходимо учитывать что:

- тренажёр обязан обеспечить возможность проверки достижения уровня подготовки ИТП;
- тренажёр должен иметь критерии оценивания для обеспечения правильной оценки;
- тренажёр должен обеспечивать возможность обучаемому продемонстрировать способность выполнять задачи ТО самостоятельно;
- тренажёр способен удовлетворять конкретным целям оценки и обучения.

Как известно, процедурные тренажеры A320 MFTD и B737 MTD содержат в себе встроенную программу СВТ (computer base trainer) и AirNav, которая позволяет оценить знания материальной части самолета и умение пользоваться любой технической документацией. Следовательно, фактор качества оценки деятельности оператора $K_4 = 1$.

5) Пятый фактор K_5 – это количественная характеристика, определяющая безошибочную работу самого процедурного тренажера. При $K_5=0$ процедуры ТОиР на тренажёре полностью не соответствуют процедурам на реальном объекте. Если $K_5=1$, то программное обеспечение тренажера позволяет обеспечить отработку задач по ТО. Пятый фактор рассчитаем по формуле:

$$K_5 = \frac{K_{p5}}{K_{необх5}}, \quad (6)$$

где $K_{необх5}$ - количество работ по устранению неисправностей, которые проводятся на тренажере, K_{p5} - количество безошибочных работ.

В A320 MFTD и B737 MTD встроены как минимум по одной процедуре по поиску устранения неисправностей для каждой системы. Следовательно, всего 17 работ по устранению неисправностей проводится на тренажере, среди которых безошибочно проявили себя 11. Здесь значимая роль отводится наблюдению за поведением систем, последовательностью действий и расположению компонентов в соответствии технической документации и опыта эксплуатации на реальном устройстве. Следовательно:

$$K_5 = \frac{11}{17} = 0,65, \quad (7)$$

Следовательно, программное обеспечение авиационного тренажера позволяет частично обеспечить отработку задач по ТО. Пятый фактор показывает о несоответствии поведения систем и последовательность действий, выявленных во время выполнения технических процедур. Для оценки эффективности тренажёра необходимо объединить частные факторы в аддитивный показатель эффективности тренажёрах F [3]. Следует отметить, что приведённые пять факторов показателя адекватности (табл.2) квалифицированной характеристики тренажёра не равновесны. Каждый из них имеет определённое весовое значение, отличающееся от другого.

Таблица 2 - Факторы показателя адекватности

K1	K2	K3	K4	K5
0,875	0,89	0,87	1	0,65

Заключение

В данной работе произведен расчет оценки адекватности авиационных процедурных тренажеров Airbus A320 «Maintenance Training Device» и Boeing 737 «Maintenance Training Device». Проведена

качественная и количественная характеристики тренажеров. Определен состав факторов, которые влияют на оценку адекватности и эффективности использования процедурных тренажеров в процессе подготовки ИТП.

Предложено адекватность определять пятью факторами: полнота решаемых задач, конфигурация тренажера, степень обеспечения требований квалификационной характеристики тренажера, качество оценки деятельности оператора тренажера и количественная характеристика, определяющая безошибочную работу самого процедурного тренажера. В результате все эти факторы объединили в аддитивный показатель эффективности F.

Проведенный анализ и расчет исходных данных в виде показателя адекватности F (0,875; 0,89; 0,87; 1; 0,65) предлагает построение структурно – параметрической модели процесса функционирования авиатренажера. Предлагаемый подход к моделированию идентификации несоответствия будет основан на формализованном описании в матричной форме [2] влияния различных факторов на критерий достижения цели, который выражается многомерной суммой нормированных отклонений параметров состояния тренажера от заданных значений.

Разработка математической модели сможет быть полезной, поскольку она позволяет решить две основные задачи:

- обнаружение причин проявления ошибок и несоответствия процедур ТО ВС на процедурных тренажерах;
- прогнозирование поведения системы при изменении тех или иных параметров.

Рассмотренные задачи и алгоритм их решения положен в основу управления качеством процедурного тренажера, а также разработки и оценки номенклатуры показателей качества.

Литература

1. Кадышев, С. Ю. Обеспечение безопасности полетов в системах визуализации тренажеров с учетом влияния закона Эммерта // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – 2010. // Электронный ресурс URL: <http://pandia.ru/text/78/041/7676.php> (дата обращения 23 сентября 2017 г.)
2. Ивашкин Ю.А. Структурно-параметрическое моделирование и идентификация аномальных ситуаций в сложных технологических системах // Проблемы управления. - 2004. - № 3. - С. 39-43.
3. Тренажерные комплексы и тренажеры: технологии разработки и опыт эксплуатации / В.Е. Шукшунув [и др.]. - М.: Машиностроение, 2005. - 383 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ЧИСЛЕННОГО ВЕРОЯТНОСТНОГО АНАЛИЗА

Попова О.А.
Сибирский федеральный университет
e-mail: OlgaArc@yandex.ru

Аннотация. В статье предлагается новый подход к вычислению функций от случайных аргументов, представляющий собой технику быстрых вычислений, основанную на идее параллельных вычислений и применении численного вероятностного анализа. Для вычисления функции от случайных аргументов используется одно из основных понятий численного вероятностного анализа — вероятностное расширение. Для реализации техники быстрых вычислений применяется метод, основанный на параллельно – рекурсивных вычислениях.

Ключевые слова: численный вероятностный анализ, вероятностные расширения, рекурсивно-параллельные вычисления

Application of parallelize technology for numerical probabilistic analysis problems. Popova O., Siberian Federal University

Abstract. The article proposes a new approach to the calculation of functions from random arguments, which is a technique of fast computations, based on the idea of parallel computations and the application of numerical probability analysis. To calculate a function from random arguments, one of the basic concepts of numerical probability analysis is the probability extension. To implement the technique of fast computations, a method based on parallel recursive computations is applied.

Key words: numerical probabilistic analysis, probabilistic extensions, parallel recursive computations

1. Введение

Для многих практических задач требуется вычисление функций от случайных аргументов,

которые являются важной составляющей многих сложных, многомерных, многопараметрических математических моделей, реализующих информационный подход, связанный с представлением и обработкой данных больших объемов. К таким задачам можно отнести ряд задач цифровой экономики, задачи обработки и анализа данных дистанционного зондирования земли, гидрологических данных и так далее. В подобных задачах часто необходимо численными методами исследовать модели со случайными входными данными, заданными своими плотностями вероятности. В тех случаях, когда их функции плотности вероятности известны, исследование таких моделей можно свести к вычислению функций со случайными аргументами.

Универсальным подходом к решению таких задач является метод Монте-Карло, который давно и успешно используется для решения разнообразных задач в условиях неопределенности. При всех его положительных качествах этот метод обладает рядом недостатков. Один из самых существенных есть низкая скорость сходимости и большой объем вычислений, что представляет дополнительные сложности при работе с данными большого объема. В работе для вычисления функций от случайных аргументов рассматривается численный вероятностный анализ (ЧВА), представляющий собой раздел вычислительной математики, предметом которого является решение задач с различными типами неопределенности в данных с использованием численных операций над плотностями вероятностей случайных величин и их функций. Многомерность и случайный характер функциональных параметров, необходимость обработки данных массивов большой размерности увеличивают время выполнения и вычислительную сложность численных процедур, что существенным образом сказывается, как на возможности получения конечного численного результата при заданных ограничениях по времени, так и надежности вычислительных процедур в отношении точности и достоверности полученных результатов.

В настоящее время решение данной проблемы возможно на основе применения активно развивающегося подхода, который сформировался на стыке таких понятий, как параллельные вычислительные системы и параллельные численные методы.

В статье предлагается подход к вычислению функций от случайных аргументов, представляющий собой технику быстрых вычислений, основанную на идее распараллеливания вычислительного процесса и применении методов численного вероятностного анализа в условиях случайной неопределенности. Для вычисления функции от случайных аргументов используется одно из основных понятий ЧВА вероятностное расширение. Предлагается процесс вычисления вероятностных расширений представить в виде параллельного рекурсивного вычислительного процесса, как технику быстрых вычислений для различных классов функций со случайными аргументами.

2. Численный вероятностный анализ и численные арифметики

Одним из основных элементов численного вероятностного анализа является арифметика над данными, представленными в виде кусочно-полиномиальных моделей, применение которой позволяет снизить уровень неопределенности в данных и получить дополнительную информацию о распределении случайных величин [3,7]. Исходная идея такого подхода основывалась на кусочно-полиномиальных моделях данных и состояла в следующем: наряду с общими представлениями случайных величин своими плотностями в виде аналитических функций, можно рассматривать случайные величины, плотность распределения которых представляет кусочно-полиномиальную функцию. На основе кусочно-полиномиальных моделей были разработаны численные операции над плотностями вероятности.

В рамках ЧВА для представления функции плотности вероятности по эмпирическим данным используются кусочно-полиномиальные модели, такие как кусочно-постоянные функции (гистограммы, полиграммы); кусочно-линейные функции (частотные полигоны); кусочно-полиномиальные функции (сплайны).

Отметим, что выполнение арифметических операций над двумя случайными величинами x , y основана на работе с их совместной функцией плотности вероятности $p(x, y)$.

Известны аналитические формулы для определения функции плотности вероятности результатов арифметических действий над случайными величинами. Например, для нахождения плотности вероятности $P_{x_1+x_2}$ суммы двух случайных величин $x_1 + x_2$ используется соотношение [3]

$$p_{x_1+x_2}(x) = \int_{-\infty}^{\infty} p(x-v, v)dv = \int_{-\infty}^{\infty} p(v, x-v)dv. \quad (1)$$

Плотность вероятности $P_{x_1x_2}$ произведения двух случайных величин x_1x_2 представляется соотношением

$$p_{x_1x_2}(x) = \int_0^{\infty} (1/v)p(x/v, v)dv - \int_{-\infty}^0 (1/v)p(v, x/v)dv. \quad (2)$$

Приведенные формулы носят в большей степени теоретический характер и для практических вычислений могут быть применимы только в условиях жестких ограничений. Поэтому разработка и

применение численных операций над случайными величинами актуальная задача.

В случае, когда случайные величины X, Y являются независимыми и имеют плотности вероятности, представленные кусочно-полиномиальными функциями, s_x, s_y . Совместную плотность вероятности можно представить в виде произведения $p(x, y) = s_x s_y$.

Поскольку кусочно-полиномиальные функции на каждом отрезке сетки представляются полиномом степени n , то $p(x, y)$ в случае вычисления интегралов (1)–(2) будет кусочно-полиномиальной функцией степени $2n$. Наиболее удобными в этом случае будут квадратуры Гаусса или Лобатто, которые точны на полиномах.

В качестве примера, рассмотрим построение эрмитового сплайна третьей степени, аппроксимирующего $p_{x_1+x_2}$. Для этих целей в области носителя $p_{x_1+x_2}$ построим сетку $\omega = \{x_0, x_1, \dots, x_n\}$ и вычислим значения $f_i = p_{x_1+x_2}(x_i)$. Используя значения f_i и краевые условия $s'(x_0), s'(x_n)$ на сетке ω построим кубический сплайн s . В этом случае справедлива оценка

$$\|p_{x_1+x_2}^{(\nu)} - s^{(\nu)}\| \leq Kh^{4-\nu} \|p_{x_1+x_2}^{(4)}\|, \nu = 1, 2, 3.$$

Далее вычислим

$$\text{norm} = \int s(x) dx,$$

если $\text{norm} \neq 1$, то $s(x) := s(x) / \text{norm}$. Более подробно ЧВА - арифметики представлены в работах [3,4,5].

3. Вероятностные расширения

Важным понятием ЧВА является понятие вероятностного расширения. Рассмотрим его свойства и способы вычисления для различных классов функций подробнее.

Пусть имеется система непрерывных случайных величин (x_1, \dots, x_n) с плотностью распределения $p(x_1, \dots, x_n)$. Случайная величина Z связана с (x_1, \dots, x_n) функциональной зависимостью:

$$z = f(x_1, \dots, x_n).$$

Тогда плотность вероятности f случайной величины Z , будем называть *вероятностным расширением функции $f(x_1, \dots, x_n)$* .

Естественное вероятностное расширение. Пусть $f(x_1, \dots, x_n)$ — рациональная функция. Тогда для вычисления функции f заменим арифметические операции на численные, а переменные x_1, x_2, \dots, x_n — их кусочно-полиномиальными аппроксимациями. Полученную функцию f будем называть — *естественным вероятностным расширением*.

Теорема 1.[3,4] Пусть $f(x_1, \dots, x_n)$ — рациональная функция, каждая переменная которой встречается только один раз и x_1, \dots, x_n — независимые случайные величины. Тогда естественное вероятностное расширение аппроксимирует вероятностное расширение с точностью $O(h^\alpha)$.

Теорема 2. [3,4] Пусть для функции $f(x_1, \dots, x_n)$ возможна замена переменных, такая что $f(z_1, \dots, z_k)$ — рациональная функция от переменных z_1, \dots, z_k , удовлетворяющая условиям Теоремы 1 и z_i — функции от множества переменных $x_i, i \in \text{Ind}_i$, причем множества Ind_i попарно не пересекаются. Пусть для каждой z_i можно построить вероятностное расширение. Тогда естественное расширение $f(z_1, \dots, z_k)$ будет аппроксимировать вероятностное расширение $f(x_1, \dots, x_n)$.

Общий случай. Рассмотрим случай, когда для $f(x_1, \dots, x_n)$ необходимо найти вероятностное расширение f , но не удается построить замену переменных согласно **теореме 2**. Пусть выполнено

следующее: если вместо случайной величины x_1 подставить детерминированную t , то для функции $f(t, x_2, \dots, x_n)$ можно построить вероятностное расширение $f_1(t)$.

4. Процедура параллельно - рекурсивного вычисления вероятностного расширения для функции от случайных аргументов

Пусть имеется n непрерывных случайных величин x_1, \dots, x_n с плотностью x_1, \dots, x_n соответственно. Предположим, что случайная величина z связана с x_1, \dots, x_n функциональной зависимостью:

$$z = f(x_1, \dots, x_n).$$

Необходимо вычислить вероятностное расширение f , используя рекурсивно-параллельную процедуру. Заметим, что вероятностное расширение f в некоторой точке ξ можно вычислить следующим образом

$$f(\xi) = \int x_1(t) f_1(\xi, t) dt. \quad (4)$$

Таким образом, задача вычисления вероятностного расширения f в некоторой точке ξ сводится к вычислению интеграла (4). Рассмотрим численное вычисление интеграла (4). Для простоты изложения представим (4) в виде квадратуры

$$\int x_1(t) f_1(\xi, t) dt \approx \sum_{l=1}^m \gamma_l x_1(t_l) f_1(\xi, t_l).$$

Далее

$$z_{n-1}(\xi, t_l) \approx \sum_{i=1}^m \gamma_i x_{n-1}(t_i) z_{n-2}(\xi, t_i, t_l).$$

и т.п. На рис. 1 приведено дерево рекурсивного параллелизма.

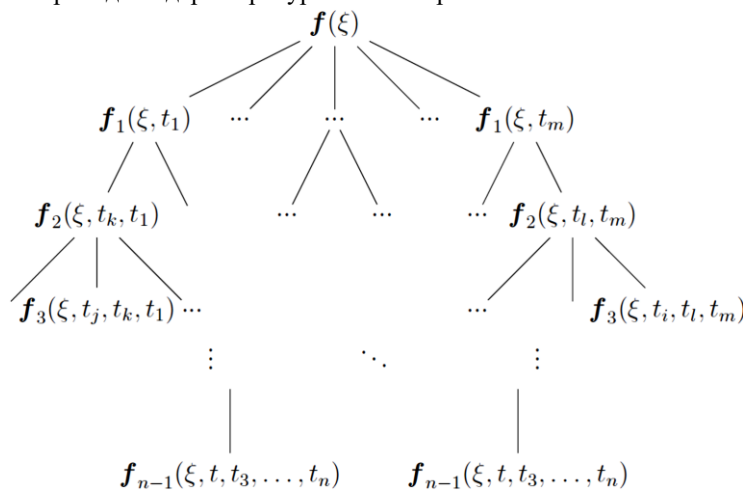


Рис. 1. Дерево рекурсивного параллелизма

Таким образом, на нижнем слое необходимо вычислять вероятностные расширения для функций только одной переменной. Все вычисления на каждом слое независимы и могут быть вычислены одновременно.

Рассмотрим процедуру вычисления вероятностного расширения для одномерного случая. Пусть дана функциональная зависимость $z = f(x)$, где x случайная величина и $\{x_i(z) | i = 1, \dots, n\}$ — корни уравнения $z = f(x)$. Далее x — функция плотности вероятности случайной величины x с носителем $[x, \bar{x}]$. необходимо найти функцию плотности вероятности z случайной величины z . Следуя [3,4], решение можно представить в виде

$$z(\xi) = \sum_{i=1}^n \frac{x(x_i(\xi))}{|f'(x_i(\xi))|},$$

Заключение

Предлагаемый подход позволяет решить задачу вычисления функции от нескольких случайных аргументов используя технологию быстрых вычислений, используя для этого параллельно-рекурсивную организацию вычислительного процесса. Таким образом, важная задача вычисления вероятностных расширений может быть решена в рамках параллельных рекурсивных вычислений, что открывает широкие возможности для моделирования задач со случайными входными данными в таких областях как цифровая экономика, гидрология, дистанционное зондирование Земли и т.п. Быстрая и точность вычислений обеспечивается свойствами численных арифметических процедур над кусочно-полиномиальными моделями, разработанными в рамках ЧВА [2-5]

Литература

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. — СПб.: БХВ-Петербург (2-е изд. 2004), 2002. - 608 с.
2. Добронев Б.С., Попова О.А. Численный вероятностный анализ неопределенных данных. Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий. Красноярск, 2014. 167 с.
3. Numerical Probabilistic Analysis Under Aleatory and Epistemic Uncertainty // Reliable Computing. 2014. Т. 19. № 3. С. 274-289.
4. Dobronets B., Popova O. Numerical Probabilistic Approach for Optimization Problems. Scientific Computing, Computer Arithmetic, and Validated Numerics. Lecture Notes in Computer Science 9553. Springer. 2016. Pp. 43-53.
5. Попова О.А. Применение численного вероятностного анализа в задачах интерполяции // Вычислительные технологии. 2017. Т. 22. № 2. С. 99-114.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАСКИРОВАННЫМИ КАРТОГРАФИЧЕСКИМИ БАЗАМИ ДАННЫХ

Пыстогов С.В.
КНИТУ-КАИ
svpystogov@kai.ru

В статье рассматриваются результаты дополнительных экспериментальных исследований, проведенных на натурной модели системы управления полнообъектными базами данных картографических сцен с ассоциативной защитой. Эксперименты проводились для выявления оптимальной для практического применения архитектуры. Для экспериментов использовалась платформа вычислительного кластера, сгенерированные базы данных и представительский тест селективных запросов.

Ключевые слова: монокластер, мультикластер, база данных картографических сцен, ассоциативная защита, ускорение системы.

Analysis of research of specialized parallel management system for masked cartographic databases.
Pystogov S.V. KNRTU-KAI

The article reviews the results of additional experiments conducted on the full-scale model of the database management system for databases of cartographic scenes with associative protection. The experiments were conducted to identify the best architecture for the practical application. For the experiments, the computing cluster platform, the generated databases and the representative test of selective queries were used.

Key words: monocluster, multicluster, database of cartographic scenes, associative protection, system acceleration.

Введение

В настоящее время во всем мире широко используются средства пространственного анализа данных различными структурами и учреждениями. Использование пространственных данных и геоинформационных систем уже давно вышло за пределы военных и промышленных ведомств. Картографическая продукция (например, места локализации нефтегазовых и урановых месторождений, цветных металлов) отличается высокой себестоимостью работ по ее получению. Коммерческая и другая ценность картографической продукции требует организации ее защищенного хранения. Объемность таких данных, достигающая десятков гигабайт для сцен среднего размера, делает необходимым использование при их анализе высокопроизводительных параллельных систем. Основной тенденцией

последнего времени в сфере обработки данных является использование параллельных систем управления базами данных (далее СУБД).

Разработанная система (исследовательский прототип) [1,2] управления базами данных картографических сцен с ассоциативной защитой предназначена для работы с пространственными данными, хранящимися в замаскированном виде. Система реализована на платформе вычислительных кластеров, использует в качестве базовой СУБД MySQL и оригинальные принципы ассоциативной защиты. Обработка данных подразумевает выполнение пользовательских запросов к базе данных: селективного типа и запросы изменения.

Пространственные данные представлены в виде картографических сцен (КС) – участков карты (с возможным присутствием точечных, линейных или площадных объектов), преобразованных в векторное представление в терминах «объекты-координаты». Подход к защите картографических сцен [3,4] включает в себя: преобразование картографической сцены в набор тематических слоев, каждый из которых содержит множество фрагментов и расположенные внутри этих фрагментов объекты; преобразование физических координат объектов в локальные координаты внутри фрагментов; добавление пустых объектов; перемешивание объектов внутри фрагментов; стилизацию десятичных цифр (символов), описывающих объекты слоя, в виде двоичных матриц-эталонов фиксированных размеров; использование набора масок для маскирования символов и получения стежоконтейнеров. Картографические сцены хранятся в замаскированном виде в табличных отношениях базы данных со специализированной схемой, которая учитывает особенности защиты. Процедуры генерации таких баз данных с учетом трудоемкой процедуры маскирования требуют особого внимания [5,6].

Система (клиент и сервер) имеет архитектуру, представленную на рис. 1.

За основу берется «интеллектуальная» файл-серверная организация взаимодействия: функции хранения, функции предварительной обработки поступающих запросов и сбор результатов выполняет серверная часть. Клиентская часть системы функционирует на рабочих станциях пользователей.

В качестве аппаратной платформы для серверной части используется вычислительный кластер: один управляющий узел и множество вычислительных узлов, соединенных сетью передачи данных. Серверная часть может быть реализована в двух архитектурах:

1. Монокластер – весь кластер на один запрос, в каждый момент времени все вычислительные узлы серверной части обрабатывают только один запрос.

2. Мультикластер – один вычислительный узел кластера на один запрос. Система способна обрабатывать одновременно до N запросов, где N – число вычислительных узлов кластера.

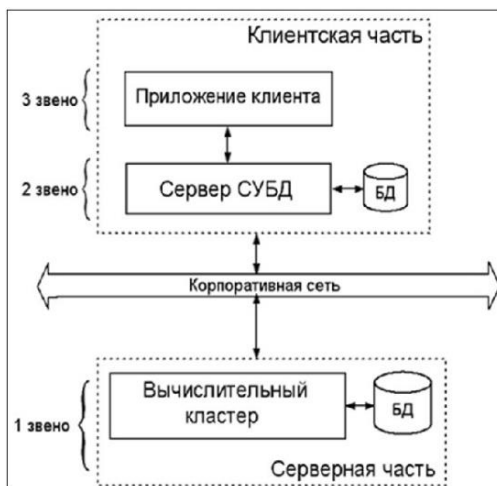


Рисунок 1 – Архитектура системы «клиент-сервер»

Экспериментальные исследования

Разработанный прототип (натурная модель) системы управления базами данных картографических сцен с ассоциативной защитой использовался как платформа для проведения экспериментальных исследований. В [7] описывается методика и результаты экспериментов по определению характера изменения коэффициента ускорения системы с ростом числа вычислительных узлов (важнейшего свойства) для обеих архитектур. Для проведения экспериментов использовались тестовые базы данных картографических сцен пропорциональных размеров. Принципы генерации тестовых БД описываются в [7]. Исследование было ограничено случаем селективных запросов. В качестве набора запросов использовался представительский тест (ПТ) из 20 селективных запросов. Выборка объектов в запросах ПТ – по координатам на сцене. Например, запрос: `select * from`

<kbd_name> where $X > 230000$ and $X < 570000$ and $Y > 1570006$ and $Y < 718000$. Здесь kbd_name – имя соответствующей БД картографических сцен (точечных, линейных или площадных объектов).

Сравнительная оценка производительности обеих архитектур проводилась по двум показателям:

1) суммарное время обработки пакета запросов $T_{общ}$,

2) время задержки $T_{зд}$ для каждого запроса от момента его поступления в систему до момента отправки ответа

Полученные данные использовались для подсчета математического ожидания $M(T_{зд})$ и среднеквадратического отклонения $\sigma(T_{зд})$:

$$M(T_{зд}) = (\sum_{k=1}^n T_{зд}^k) / n \quad (1)$$

$$\sigma(T_{зд}) = \sqrt{M[T_{зд} - M(T_{зд})]^2} \quad (2)$$

k – номер запроса, n – число обработанных запросов;

Было проведено два основных эксперимента на исследовательском прототипе системы в обеих архитектурах: моно- и мультикластер с 1-узловыми компонентами.

Эксперимент 1. Установление характера изменения коэффициента ускорения системы с ростом числа узлов N для архитектуры монокластера на ПТ из 20 запросов. Ускорение системы $S = T_{общN} / T_{общ1}$.

Эксперимент 2. То же для архитектуры мультикластера на тех же ПТ и БД картографических сцен.

На рис.2 показаны экспериментально полученные графики изменения коэффициента ускорения системы (ось ординат) в зависимости от числа узлов в кластере (ось абсцисс) для монокластера. Для мультикластера график получился схожим [7], однако замедление системы при $N > 6$ более явно выражено.

Монокластер превосходит мультикластер по значениям S (N) и по масштабируемости. Некоторое снижение эффективности с ростом числа узлов наблюдалось для обоих вариантов системы. Но при $N < 20$ для обеих архитектур ее значение не падает ниже 0,5. В этом смысле, обе они имеют «право на жизнь». Ту или иную из них целесообразно применять в зависимости от сценариев работы пользователей, преобладающих типов запросов и частоты их поступления. Однако быстрое перестроение системы при резкой смене характера запросов видится сложно реализуемым.

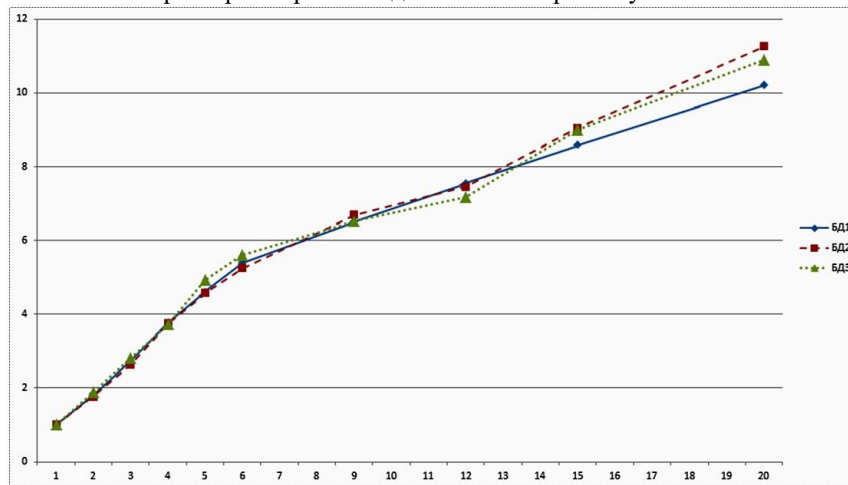


Рисунок 2 – Ускорение системы в архитектуре «монокластер»

В дальнейшем были проведены дополнительные эксперименты, ориентированные на выбор наиболее предпочтительной архитектуры.

Эксперимент 3. Сравнение производительности и характеристик $M(T_{зд})$ и $\sigma(T_{зд})$ обеих архитектур на непрерывном потоке из 1000 запросов. Сравнение проводилось на БД точечных объектов среднего размера – БД2. Для обеих архитектур эксперименты проводились при двух конфигурациях: $N = 4$ и $N = 9$. В табл.1 приведены полученные значения $M(T_{зд})$, $\sigma(T_{зд})$ и $T_{общ}$ для потока из 1000 запросов, случайно сформированного на множестве 78 запросов не обязательно отвечающих оговоренному ранее условию (более реальный сценарий).

Таблица 1 – Временные оценки обработки непрерывного потока из 1000 запросов

	Среднее время задержки $M(T_{зд})$, сек	$\sigma(T_{зд})$, сек	Время обработки пакета $T_{общ}$, сек
Монокластер, 4 узла	122	45,8	10610
Мультикластер, 4 узла	76	29,7	8172

Монокластер, 9 узлов	55	21,5	4875
Мультикластер, 9 узлов	37	14,2	4152

Из таблицы видно, что в обоих случаях наблюдается схожая картина. При числе узлов $N=4$ мультикластер имеет существенный выигрыш по среднему времени задержки запроса $M(T_{зд})$ – примерно на 38%, суммарное время обработки пакета $T_{общ}$ меньше примерно на 23%, а среднеквадратическое отклонение $\sigma(T_{зд}) \sim$ на 35%. При $N=9$ мультикластерная архитектура по-прежнему лучше по значениям этих параметров: $M(T_{зд}) \sim$ на 32%, $T_{общ} \sim$ на 17%, $\sigma(T_{зд}) \sim$ на 33%.

В данном случае мультикластерный подход имеет определенный выигрыш. Этот результат можно объяснить наличием в потоке значительного числа запросов на выборку небольших областей картографической сцены с малым количеством объектов и запросов, частично захватывающих пустые области. Обработка таких запросов не требует больших вычислительных ресурсов и не занимает много времени. Однако рассмотренный сценарий (обработка продолжительного непрерывного потока пользовательских запросов) видится маловероятным при небольшом числе пользователей. Поэтому выигрыш монокластера по эффективности обработки потока запросов не должен играть серьезной роли при сравнении обеих архитектур.

Главный вывод по результатам экспериментов 1-3. Для случая сравнительно небольшого числа пользователей монокластер предпочтителен при частом выполнении запросов изменения, обработке эпизодически поступающих селективных запросов с выборкой крупных областей со множеством объектов. Нельзя забывать и про генерацию новых БД КС и о необходимости периодической смены ключа для существующих БД КС. В данных случаях выбор монокластера однозначен.

Эксперимент 4. Для выявления динамики поведения монокластера с ростом числа узлов на разных этапах его функционирования был выполнен дополнительный эксперимент. Выявлялось общее время выполнения каждого этапа при обработке пакета пользовательских запросов. За суммарный объем работ на каждом этапе принято суммарное число эквивалентных скалярных операций длительностью 1 сек. каждая. Эксперимент проводился для системы из 5, 10, 15 и 20 узлов, база данных – наибольшая из трех.

При обработке запроса выделяются 8 основных этапов:

1. Ожидание запроса в буфере запросов.
2. Считывание запроса из очереди, обработка сокрытых параметров (Этап 2).
3. Тиражирование запроса по вычислительным узлам (Этап 3).
4. Поиск объектов в БД на вычислительных узлах согласно запросу (Этап 4).
5. Формирование промежуточного результата на вычислителях для отправки на управляющий узел (Этап 5).
6. Сбор результатов с вычислительных узлов (Этап 6).
7. Формирование конечного результата (Этап 7).
8. Отправка результатов пользователю (Этап 8).

Этапы 1-3 и 7-8 выполняются на управляющем узле. Этапы 4-5 – на вычислительных. Этап 6 выполняется всеми узлами. При завершении этапов 4 и 5 на вычислителях может возникать период ожидания барьерной синхронизации и начала отправки сообщения на управляющий узел (этап 6). Это время определяется как T_{wait} .

Для этапов 2-3 и 6-8 выполнялось суммирование времени по формуле:

$$T_i = \sum t_{ij}, j = 1 \dots 20 \quad (3)$$

где t_{ij} – время выполнения, i – номер этапа, j – номер запроса из пакета.

Для этапов 4-5 и T_{wait} суммирование выполнялось по каждому этапу и по всем узлам:

$$T_i = \sum t_{ij}^k, j = 1 \dots 20, k = 1 \dots N \quad (4)$$

где t_{ij}^k – время выполнения, i – номер этапа, j – номер запроса из пакета, k – номер исполнительного узла, N – число исполнительных узлов в системе.

Полученные гистограммы, кроме этапа 1, отображены на рис.3.

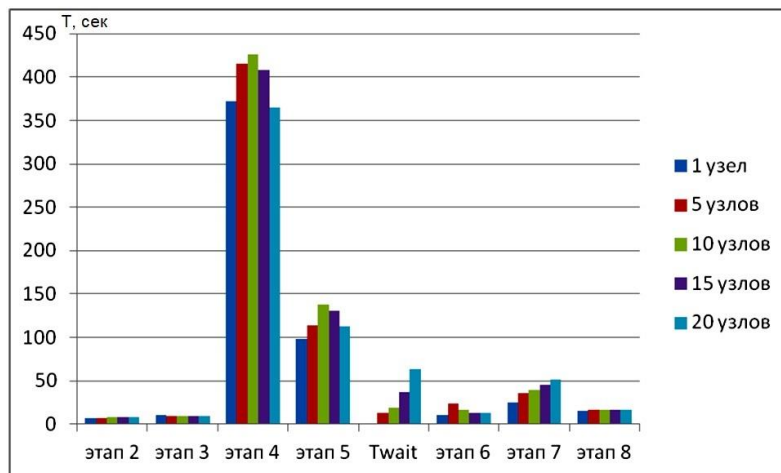


Рисунок 3 – Временные затраты при выполнении запросов в архитектуре «монокластер»

Согласно им время выполнения простых операций на управляющем узле, таких как предобработка/тиражирование запроса и отправка результатов, не зависит от количества вычислительных узлов. Этап 7 – конкатенация полученных данных на управляющем узле, характеризуется плавным увеличением времени выполнения с ростом числа узлов в системе. Гистограмма для времени T_{wait} указывает на заметное влияние барьерной синхронизации на поведение системы при увеличении числа узлов. Можно предположить, что дальнейший рост числа узлов приведет к еще большему увеличению T_{wait} , что отрицательно скажется на масштабируемости системы.

Этапы 4 и 5 оказываются самыми трудоемкими операциями при обработке запросов. Здесь сложно выделить однозначный тренд. Проявившийся рост суммарного времени на 5 и 10 узлах сменился небольшим падением на 15-узловой системе и резким падением – на 20-узловой, вызывая подозрение о колебательном характере графика либо достаточно резко ниспадающем при $N > 10$.

Возможные пути дальнейшего совершенствования системы видятся такими.

1. Из рис.3 видно, что с ростом числа узлов в архитектуре «монокластер» начинает существенно нарастать суммарное время простоя исполнительных узлов T_{wait} . Это время обуславливается наличием в системе барьерной синхронизации между исполнительными узлами, влияние которой должно нарастать с увеличением объемов баз данных. Поэтому имеет смысл обратить внимание на асинхронную обработку запросов.

2. Единый управляющий узел моно- и мультикластера – «узкое» место системы. На управляющий узел в каждый момент времени возлагаются задачи получения запросов от клиентов, сбора результатов, формирования отчетов и отправки их клиентам. Хост является единой точкой приема и передачи информации между системой и пользователями. Это обусловлено, в том числе, соображениями безопасности. Возможным вариантом решения могло бы послужить вынесение некоторых функций на дополнительные узлы [8].

3. В исследовательской версии системы применялся последовательный подход к обработке запросов: новый запрос не начинает обрабатываться, пока не будет завершена обработка текущего. Возможный путь ускорения системы в архитектуре «монокластер» – совмещение процедур, выполняемых параллельно на исполнительных узлах, с некоторыми этапами на управляющем узле. Например, постобработку результатов запроса с порядковым номером 1 на управляющем узле (этапы 7-8) возможно совместить с параллельной обработкой на исполнительных узлах запроса №2 (этапы 4-6) и предобработкой запроса №3 снова на управляющем узле [9]. Такой подход требует большого внимания к проектированию архитектуры системы с применением многоядерных и многопроцессорных систем, но будет иметь несомненный положительный эффект при работе с непрерывным потоком запросов.

Заключение

Проведенные экспериментальные исследования на прототипе системы управления базами данных картографических сцен с ассоциативной защитой показали целесообразность применения монокластерной архитектуры системы (весь кластер на запрос). Монокластер превосходит мультикластер по значениям коэффициента ускорения и по масштабируемости. Монокластерная архитектура предпочтительна при обработке редко поступающих селективных запросов, при частом выполнении запросов изменения, и однозначно должна использоваться при генерации новой или изменении секретного ключа в существующей БД КС.

Литература

1. Пыстогов С.В. Моделирование процессов в файл-сервере СУБД полнообъектных картографических сцен с ассоциативной защитой // Моделирование систем: Труды Респ. научн. семинара «Методы моделирования». – Казань: «ФЭН» (Наука), 2013. Вып.5. С.100-110.
2. Гибадуллин Р.Ф. Развитие единообразного формализма защиты точечных, линейных и площадных объектов картографии // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2010. – №2. – С.102-107.
3. Райхлин В.А., Вершинин И.С., Глебов Е.Е. К решению задачи маскирования стилизованных двоичных изображений // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2001. №1. С. 42–47.
4. Райхлин В.А., Вершинин И.С. К оценке сложности двумерного картографического шифра // Вестник КГТУ им. А.Н.Туполева. 2003. №4. С.50-54.
5. Гибадуллин Р.Ф., Новиков А.А., Хевронин Н.В., Перухин М.Ю. Разработка параллельного модуля генерации защищенной картографической базы данных // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2016. – № 10. – С.102-105.
6. Гибадуллин Р.Ф., Пыстогов С.В. Формирование защищенных картографических баз данных с учетом погрешности локализации объектов в системе Security Map Cluster // Туполевские чтения: Материалы 20-й Междунар. молод. научн. конф. – Казань: КГТУ, 2013. – Т.3, Ч.1. – С. 97-99.
7. Пыстогов С.В. Сравнение двух архитектур серверной части системы управления защищенными базами данных картографических сцен // АКТО-2014: Материалы междунар. научно-практ. конф. – Казань: Изд. КГТУ, 2014. С. 414-418.
8. Гибадуллин Р.Ф., Новиков А.А., Смирнов И.Н., Перухин М.Ю. Разработка модуля мониторинга сетевой активности при обращении к защищенной картографической базе данных // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2016. – № 8. – С.95-99.
9. Гибадуллин Р.Ф., Леонов А.Д., Перухин М.Ю. Разделение пространственных данных для масштабируемой обработки запросов // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2017. – Т.20, №8. – С.83-86.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ОБЛАЧНОЙ ИТ-СТРАТЕГИИ

Разумников С.В.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета
+7 (950) 273-15-57, demolove7@inbox.ru

Статья посвящена исследованию процесса перехода предприятий к облачным технологиям. Рассматривается разработка модели процесса формирования облачной ИТ-стратегии, которая поможет в принятии верного решения при выборе облачных ИТ-сервисов для внедрения и грамотно разработать необходимый план действий (документы ИТ-стратегии) при переходе. Данная модель ИТ-стратегии уникальна тем, что будет учитывать специфику именно облачных вычислений и связанных с ними возможностями и рисками.

Ключевые слова: модель, облачные технологии, ИТ-стратегия, процесс разработки.

Development of the model of the process of the formation of cloudy it-strategy. Razumnikov S.V., Yurga Technological Institute (branch) of the National Research Tomsk Polytechnic University.

The article is devoted to the research of the process of enterprises transition to cloud technologies. We consider the development of a model for the formation of a cloud IT strategy that will help in making the right decision when choosing cloud IT services for implementation and correctly develop the necessary action plan (IT strategy documents) in the transition. This model of IT strategy is unique in that it will take into account the specifics of cloud computing and the opportunities and risks associated with them.

Keywords: model, cloud technologies, IT strategy, development process.

Введение

При внедрении облачных технологий необходимо наличие стратегического плана, который может помочь правильно поставить перед ИТ цели и увидеть их достижение, контролировать и корректировать движение к достижению результата [1]. Наличие ИТ-стратегии очень хорошо зарекомендовало себя в различных организациях. Ее формирование – это очень ответственный и важный этап. Имеется множество публикаций, связанных с разработкой, рассмотрением особенностей ИТ-стратегии [3-6], однако при переходе организации на облачные технологии сведений недостаточно. Подход к разработке стратегии при внедрении облачных ИТ еще относительно новый, хотя эта тема очень актуальна в настоящее время и интерес к ней только увеличивается у управленцев в сфере ИТ. При

«облачной» ИТ-стратегии необходимо соответствующим образом сменить "стиль" мышления, поскольку происходит смена ИТ-подхода в организации.

Проблема, которая стоит перед поставщиками ИТ и их корпоративными клиентами, заключается в постепенном переходе на новую «виртуальную» среду и получении ощутимых преимуществ от этого перехода. В связи с этим ИТ-руководство и бизнес-руководство начинают совместно работать над формулировкой стратегии в области информационных технологий, использовать стратегические планы работы предприятия и его бизнес-подразделения. В соответствии принятым на предприятии критериям, производится отбор наиболее приоритетных проектов для включения их в стратегический план ИТ. По мере продвижения реализации проектов, которые включены в стратегический план ИТ, этот план обновляется дополнительной информацией, которая может появиться в бизнес-планах подразделений и предприятия. Важным моментом является обратная связь, обеспечивающая обновление стратегии ИТ на основе анализа метрик, которые используются для оценки результатов реализации проектов и его прогресса.

Место ИТ-стратегии в стратегии управления предприятием

ИТ-стратегия является одной из функциональных стратегий (3-го уровня). ИТ-стратегия, с одной стороны, направлена на достижение целей, сформулированных в бизнес-стратегии. С другой стороны, ИТ-стратегия определяет направления развития ИТ в организации. Таким образом, ИТ-стратегия строится на основании бизнес-стратегии. В процессе ее формирования и реализации можно выделить те же этапы, что и в общем стратегическом процессе: анализ ситуации в области ИТ, разработка, реализация стратегии и стратегический контроль в области ИТ. Не смотря на то, что ИТ-стратегия является «дочерней» по отношению к бизнес-стратегии, очень важно участие ключевых ИТ-специалистов в формировании самой бизнес-стратегии. В процессе создания бизнес-стратегии, фактически, определяются средства достижения конкурентного преимущества. ИТ сами по себе могут предлагать такие средства. В особенности это актуально для компаний с высоким вкладом ИТ в создаваемую добавленную стоимость. Поэтому ИТ-специалисты, участвуя в создании бизнес-стратегии, генерируют идеи относительно того, как с помощью ИТ можно добиваться преимущества перед конкурентами. Часть этих идей отражается в бизнес-стратегии и, впоследствии, развивается в ИТ-стратегии [3].

Основные этапы и компоненты при разработке ИТ-стратегии

ИТ-стратегия включает в себя две части: стратегия изменения портфеля прикладных систем предприятия и стратегия развития процессов управления ИТ-ресурсами предприятиями [7]. Это говорит о двух различных областях деятельности департаментов ИТ. Это разделение помогает также руководству применять различные критерии оценки вклада от каждого из этих направлений деятельности департаментов. Аспекты, которые связаны со стратегией управления ИТ-ресурсами, тесно связаны с архитектурой операций (предприятия), а план изменения портфеля приложений связан с архитектурой приложений.

При разработке стратегии используются два ключевых инструмента [7]: финансовые инструменты и архитектура ИТ предприятия. Финансовые инструменты могут использоваться для оценки позиций, которые связаны с реализацией стратегии (инструменты планирования и реализации). Архитектура будет обозначать границы решений. Эти два инструмента могут формулироваться на бизнес-языке, соответственно могут обсуждаться руководством бизнеса и ИТ-отдела для формирования стратегии.

Еще одним компонентом стратегии являются люди и сорсинг (использование внешних и внутренних ресурсов). В этой части важно обеспечение ресурсами, которые необходимы для реализации стратегии.

В соответствии с Gartner [8] ИТ-стратегия представляет собой документ, состоящий из 3 различных частей-документов: «ИТ-стратегия», «ИТ-архитектура», «План реализации проектов». Эти документы разрабатываются с учетом анализа расхождения между существующим состоянием ИТ и состоянием, когда ИТ обеспечивают требования бизнеса с перспективой их развития.

Модель формирования облачной ИТ-стратегии

Рассмотрим, что является стратегией внедрения облачных ИТ с точки зрения ее основных элементов, а также с точки зрения организации процесса разработки облачной стратегии. В работе предлагается модель (схема) процесса разработки облачной ИТ-стратегии (рис. 1).

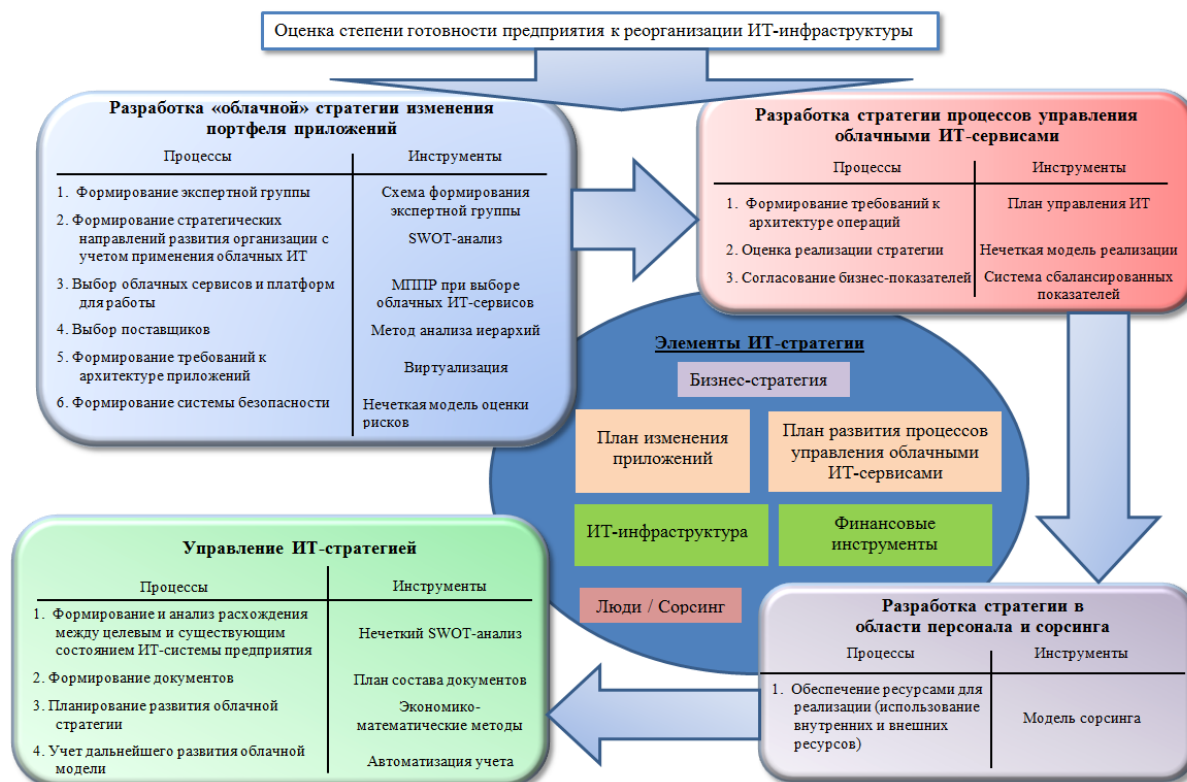


Рисунок 1 – Модель процесса разработки облачной ИТ-стратегии.

Данная модель включает в себя последовательное выполнение четырех этапов: Разработка облачной стратегии изменения портфеля приложений; Разработка стратегии процессов управления облачными ИТ-сервисами; Разработка стратегии в области персонала и сорсинга; Управление ИТ-стратегией. Все эти этапы опираются на главные составляющие элементы ИТ-стратегии: План изменения приложений; План развития процессов управления облачными ИТ-ресурсами; ИТ-инфраструктура; Финансовые инструменты; Люди/сорсинг [7]. На каждом из этапов необходимо выполнить ряд процессов с применением соответствующих инструментов (часть из них были разработаны автором) [9-11]. Перед началом формирования стратегии необходимо провести оценку степени готовности предприятия к реорганизации ИТ-инфраструктуры.

Определение стратегии и целей. У каждого путешествия должен быть пункт назначения, маршрут и время прибытия. Миграция в облако выглядит аналогично. На этом этапе нужно задействовать старших ИТ-специалистов и бизнес-руководителей со всего предприятия, чтобы понять все аспекты облака и выбрать, какие из многих вариантов и подходов следует принять.

В ИТ-отделе предприятий переход начинается с создания команды по облачной стратегии во главе с руководителем (например, техническим директором). Она должна состоять из членов команды архитекторов корпоративных приложений, финансового отдела, старших специалистов по технологиям, отвечающих за различные группы ИТ-приложений (управление персоналом, финансы и т. д.), а также руководителей команд по инфраструктуре, безопасности и сети. На рис. 2 показана структура команды по облачной стратегии.

«Первая и лучшая» команда ИТ-отдела обусловлена тем, что «первым и лучшим» клиентом предприятия является ИТ-отдел компании. Именно он тестирует все продукты компании, прежде чем они станут доступны публично.

В самом начале команда занимается обучением, чтобы все участники прошли необходимую подготовку. Как бы там ни было, облачные технологии имеют отдельную терминологию. Чем раньше участники смогут говорить на одном языке, тем быстрее будет продвигаться процесс. Команда также ознакомились с разными платформами, их возможностями, инструментами и поставщиками облачных приложений.

Начав составлять проект стратегии, важно понимать, что не все службы и приложения могут быть перенесены в публичное облако по тем или иным причинам. Таким образом, в основу стратегии ИТ-отдела ложится понятие *гибридного* облака. Это означает, что отдельные приложения будут оставаться в локальной среде, по крайней мере в течение некоторого времени.



Рисунок 2 – Команда по облачной стратегии в ИТ-отделе предприятия

Конечным результатом работы команды по облачной стратегии будет документ, содержащий цели миграции, предложенные сроки, рекомендованную техническую стратегию (то есть техническую платформу и инструменты), а также ожидаемые результаты и преимущества.

Заключение

Гибкая продуманная облачная стратегия ускоряет реализацию плана по переходу на облачные технологии и, следовательно, достижение бизнес- и ИТ-целей. В заключении следует отметить, что предложенная модель процесса формирования облачной ИТ-стратегии, позволяет учитывать специфику облачных вычислений. Это позволяет правильно оценить возможности и риски, произвести выбор и составить необходимые документы, связанные с внедрением облачных ИТ-сервисов. Кроме того, модель формирования облачной ИТ-стратегии может быть использована любыми предприятиями, планирующими внедрение облачных технологий. На данный момент идет доработка и разработка инструментария (моделей и методик) для процессов формирования облачной ИТ-стратегии с применением теории нечетких множеств и методов оптимизации.

Благодарности

Работа проведена в рамках научного проекта (№ 18-07-00031), выполненного при поддержке РФФИ в 2018 г.

Литература

1. Роджер Камрасс, Сьюэл Бидани Облачная стратегия: что должен знать каждый СIO // itWeek, 2011– [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.itweek.ru/its/article/detail.php?ID=129976>. Дата обращения: 7.07.2018.
2. Разумников С.В. Интегральная модель оценки результативности внедрения облачных ИТ-сервисов // Научные труды Вольного экономического общества России. — 2016. — Т. 201. — с. 492-504.
3. Холодков А. ИТ-стратегия, часть 1: общий стратегический процесс в организации // ИТ-консультант.рф – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kholodkov.ru/it/?p=671>. Дата обращения: 10.09.2015.
4. Холодков А. ИТ-стратегия, часть 2: определение, границы, содержание, процессы разработки и реализации // ИТ-консультант.рф – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kholodkov.ru/it/?p=737>. Дата обращения: 10.09.2015.
5. Холодков А. ИТ-стратегия, часть 3: консалтинг в области стратегического управления ИТ // ИТ-консультант.рф – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kholodkov.ru/it/?p=752>. Дата обращения: 10.09.2015.
6. Herdiansyah, MI; Kunang, SO; Akbar, M. (2014). IT Strategy Alignment in University Using IT Balanced Scorecard Framework. Advanced science letters. Том: 20 Выпуск: 10-12. Стр.: 2038-2041.
7. Исаков М.Н. Информационный менеджмент: учебное пособие / сост. М.Н. Исаков; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 175 с.
8. Михайлов А. Семь подходов к разработке ИТ-стратегий // Директор информационной службы, № 2, 2004 с. 48-52.

9. Razumnikov S.,V. Kurmanbay A.K. Models of evaluating efficiency and risks on integration of cloud - base IT-services of the machine-building enterprise: a system approach // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 124 (2016), Number 1, Tomsk – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/124/1/012089> (дата обращения: 11.05.2016).
10. Razumnikov S., Prankevich D. Integrated model to assess cloud deployment effectiveness when developing an IT-strategy, Volume 127 (2016), Number 1, Tomsk – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/127/1/012018> (дата обращения: 11.05.2016).
11. Razumnikov, S.V., Zakharova, A.A., Kremneva, M.S. A model of decision support on migration of enterprise IT-applications in the cloud environment // Applied Mechanics and Materials. - 2014 - Vol. 682. - p. 600-605.

ПРИМЕРЫ ГАДЖЕТООРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К СОЗДАНИЮ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рогозин К.И., Рогозина И.В., Гарина А.К., Шебалина Е.А.
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул
+7 (923) 7292081, krogozi@mail.ru

В данной статье будут представлены примеры конкретных заданий измерительных материалов, созданных с использованием гаджетоориентированного подхода в одной предметной области – физике. Конструирование эффективных обучающих приложений под все линейки персональных цифровых устройств является не менее сложной задачей, чем их производство и создание программного обеспечения к ним. Поэтому является важным не только предложить концепцию конструирования, но и реализовать ее, внедрить когнитивные инструменты обучения в конкретной учебной практике. Используемые при этом решения являются универсальными и могут быть мультиплицированы на другие области знания.

Ключевые слова: измерительные материалы, персональные цифровые устройства, образовательный процесс, интеллектуальная игра.

In this article, examples of specific tasks of test and measurement materials created using a gadget-oriented approach in one subject area-physics. Designing effective training applications for all the lines of personal digital devices is no less a challenge than producing and creating software to them. Therefore, it is important not only to offer a concept, but also to implement cognitive learning tools in teaching practice. The solutions used in this case are universal and can be multiplied to other areas of knowledge.

Keywords: measuring materials, personal digital devices, educational process, intellectual game.

Введение

Персональные цифровые устройства – PC, планшеты, смартфоны – активно внедрившись в повседневную жизнь, стали неотъемлемой ее частью, изменив ее. Но они никак не изменили сам процесс обучения [1]. Перечисленные технические средства стали лишь дополнительным аксессуаром, а не средством повышения результатов обучения. Это связано с тем, что традиционные, привычные, отработанные педагогические техники и методики просто переносятся на новый носитель информации. Мультимедийные и интерактивные возможности, заложенные в персональных цифровых устройствах, могут, по нашему мнению, поддержать новый тип образовательного процесса [2]. Вопрос лишь в том, что такой процесс нужно создать вначале на уровне теории, затем реализовать на модельном примере, после чего опробовать в реальном учебном процессе, и распространить полученный опыт на широкую педагогическую практику [3,4]. Новый тип образовательного процесса для педагогической практики должен быть естественным и привычным для обучаемого, в котором он должен использовать свой когнитивный потенциал, для понимания и включения его в окружающий мир. Эта должна быть похожая на знакомую с детства предметная интеллектуальная игра, в которой участник получает опыт преодоления кризисных ситуаций через принятие адекватных решений (действий) и закрепление такого позитивного опыта. Персональные цифровые устройства позволяют создавать сходный по сущностным свойствам образ (модель) окружающего мира и «проиграть» свое поведение (место) в нем. Основные идеи, реализуемые в представленных примерах, приведены в статье «Гаджетоориентированный подход к созданию контрольно-измерительных материалов», которая опубликована в настоящем сборнике.

Учебный процесс как интеллектуальная игра

Образовательный процесс должен быть интеллектуальной игрой. Игрой двух видов внешне ничем не отличающихся. В первом случае (тренировка) участник имеет право на ошибку и получение помощи в виде подсказки или справочных материалов, а во втором (контроль) должен полагаться исключительно на себя и свой опыт в принятии решений (действий), приобретенный в ходе тренировки. Различие в предлагаемой организатором интеллектуальной игре от обычной компьютерной состоит лишь в том, что участник получает не только результат в уровне успешности в игре и эмоциональные ощущения участия в «шоу» здесь и сейчас, но и предметные компетенции, которые им осознаются, как необходимые. Важно лишь, чтобы предлагаемая игра была интересной и способной удержать внимание в течение продолжительного промежутка времени. Такая игра должна не должна быть простой, а требующей интеллектуальных усилий, и в которую нельзя выиграть случайным образом, простым выбором любого ответа. Например, обычно, в заданиях нужно сделать выбор, как минимум из трех возможных вариантов из как минимум шести предложенных ответов. При этом число уникальных возможных комбинаций в одном задании может быть найдено как $C_6^3 = \frac{6!}{(6-3)! \cdot 3!} = 20$

Если в одном тесте будет предложено 27 аналогичных заданий, тогда уникальных вариантов ответов $N = 20^{27} = 1,34 \cdot 10^{35}$, что является астрономически большой величиной. Осознание этого понудит обучаемого полагаться только на приобретенный в ходе тренировок опыт и на свою способность (готовность) сделать осознанный выбор. Успешное прохождение такого теста не может восприниматься им не иначе, как очень большая победа.

Визуализируемый игровой рабочий стол должен представлять собой игровое поле, в котором представлены сама задача (в виде одного короткого высказывания), статичные и перемещаемые объекты, а также управляющие кнопки, позволяющие проводить навигацию. Различие рабочих столов между тренировочными («trial») и контрольными («real») измерительными материалами состоит лишь в отсутствии у последних возможностей получения информационного или справочных материалов. Обязательными являются всплывающие окна и звуковые эффекты, сопровождающие правильные или ошибочные действия пользователей.

Реализация

В данной публикации мы ознакомим с реализованными нами примерами, которые манифестируются на планшетах в качестве мобильного приложения. Обучаемый имеет возможность выбора не только типа персонального цифрового устройства (OSWindows, MacOS, Androidили iOS), но и удобного для него программного обеспечения (встроенного или стандартного, загружаемого и устанавливаемого).

Более подробно остановимся на КИМах из предметной области «Физика», раздел «Кинематика». Физика выбрана потому, что, во-первых, её учебный контент может быть представлен всеми возможными способами (словесно, в виде комбинации символов, изображений, графиков и таблиц), что позволяет мультиплицировать успешные решения из этой на другие предметные области. Во-вторых, сама эта область обладает высоким образом абстрактности, что требует больших усилий для её освоения (серьезность цели). В-третьих, эта область имеет жесткую определенность, которая означает, что, при одних и тех же начальных условиях, всегда будет единственно возможный (как говорят физики «честный») результат.

Кинематика – первый раздел физики, в котором изучается движение (как состояние) материального тела через выделенные сущностные параметры, без объяснения причин, почему оно происходит. Таких параметров три: положение, скорость и ускорение тела в выбранной системе отсчета. Простейший случай – движение в одном направлении (прямолинейное), вдоль выбранной оси X , обычно направленной слева направо. В этом направлении происходит увеличение этого параметра. Тело отсчета (наблюдатель) находится в положении $x=0$. Скорость отвечает за быстроту и направленность изменения положения тела в течение заданного промежутка времени t . Ускорение отвечает за быстроту и направленность изменения скорости (скорость изменения скорости) тела в течение этого же промежутка времени. Конечная цель – обучение, готовность пользователя к принятию решения любой из возможных 9 (девяти) ситуаций (полный перебор) для определения изменения каждого из выделенных трех параметров. Перечислим эти девять возможных состояний движения материального тела: 1) покой; 2) равномерно вперед (вдоль направления выбранной оси); 3) равномерно назад (против направления выбранной оси); 4) вперед, ускоряясь вперед (с увеличением скорости в направлении выбранной оси); 5) вперед, ускоряясь вперед (движение вдоль оси с увеличением скорости в этом направлении); 6) назад, ускоряясь вперед (против выбранной оси с увеличением скорости в направлении выбранной оси); 7) назад, ускоряясь назад (движется против оси с увеличением значения скорости в этом направлении). Поэтому минимальное (оно же и максимальное) число заданий – $N = 7 \cdot 3 = 21$.

Подробно остановимся на измерительных материалах (тесте), посвященных графическому представлению движения, как наиболее сложном и наименее понятном для обучаемых. Началом является подготовка к прохождению теста, представленном на рисунке 1 в виде скриншотов изображения на



Рисунок 1. Подготовка к тесту

экране планшета. В ходе подготовки к прохождению измерительных материалов создается эмоциональный настрой на серьезную, но интересную, работу.

Первым изучаем самое простое состояние – состояние покоя в выбранной системе отсчета относительно тела отсчета (наблюдателя), положение которого определено как $x=0$. Поскольку у нас есть три параметра движения, то должно быть предложено три рабочих стола, визуализирующихся отдельно, но последовательно, по мере усложнения графического представления. В начале идет график

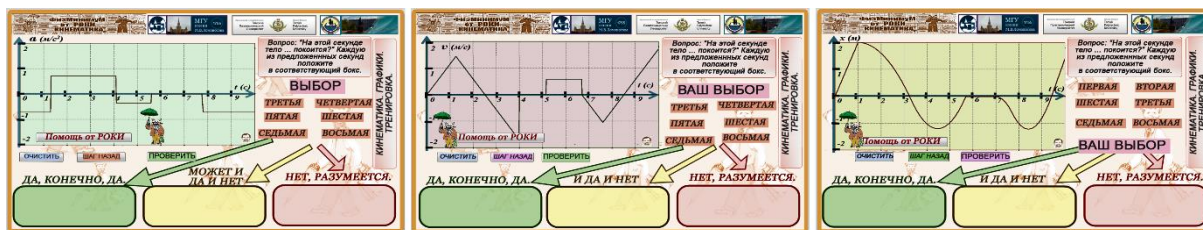


Рисунок 2. Рабочие столы. Состояние «покой»

зависимости ускорения тела от времени, затем скорости и положения тела (Рисунок 2). Независимый параметр (время – t) является абсциссой (горизонтальной осью), а зависимый – ординатой (горизонтальной).

Вид рабочих столов не будет меняться для всех 21 заданий. Он состоит из исследуемого графика (левый верхний угол), формализации поставленной задачи (правый верхний угол), под ней перемещаемые объекты (конкретный отрезок времени) и в самом низу расположены контейнеры, возможности куда могут перемещаться объекты. Под графиком располагаются кнопки навигации – «очистить» (убрать все перемещенные объекты назад), «шаг назад» (последний перемещенный объект возвращается на свое исходное место) и «проверить» (оценка выполненного задания). В случае подготовки («trial») из навигации умышленно исключены переход на начало, конец и на следующее задание. Участнику даются три попытки, и переход на следующее задание осуществляется, если он либо выполнит всё задание верно, либо использует все попытки.

На самом графике есть дополнительные две кнопки – одна в виде текста («помощь от РОКИ»), вторая в виде иконки (изображение РОКИ). При нажатии этих кнопок появляются либо вербальная (словесная), либо (криптографическая) подсказки, с помощью которых, немного подумав, можно принять правильное решение (Рисунки 3 и 4).



Рисунок 3. Рабочий стол с подсказками. Состояние «равномерно вперед»



Рисунок 4. Рабочий стол с подсказками. Состояние «вперед, ускоряясь вперед»

Особого разговора заслуживает способ принятия решений. Он выражается в интерактивном действии по перемещению каждого из предложенных вариантов (интервала времени) в один из возможных контейнеров. При захвате перемещаемого объекта происходит его выделение подсветкой желтого света (Рисунок 5). Сам объект перемещается пальцем по экрану в направлении вниз к трем возможным контейнерам (боксам). При появлении возможности размещения объекта в определенном боксе, он сам увеличивается в размерах, по сравнению с двумя другими. Контейнеры подписаны сверху и реализуют три возможных ситуации (логических действия): «да», «нет», «может быть и да, и нет». Последнее возможно, поскольку мы берем продолжительный промежуток времени (не менее секунды), в течение которого тело может менять состояние своего движения (например, часть времени покоилось, а часть времени как-то двигалось). Кроме того, когда ускорение имеет нулевое значение, существует неопределенность по движению: тело может и покоиться и двигаться равномерно. Эти вещи требуют реализации в заданиях и осмысления участниками образовательного процесса.

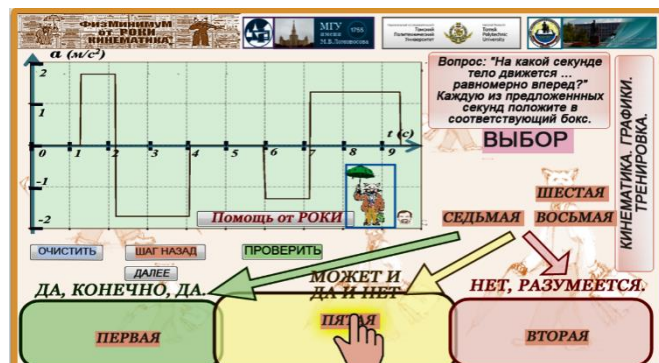


Рисунок 5. Рабочий стол. Перемещение объектов

Мультимедийные возможности персональных цифровых устройств позволяют перемещать любые объекты в любые объекты: текст, график, формулы, рисунки, таблицы и т.д.

Приведенные примеры показывают, что возможности представления и использования мультимедийного контента ограничены не технически или технологически, а исключительно воображением и опытом его создателей. Это дает полную свободу и позволяет реализовать на персональных устройствах практически любой сценарий. Единственное, что необходимо осуществить, – это сделать его интересным, востребованным для пользователя и эффективным в получение предметных компетенций.

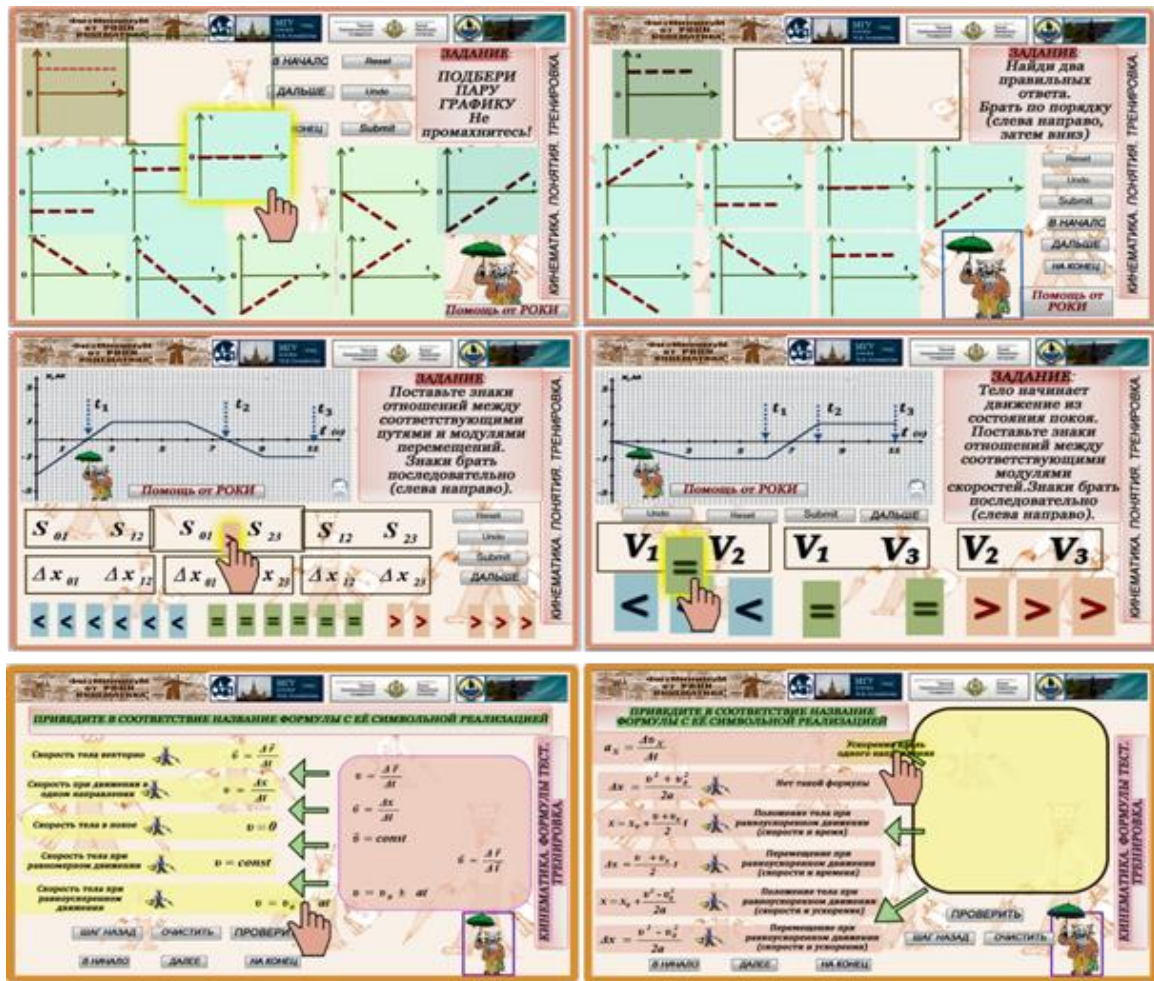


Рисунок 6. Рабочий стол. Варианты перемещения объектов

Полученные результаты

Организация учебного процесса с использованием гаджетоориентированного подхода позволила значительно повысить результаты обучения, выражающиеся в уровне готовности прошедших его к принятым решениям как учебных, так и реальных задач. Данный вывод можно сделать на основании результатов апробации созданных авторами инструментов обучения с группами студентов и школьников. Предложенный процесс для всех участников оказался нов и непривычен, однако он не вызвал отторжения, а наоборот, заинтересовал («завёл») обучаемых. Предлагаемые задания были простыми по форме, требующие, казалось бы, известных простых ответов. Но, как оказалось, простые ответы требуют глубины понимания и осознания анализируемого процесса или явления. Поэтому не один из тестируемых не смог в описанном нам подробно тесте набрать при первом проходе пробного теста более чем 50 баллов из 100, при затрате времени больше часа. Однако, при втором и третьем проходе (следующие никогда не использовались) успешность выполнения резко повышалась. Это позволило 86 процентам участников в контрольном тесте получить максимальный результат – 100 баллов из 100 при прохождении контрольного теста («real») за время чуть более 10 минут.

Заключение

В настоящий момент происходит интенсивный поиск эффективных способов использования персональных цифровых устройств в учебном процессе. Авторами данной статьи была предпринята такая попытка. Результаты её говорят, что такая организация процесса обучения имеет право на существование и может быть использована в широкой педагогической практике.

Литература

1. Rogozin Konstantin, Kuznetsov Sergey, Kondrashova Diana, Lisina Irina. Cognitive test as a tool for physics learning/ Proceeding the World Conference of Physics Education 2012 // 1st Edition: Ancara, 2014, Turkey/ P. 236-243

2. Konstantin Rogozin, František Lustig, Pavel Brom, Sergey Kuznetsov, Denis Yanyshhev, Irina Rogozina and Ulyana Pshenova/ Remote and Virtual Laboratories as Part of Online Courses International Conference GIREP-MPTL 2014, pp. 280-281 . <http://www.unipa.it/girep2014/>

3. Рогозин К.И., Кузнецов С.И., Маерков А.О., Пшенова У.И. Инструменты и средства веб-поддержки традиционных курсов обучения физике Высшее образование сегодня. 2014, №9, С. 29 – 32

4. Рогозин К.И. Ситников А.А. Винокуров С.В. Сорокина Е.Н. Шахворостова В.Н., Кузнецов С.И., Янышев Д.Н. Маерков А.О. Технология персонализированного активного обучения как одна из реализаций современных ИКТ. Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: Материалы международной научно-практической конференции «ИНФО -2015». – М. НИУ ВПЭ, 2015, с. 85-87

ГАДЖЕТООРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рогозин К.И., Рогозина И.В., Пацева Ю.В.

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул

+7 (923) 7292081, krogozi@mail.ru

Статья посвящена одному из подходов к решению задачи улучшения результатов обучения с использованием персональных цифровых устройств. В ней обосновывается необходимость изменения характера учебной деятельности, заключающейся в специальном, гаджетоориентированном конструировании учебно-измерительных материалов (КИМ) и способе их манифестации, базирующихся на новом алгоритме учебного процесса, максимально использующего как технические и технологические возможности гаджетов, так и когнитивный потенциал обучающихся.

Ключевые слова: контрольно-измерительные материалы, персональные цифровые устройства, учебный контент, учебный процесс, новый учебный опыт.

The paper dwells on one of the approaches to improving the results of teaching by using personal digital devices. The paper emphasizes the necessity for changing the teaching process by introducing special gadget oriented tests and teaching materials and ways of their manifestation. The changes can be insured by a new algorithm of the teaching process involving the technical and technological characteristics of gadgets and students' cognitive potential.

Keywords: testing and measuring materials, personal digital devices, teaching content, teaching process, new learning experience.

Введение

К настоящему времени у многих теоретиков и практиков в области образования сложилось мнение о том, что внедрение в учебную практику персональных цифровых устройств не привело к значительному улучшению результатов обучения [1]. Наблюдаемый умеренно позитивный эффект по сравнению с традиционными методами обучения, как правило, объясняют увеличением учебного времени, визуализацией учебного материала и его доступностью благодаря цифровому формату. По нашему мнению, отсутствие выраженного положительного эффекта применения информационных и коммуникационных технологий в учебной деятельности связано с тем, что используя современные цифровые устройства, организаторы учебного процесса мультиплицируют традиционные педагогические техники и методики. Это делается без учета специфики и потенциальных возможностей по доставке учебного контента, его представления, работе с ним на гаджетах, а также психологических и когнитивных особенностей обучаемых.

Постановка проблемы

Использование современных персональных цифровых устройств без учета когнитивных особенностей обучаемых не может привести к улучшению результатов обучения. Гаджеты лишь создают условия для реализации потенциала обучаемых и внедрения новых учебных практик. Сам же процесс обучения может стать инновационным и приобрести принципиально новые черты при условии получения обучаемыми объективно нового опыта, приводящего к новым образовательным результатам [2].

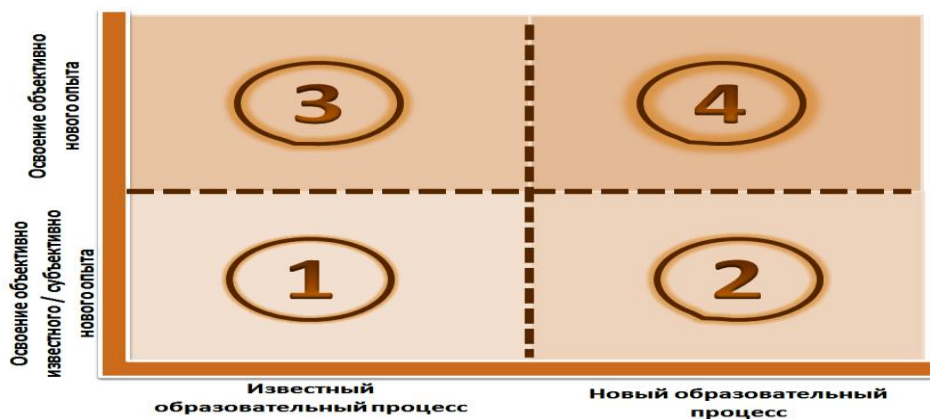


Рисунок 1 - Варианты инновационности образовательного процесса

Следует подчеркнуть, что инновационный процесс обучения предполагает изменения (инновации) как в его содержании, так и в способах представления этого содержания. В таком образовательном процессе обучаемый наряду с приобретением предметных компетенций способен достигать новых образовательных результатов (тип 4, рис. 1), связанных с развитием собственной активности в получении новых образцов деятельности [2]. Для этого необходима такая организация процесса, которая превращает пассивного ученика в активного участника, поставленного перед необходимостью принятия осознанных решений в соответствии с текущим пониманием возникающей учебной ситуации, требующей интерактивного ответа (действия). Одним из способов реализации данного подхода является создание учебного контента с использованием игрового компонента. В этом случае рабочий стол представляет собой игровое поле, на котором представлена задача, сформулированная в виде короткого задания. Кроме того, на поле имеются статичные и перемещаемые объекты, а также управляющие кнопки, позволяющие осуществлять навигацию. Учебный контент реализуется в двух видах: тренировочно-измерительном и контрольно-измерительном. Первый выполняет функцию подготовки обучаемых к работе с контрольно-измерительными материалами. Если при работе с тренировочно-измерительным контентом обучаемым предоставляется возможность использования различных информационных или справочных материалов, то контрольно-измерительный контент этого не предполагает.

Таким образом, специализированные, гаджетоориентированные интерактивные измерительные материалы становятся не столько способом контроля, сколько инструментом приобретения опыта принятия решений в широком круге возможных учебных и реальных ситуаций. Обязательным при этом является предложение наставника-организатора обучаемому-участнику полного набора таких ситуаций. Последнее связано с основным принципом когнитивной психологии утверждающим, что навык (опыт принятия решений) формируется только в процессе той деятельности, на которую он направлен [3]. Это означает, что готовность к принятию решений связана с «узнаванием» образа «известной» ранее ситуации, на которую у обучаемого уже есть адекватное решение, поскольку новый опыт сформирован после многократного «проигрывания» типовых ситуаций.

Для этого манифестация учебного контента (учебных, справочных и контрольно-измерительных материалов) адаптируется под обычно используемое обучаемым-участником персональное цифровое устройство (OS Windows, MacOS, Android или iOS), что позволяет субъекту обучения применять уже имеющий опыт владения привычным цифровым персональным устройством для формирования нового опыта «поверх» уже имеющегося. Опыт при такой организации обучения «выступает и как источник, и как объект приложения не только новых знаний/умений, но и новых смыслов» [2]. Обучаемые осуществляют естественный цикл освоения и встраивания в окружающий их мир, включающий «проживание» собственного опыта, его наблюдение с возможностью принятия самостоятельных решений по его ходу, осмысление, а также приобретение готовности к действию в широком круге аналогичных по сущностным свойствам ситуаций.

Значимые аспекты работы обучаемых с гаджетоориентированным контентом

1. Психологический аспект. Оперативность в принятии решений обучаемым определяется наличием у него сформированной системы образов, некоторой картины мира, исходя из которой, необходимо совершить адекватное возникшей ситуации действие. Отправной точкой для этого является вербальная формализация задачи обучаемым в виде краткого и вместе с тем терминологически завершенного высказывания. После чего возникает необходимость опоры на образ ситуации. Такой образ может быть создан с помощью мультимедийных средств используемого персонального цифрового

устройства в психологически легком и однозначно воспринимаемом виде. Этап формирования опыта предполагает неоднократное повторение, «проигрывание» ситуации в разных её реализациях. Следует различать при этом процесс подготовки (проба, «trial») к принятию решения (знакомство и освоение) и итоговый контроль («real»). В первом случае обучаемому должны быть доступны учебные и справочные материалы, как в виде самостоятельных мультимедийных приложений (тексты, презентации или видео), так и встроенные в контрольно-измерительные материалы, с помощью интерфейсно вызываемой исчерпывающей лаконичной (в один слайд) «подсказки» вербальной и/или криптографической (рисунок, диаграмма, график, таблица). Важным является формирование у обучаемого позитивного опыта, предусматривающего стратификацию сходных ситуаций по уровню сложности (по нашему мнению, целесообразно иметь три уровня). Обучаемый самостоятельно выбирает уровень для себя в зависимости от позиционируемой им степени успешности освоения («удовлетворительно», «хорошо», «отлично»), с правом возврата и неограниченного проигрывания ситуации, в которой было принято неверное решение. Заключительным является прохождение аналогичных освоенным контрольно-измерительным материалам (также три уровня) с одной заключительной попыткой («real»), без возможности возврата и использования любых учебных или справочных материалов. Такая тактика реализации учебного процесса является реализацией законченного цикла обучения (рис. 2.), имеющего четыре стадии (этапа) [4].



Рисунок 2 - Четыре этапа обучения.

На первой стадии до принятия решения (неосознанная некомпетентность) обучаемый не осознает того, что он не знает (старт). На второй стадии через необходимость принятия решений у него возникает понимание того, что конкретно он не знает и не умеет (осознанная некомпетентность). На следующей стадии происходит осознанное усвоение знаний и приобретение навыков (опыта) принятия решений в предлагаемых учебных ситуациях через многократное активное повторение учебных действий на основе исчерпывающего набора разнообразных представлений изучаемого процесса или явления средствами мультимедиа (осознанная компетентность). На последней стадии у обучаемого формируется способность оперативно действовать сообразно реальным ситуациям, сходным с учебными (неосознанная компетентность).

2. Технологический аспект. Для повышения итоговых результатов обучения американские профессора предложили и апробировали в учебной практике особый способ технологической организации учебного процесса, названный «моделинговым циклом» (modelingcycle) [5]. Основная идея данного способа организации учебного процесса заключается в утверждении о том, что студенты в ходе изучения любого процесса и явления должны пройти тот же путь, который прошла наука при его открытии и исследовании. Любой процесс или явление обладает собственными специфическими изменяющимися свойствами – параметрами, которые оцениваются качественно, а отдельные из них измеряются количественно с помощью средств измерения – приборов и/или методик. В каждом процессе и явлении всегда присутствуют существенные атрибутивные характеристики. Эти характеристики позволяют, с одной стороны, однозначно описать изучаемые процессы и явления, с другой стороны, отнести их к широкому кругу аналогичных ситуаций. Поэтому на первом этапе должно быть осуществлено выделение наименьшего набора необходимых для полного описания простейших характеристик (сторон) наблюдаемого процесса или явления, с обязательным способом их оценки в единицах принятого эталона. На втором этапе устанавливаются связи, в том числе выраженные с помощью математических выражений между выделенными и описанными сторонами (характеристиками) изучаемых процессов и явлений, а также определяются пределы их изменения, как в

отдельности, так и в совокупности, что соответствует стадии создания адекватной модели наблюдаемого процесса или явления. При этом реализуется основной принцип «сборки» модели – принцип суперпозиции. Суть этого принципа заключается в том, что модель любого явления или процесса представляет собой законченную систему, однозначно описываемую комбинацией независимых друг от друга, но существенных параметров. На последнем этапе происходит проверка (верификация) созданной модели либо на основе экспериментальных данных, либо в реальной учебной деятельности. В случае если созданная модель не позволяет адекватно представить изучаемый процесс, цикл следует повторить до получения приемлемого результата

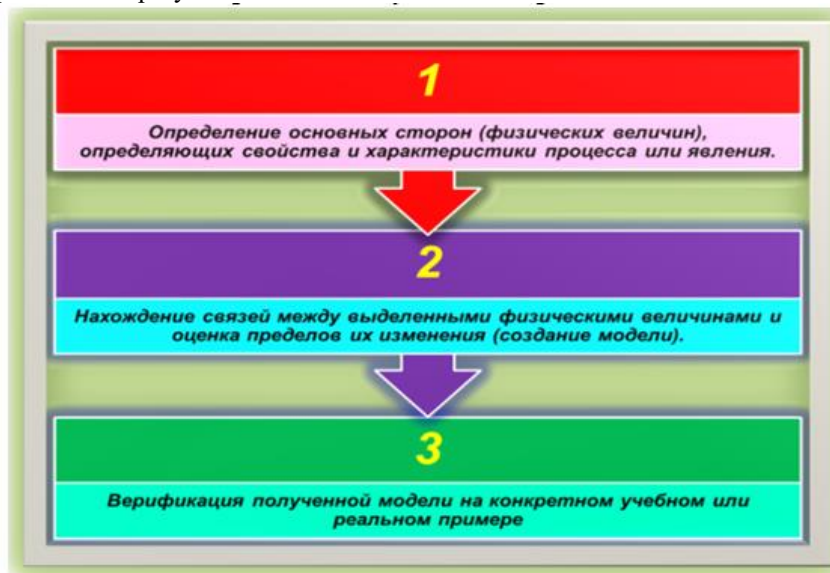


Рисунок 3 – Моделинговый цикл.

3. Технический аспект. В начале статьи нами была озвучена цель – улучшение результатов обучения с использованием персональных цифровых устройств посредством иной организации образовательного процесса, предполагающего получение нового позитивного и результативного опыта. Причем этот «новый» опыт должен формироваться на основе («поверх») уже имеющегося и привычного. Иными словами, каждый из обучаемых имеет успешный опыт работы с различными операционными системами (Windows, MacOS, Android или iOS). Принципиально важным является использование имеющегося гаджета, с привычными способами получения информационного контента, его представления, а также работы с ним. Поэтому организатор должен осуществлять доставку и манифестацию учебного контента в различных пользовательских форматах, предоставляя пользователю возможность выбора. Такими форматами могут поддерживаться как встроенным программным обеспечением, так и специально устанавливаемым. Навигация осуществляется исключительно действиями «мышкой» (PC) или пальцами (мобильные устройства). Передвижение объектов по экрану реализуется и/или нажатием на привычные управляющие кнопки (вперед, назад, очистить, проверить и т.д.).

4. Контентный аспект. Использование информационных и коммуникационных технологий в обучении предполагает создание обучающей среды как единства трех взаимообусловленных составляющих: оборудования (Hardware), программного обеспечения (Software) и контента (Brainware) [6].

Персональное цифровое устройство (оборудование) выбирается обучаемыми самостоятельно. Они используют для работы на нем встроенное или установленное программное обеспечение, которое должно способно проигрывать предлагаемый организатором обучения контент. Это условие предполагает, что все учебные материалы должны быть адаптированы под все возможные линейки и популярные пользовательские форматы. Особого внимания заслуживают измерительные материалы – тесты, поскольку, прежде всего, они определяют конечный результат. Кроме того, у обучаемых обычно существует отторжение информационных и справочных материалов. И к ним субъект обучения обращается только в случае крайней необходимости.

Приобретение нового опыта в рамках образовательного процесса требует значительных интеллектуальных усилий и временных затрат, что требует мотивации со стороны обучаемых. Оптимальным способом создания мотивации, по нашему мнению, является использование игровых техник при представлении обучающего контента. Не вызывает сомнений, что игровой компонент

способствует формированию предметных компетенций, поскольку игровая форма помогает удерживать внимание в течение продолжительного времени.

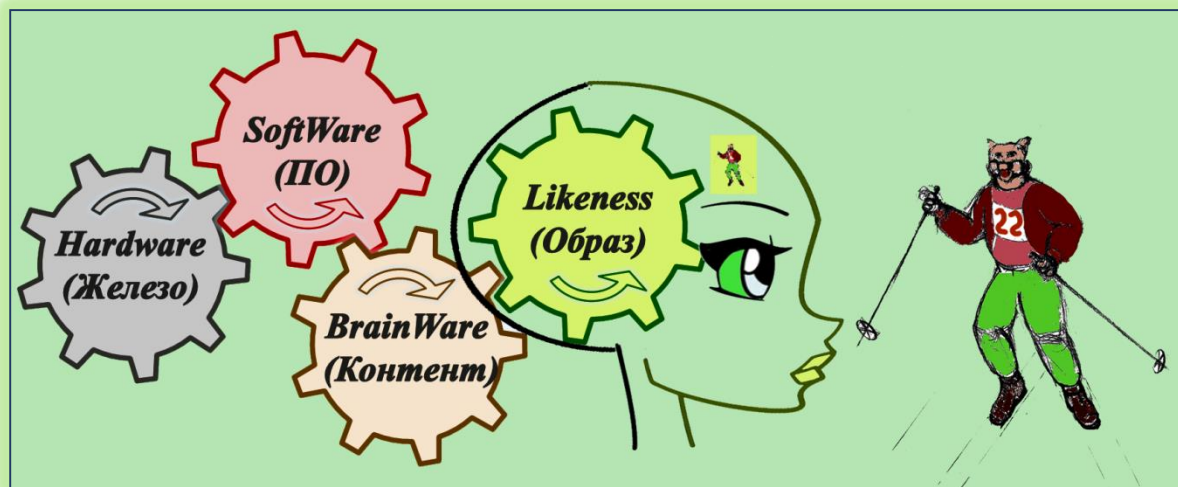


Рисунок 4 - Создание образа у индивидуума.

Кроме того, игровой контент должен быть устроен таким образом, чтобы предлагаемую задачу было невозможно решить наугад, случайным выбором какого-либо ответа, поскольку обучаемым предлагается сделать выбор, как минимум, трех возможных вариантов, как минимум, из шести предложенных ответов [7]. Успешное прохождение такого теста воспринимается обучаемыми как большое и важное достижение.

Заключение

Отсутствие научно подтвержденных примеров значительного улучшения результатов обучения при использовании персональных цифровых устройств в учебном процессе говорит о том, что создание мультимедийного эффективного гаджетоориентированного контента является сложной задачей. Данная статья является попыткой сформулировать основные принципы создания такого контента.

Авторы данной публикации реализуют идеи, озвученные в настоящей статье в рамках проекта «Физминимум от РОКИ». Примеры созданных измерительных материалов представлены в отдельной статье настоящего сборника трудов.

Литература

1. Кондаков А.Н, Марголис А. А. Новая парадигма образования. ММСО-2015/. Режим доступа URL: <http://www.youtube.com/watch?v=bjzerSELZRc> (дата обращения: 27.06.2018);
2. Кларин М.В. Парадоксы инновационной образовательной практики : вызовы и выводы для теории непрерывного образования. Режим доступа URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/paradoksy-innovatsionnoy-obrazovatelnoy-praktiki-vyzovy-i-vyvody-dlya-teorii-neprepryvnogo-obrazovaniya> (дата обращения: 27.06.2018);
3. Rogozin Konstantin. Physics learning instruments of the 21st century// Proceeding of The World Conference of Physics Education 2012 // 1st Edition: Ancara, 2014, Turkey/ P. 236-243;
4. Scott Jeffrey. The Four Stages of Learning Anything on Your Path to Self-Actualization. Режим доступа URL: <https://scottjeffrey.com/four-stages-of-learning/> (дата обращения: 28.06.2018);
5. Wells, M., Hestenes, D. & Swackhamer, G. A modeling method for high school physics instruction. American Journal of Physics, 1995, V/ 63, P 606–619 ;
6. Рогозин К.И., Ситников А.А., Рогозина И.В., Кузнецов С.И., Янышев Д.Н. Современные ИКТ в учебном процессе. Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: Материалы международной научно-практической конференции «ИНФО -2015». – М. НИУ ВПЭ, 2015, с 87-89;
7. Рогозин К.И., Рогозина И.В. Стратегия и тактика использования современных персональных цифровых устройств в учебном процессе. Ученые записки ИУО РАО 4(64), выпуск 2017, с. 121-125.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА К ДОЛГОСРОЧНЫМ
КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ

Романенко И.А., Евдокимова Н.Е.

Москва, ФГБНУ «Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства»
филиал «Всероссийский институт аграрных проблем и информатики им. А.А.Никонова»
+7 (495) 607-62-83, romanenko@viapi.ru, +7 (495) 623-14-10, nevdoki@gmail.com

В статье проанализирована актуальная проблема адаптации сельского хозяйства к долгосрочным климатическим изменениям с помощью современных информационных технологий и методов математического моделирования. В ней представлен краткий обзор зарубежных моделей прогнозирования влияния и выработки мер сельскохозяйственной адаптационной политики в условиях глобального потепления. Дано описание системы моделей размещения растениеводства по регионам России, включающей в себя модель оптимизации отраслевой структуры региональной агропродовольственной системы с учетом природно-климатических факторов в динамике.

Ключевые слова: Агропродовольственные рынки, модели частичного равновесия, изменение климата, устойчивость, адаптация, оптимизация, математическая модель.

Modeling of agriculture adaptation to long-term climate changes. Romanenko I.A., Evdokimova N.E., VIAPI named after A.A. Nikonov – branch of FGBNU FNC VNIIEShKh.

The article analyzes the actual problem of adaptation of agriculture to long-term climate changes with the help of modern information technologies and methods of mathematical modeling. It provides a brief overview of foreign models for predicting the impact and elaborating measures of agricultural adaptation policy in conditions of global warming. The description of the system of planting patterns for the regions of Russia is given, which includes the model for optimizing the sectoral structure of the regional agro-food system, taking into account natural and climatic factors in the dynamics.

Keywords: Agro-food markets, partial equilibrium models, climate change, stability, adaptation, optimization, mathematical model.

Введение

Изменение климата представляет собой проблему для сельскохозяйственного производства, и его воздействие варьируется в зависимости от географического местоположения региона и типа системы производства. Во избежание производственных потерь и оптимального использования изменившегося агропотенциала неизбежно потребуются адаптационные меры в управлении сельским хозяйством.

Модели являются незаменимым инструментом для поддержки принятия решений при выработке адаптационных мер. При моделировании планирования адаптации в системах сельскохозяйственного производства в настоящее время используются различные типы моделей [1]:

- 1) эмпирические модели программирования урожая;
- 2) региональные модели адаптации;
- 3) биофизические модели;
- 4) метамодел;
- 5) модели принятия решений.

Эмпирические модели программирования урожая оценивают зависимость урожайности от климата на основе эмпирических временных рядов. Такие модели обычно явно не учитывают возможности адаптации. Однако, поскольку самоадаптация постоянно присутствует, то она будет неявным образом учитываться, если модели основаны на многолетних сериях данных.

Региональный подход к почве или климату применяется для количественной оценки биоклиматического потенциала землепользования в современных и будущих условиях для конкретной территории. Подобно программированию урожая, региональные модели обычно не позволяют тестировать непосредственно управленческие меры по адаптации. Однако, поскольку этот подход позволяет определять агропотенциал для конкретных культур, то он может выделить регионы, где пройдут сдвиги в зонах выращивания, которые можно рассматривать как требующие адаптации.

Биофизические модели моделируют биофизические процессы, такие как рост растений, циркулирование питательных веществ и углерода, кругооборота воды и изменения ее уровня на основе понимания механики процессов, которые математически формализованы. Поскольку такие модели содержат имитации природных процессов, то они позволяют тестировать последствия изменения климата и управленческих решений, а также их сочетанного влияния, обеспечивая отличную основу для моделирования не только последствий изменения климата для различных функций агроэкосистем, но также для тестирования вариантов адаптации (например, орошения в качестве очевидной меры для предотвращения засухи).

Сильной стороной мета-модельных подходов является их интегративная способность. Они могут обеспечить более широкую основу для принятия решений с точки зрения адаптации к изменению климата, поскольку они рассматривают большое разнообразие воздействий (не только на сельскохозяйственный сектор).

Большая часть современных адаптационных моделей оценивает решения, принимаемые фермерами в ответ на изменение климатических, экономических или социальных условий. Поскольку в этих моделях явно включены решения, то эти модели называют моделями принятия решений. Также их называют биоэкономическими моделями.

Интегрирование в имитационно-оптимизационные модели биофизических приложений дает большие возможности для поддержки решений по долгосрочному трансформационному адаптационному планированию (например, можно определить оптимальные целевые показатели селекции, графики ввода ферм и перемещения зон сельхозпроизводства, указывающие идеальную область для мер адаптации) [1].

С 60-х годов прошлого века в мире было создано и используется до настоящего времени множество моделей агропродовольственного сектора экономики. В последнее десятилетие исследования направлены на изучение сравнительных достоинств и недостатков этих моделей и интегрирования их сильных сторон для получения синергетического эффекта.

Изучение практики моделирования в целом перешло от внутренней и философской критики самих моделей к их анализу в рамках социальных отношений. Исследуются симбиотические связи между моделями, данными и методами оценки, стратегии позиционирования в обществе самих разработчиков моделей и эффекты калибровки экономических моделей. Было показано, что общественный порядок и порядок знаний взаимозависимы. Модели являются инструментами совместного творчества. В них выкристаллизовываются интерпретационные схемы и отношения приоритета. Одновременно они являются источниками сценариев, цифр и графиков, распространение которых передает и реконфигурирует структуры значимости, доминирования или легитимации.

Например, сразу после принятия решения о создании Европейского Сообщества стали проводиться экономические исследования, имеющие целью спрогнозировать влияние и возможные последствия для аграрного сектора экономики процессов интеграции в странах ЕС. Создание и использование на практике различных моделей сельского хозяйства привело в начале 2005 года к синтезу Концепции интегрированной платформы для моделирования и анализа сельскохозяйственной политики (integrated Modelling Platform for Agro-economic Commodity and Policy Analysis – iMAP) для размещения инструментов агроэкономического моделирования, финансируемых Европейской комиссией. Модели в iMAP используются в автономном режиме или в сочетании, чтобы охватить широкий круг тем, связанных с экономической оценкой политики развития сельского хозяйства, а также смежных вопросов по торговле, энергетике, окружающей среде и изменению климата. iMAP – это основной инструмент поддержания и дальнейшего развития общей сельскохозяйственной политики. В рамках iMAP используются четыре модели с частичного равновесия:

- AGLINK-COSIMO, рекурсивно-динамическая рыночная модель мирового сельского хозяйства, построенная путем слияния моделей AGLINK ОЭСР и COSIMO ФАО. В рамках iMAP AGLINK-COSIMO является центральной моделью интегрированной платформы. Эта модель используется для моделирования ежегодных изменений спроса, предложения и цен на основные сельскохозяйственные товары.

- CAPRI - модель регионального воздействия сельскохозяйственной политики, предназначенная для анализа мер Единой сельскохозяйственной политики и торговой политики ЕС для сельскохозяйственной продукции. CAPRI предназначена для анализа широкого спектра тем, связанных с сельскохозяйственным сектором, включая агроэкологические взаимодействия.

- ESIM (европейская имитационная модель) представляет собой статическую модель частичного равновесия нетто-торговли сельскохозяйственного сектора. Она охватывает спрос и предложение на сельскохозяйственную продукцию с подробной спецификацией межотраслевых отношений.

- AGMEMOD (моделирование сельского хозяйства стран-участников) представляет собой мульти страновую и много отраслевую динамическую модель частичного равновесия. Она состоит из эконометрических моделей рынков сельскохозяйственных товаров и дает подробную информацию об основных подотраслях сельского хозяйства в каждом государстве-члене ЕС и странах-кандидатах в ЕС.

Интегрированная платформа iMAP включает в себя и четыре вычислимые модели общего равновесия: GTAP, GLOBE, MAGNET, RegEU27. Модели представляют собой системы нелинейных уравнений, представляющих собой оптимальное поведение всех агентов в экономике: производителей, потребителей, поставщиков ресурсов производства, экспортеров, импортеров, налогоплательщиков, инвесторов. Они включают в себя производство, потребление, торговлю всех отраслей каждой из стран, регионов или даже всех стран мира [2].

Рассмотрим, как происходит оценка экономических последствий изменения климата в рамках платформы iMAP. Наиболее интересной представляется оценка приемлемости мер регулирования

сельскохозяйственного сектора с целью перехода на благоприятную для климата экономику с низким уровнем выбросов углерода с помощью системы моделей AGLINK-Cosimo.

Сдерживание глобального потепления в рамках 2° С за этот век потребует значительного сокращения выбросов парниковых газов и перехода к благоприятной для климата экономике с низким уровнем выбросов углерода, которое в свою очередь может повлиять на сельскохозяйственный сектор. AGLINK-Cosimo позволяет измерить влияние на мировой агропродовольственный рынок менее интенсивной по выбросам углерода экономики. Во-первых, в виде сценария был введен налог на выбросы углерода в модель общего равновесия MAGNET платформы iMAP и были привлечены информация базы данных GTAP версии 9 для расчета макроэкономических переменных, которые описывают переход к глобальной экономике с низким уровнем выбросов углерода, но которые экзогенны для модели AGLINK-Cosimo. Затем, для оценки воздействия этих переменных на сельскохозяйственные рынки, с помощью модели AGLINK-Cosimo, были проведены расчеты по сценариям с глобальным влиянием налога на иные, чем выбросы углерода переменные с изменениями и без в потреблении мяса крупного рогатого скота. Причем были исследованы различные ставки налога с постепенным его увеличением до 20 долларов США за тонну в пересчете на CO₂ к 2030 году в развитых и развивающихся странах.

Результаты моделирования по сценарию с введением налога на выбросы углерода показывают снижение глобальных выбросов парниковых газов, не связанных с CO₂, из сельского хозяйства на 5,4% в 2030 году по сравнению с ситуацией без налога. Причем, только 0,1% глобального сокращения выбросов обусловлено косвенными макроэкономическими эффектами (изменениями в ВВП и ценами на энергию, удобрения и пестициды), однако, на уровне отдельных стран косвенное макроэкономическое воздействие может привести к сокращению выбросов в сельском хозяйстве до четверти. В сценарии с дополнительным снижением потребления говядины из-за смены предпочтений потребителей достигается еще 4,1% сокращения выбросов по сравнению со сценарием только налога на выбросы углерода. Эти сокращения выбросов довольно низки по сравнению с другими модельными прогнозами, но связанное с этим воздействие на сельскохозяйственное производство является значительным, особенно на страновом уровне. Результаты моделирования показывают важность:

- учета будущих стратегий по отношению к выбросам парниковых газов при прогнозировании рынков сельскохозяйственной продукции даже в среднесрочной перспективе;
- интенсивности выбросов по сельскохозяйственным продуктам (на практике производство 1 кг товара эквивалентно выбросу 1 кг CO₂) на уровне страны;
- разработки более сложных и дифференцированных подходов в сельскохозяйственной политике, в частности с учетом изменений и передачи технологий, для снижения интенсивности выбросов [3].

Результаты также подчеркивают необходимость дальнейшего развития модели Aglink-Cosimo с целью включения в не новых технологий и учета выбросов и абсорбции CO₂, связанных с изменениями в землепользовании, для получения более широкой картины возможного воздействия сельского хозяйства на окружающую среду и состояние глобальной экономики.

Постановка проблем и реализация задач

С 2008 года ВИАПИ им. А.А. Никонова участвовал в работе с моделью AGLINK-Cosimo совместно со специалистами ОЭСР и других стран-участниц проекта. Непосредственной задачей института была актуализация российского модуля, а также подготовка и обсуждение ежегодных прогнозов [4-8]. В ходе исследовательской работы возникло твердое убеждение в необходимости существенной модернизации и доработке российского модуля. Наиболее сильное влияние на адекватность модели может оказать включение в нее блока и отдельно каждой страны ЕАЭС, которые по некоторым продуктовым группам являются лидерами по объемам их производства и экспорта. С нашей точки зрения, говоря о более далекой перспективе применения международной системы экономико-математических моделей AGLINK-Cosimo, необходимо предусмотреть ее использование в качестве инструмента для формирования стратегии развития сельского хозяйства России, прежде всего, с целью верификации стратегии с учетом изменения ситуации на внешних рынках [9-11].

Участие в проекте AGLINK-Cosimo повлияло на разработку информационной технологии, включающей в себя систему моделей и базу данных, позволяющей анализировать варианты размещения растениеводства по регионам России в соответствии со сценариями адаптации к долгосрочным климатическим изменениям. Достижение названной цели требует формирования соответствующей информационной базы, создания и апробации системы экономико-математических моделей для проведения вариантных расчетов по определению эффективного размещения растениеводства по региональным АПС. Экзогенные параметры внешнеторговых условий такие, как например, экспортно-импортные цены верифицируются по сценариям или берутся напрямую из прогнозов AGLINK-Cosimo [12].

Информационная технология расчета и анализа вариантов размещения сельского хозяйства по регионам России «Оптимизация вариантов размещения сельского хозяйства по регионам России», сокращенно «Размещение АПС-Регион», была разработана для информационно-аналитической поддержки стратегического планирования и прогнозирования, а также обоснования направлений развития сельского хозяйства в региональных агропродовольственных системах (далее - АПС) в отделе системного анализа экономических проблем АПК ВИАПИ им. А.А.Никонова [13-15]. «Размещение АПС-Регион» обновляется ежегодно с добавлением в нее новых возможностей. Опорной подсистемой информационно-аналитической технологии является база данных «АПС-Регион», представляющая собой структурированную с соответствии с решаемыми задачами информацию по регионам Российской Федерации.

Разработанное и апробированное инструментальное средство «Размещение АПС-Регион», предназначенное для расчета и анализа вариантов размещения сельского хозяйства, в настоящее время не имеет ни аналогов в нашей стране, ни адаптированных к нашим условиям зарубежных разработок [16]. Кроме того, оно может быть использовано для решения широкого круга проблем, возникающих в практике работы МСХ РФ, а также в профильных НИИ и вузах аграрно-экономической специализации.

Система моделей размещения аграрного производства имеет трехуровневую иерархическую структуру: уровень России, уровень региональной АПС и районный уровень. Между ними находится связующий блок, позволяющий осуществлять переход с одного уровня на другой. Решение задачи происходит в несколько этапов:

На первом этапе определяются объемы потребления продукции сельского хозяйства региона по видам, обеспеченные конечным спросом населения региона и существующими в регионе производственными мощностями пищевой промышленности.

На втором этапе определяются потенциально возможные объемы производства каждого вида сельскохозяйственной продукции в регионе при соблюдении критериев экономической эффективности и устойчивости. Для этого рассчитывается оптимальная производственная структура региональной АПС. Ограничениями служат имеющиеся площади сельскохозяйственных угодий в регионе, наличие скотомест и другие значения показателей размера производства. Делается оценка устойчивости полученных вариантов размещения сельскохозяйственного производства по регионам России. Определяются эффективные направления развития сельского хозяйства для данного региона [17-19].

На третьем этапе решается задача распределения площадей по районам для производства растениеводческой продукции с учетом каналов реализации и направлений использования по критерию максимизации чистого дохода на гектар посева. Для каждого вида продукции определяются излишки площадей под каждой культурой, которые возникают при рационализации производственной структуры каждого района. При получении варианта более эффективного использования земельного ресурса при решении задачи оптимального сочетания отраслей в АПС региона или района, где ограничениями служат потребности в этом ресурсе, ограниченные денежными доходами населения и производственными мощностями перерабатывающих предприятий, появляется излишек посевных площадей, который может быть использован в различных направлениях. Появление распределяемого излишка может объясняться разными причинами. Особенностью данного подхода является то, что в рамках модели рыночной экономики поиск эффективности направлен на определение некой системы цен, то анализ в модели экономики рынков основывается на поиске потенциальных излишков и их реализации [20].

Заключение

В результате проведенного исследования доказано, что основным методом для решения проблемы адаптации сельского хозяйства к долгосрочным климатическим изменениям является его эффективное размещение, учитывающее изменения параметров внешней среды, которые в основном определяются климатическими изменениями. Разработанная и апробированная информационная технология проектирования размещения и специализации сельского хозяйства по регионам России в условиях изменения природно-климатических и социально-экономических параметров, позволяет рассматривать адаптационные сценарии размещения растениеводства по регионам России и выбирать из них наиболее эффективные и устойчивые к возможным климатическим изменениям.

Реализован новый подход при решении задачи размещения, т.к. целью является поиск излишков посевных площадей, которые возникают при оптимизации посевов сельскохозяйственных культур, достаточных для существующего уровня потребления в регионе. Различные сценарии могут быть основаны на расчетах излишков площадей при различных уровнях потребления, ограниченного либо медицинскими нормами, либо доходами населения и ценами. В общем случае задача оптимизации отраслевой структуры региональной АПС может содержать любую комбинацию уже реализованных и перспективных технологических способов производства как уже существующих, так и перспективных видов продукции. Кроме этого в практически важных вариантах постановки количество ресурсов будет более детальным, что приведет к росту возможных альтернатив развития АПС региона.

Следует отметить еще одно важное обстоятельство, которое необходимо учесть при генерации и анализе стратегических направлений развития регионального сельского хозяйства. Речь идет о показателях удельной прибыли, ассоциированных с продуктами и технологическими способами их производства. Зависящие от цен реализации продукта и факторов себестоимости, которые, в том числе, призваны нивелировать отрицательные воздействия климатических изменений, отнесенные к неопределенному пока моменту времени, эти показатели вносят существенные возмущения в стратегические решения, которые должны обеспечить рост эффективности в сочетании с устойчивостью функционирования АПС. Окончательный выбор направления, характеризующегося достаточной эффективностью и устойчивостью (вероятность повторения) остается за лицами, принимающими решение.

Литература

1. Holzkämper A. Adapting Agricultural Production Systems to Climate Change-What's the Use of Models? // Agriculture. - 2017, 7, 86.
2. <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC69667.pdf>
3. <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/9084.pdf>
4. Сиптиц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. и др. Долгосрочные прогнозы развития агропродовольственных рынков России. - Москва: ЭРД, 2009.
5. Сиптиц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. и др. Проведение научных исследований по разработке долгосрочных прогнозов развития внутренних и внешних рынков основных видов сельскохозяйственных товаров на базе международной модели AGLINK-Cosimo: отчет о НИР: Москва, ВИАПИ – МСХ, 2009.
6. Сиптиц С.О., Евдокимова Н.Е., Романенко И.А., Абрамов А.А., Колосков В.С. Синтез эффективных механизмов регулирования агропродовольственных рынков. - Москва: ЭРД, 2010.
7. Сиптиц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. и др. Проведение научных исследований по разработке национального модуля международной системы прогнозирования, применяемой в странах ОЭСР, и обоснование с его помощью эффективных вариантов регулирования процессов внешнеэкономического обмена. // Отчет о НИР: Москва, 2008.
8. Романенко И.А., Евдокимова Н.Е., Абрамов А.А. Национальные продуктовые балансы: методика определения на базе международной системы моделей AGLINK-Cosimo.//Продовольственное обеспечение регионов РФ: теория, методология, практика/ ВНИИЭиН. - Ростов-на-Дону, 2010. - С. 84-88.
9. Романенко И.А., Евдокимова Н.Е., Абрамов А.А. Прогнозирование развития агропродовольственных рынков с использованием международной системы экономико-математических моделей AGLINK-Cosimo.//Никоновские чтения. М., 2012, с. 232-233.
10. Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. Применение международной системы моделей AGLINK-Cosimo для решения задач по прогнозированию развития агропродовольственных рынков России.//Агрополитика России, 2013, № 12. с. 32-35.
11. Евдокимова Н.Е. Оценка устойчивости продовольственной безопасности России на основе прогнозов, рассчитанных с помощью международной системы моделей AGLINK-Cosimo //ЭСХиПП, №2, 2015, с. 61-64.
12. Евдокимова Н.Е. Совершенствование информационного обеспечения национального модуля модели прогнозирования мировых рынков сельскохозяйственной продукции AGLINK-Cosimo.//Никоновские чтения. М., 2009.- с.400-402.
13. Сиптиц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. и др. Разработать методы обоснования эффективных и устойчивых вариантов размещения производства в региональных агропродовольственных системах России при различных сценариях их развития: отчет о НИР: № АААА-А17-117031300161-8. – Москва, 2017.
14. Сиптиц С.О., Романенко И.А. и др. Отчет о НИР: Разработать теоретические основы обоснования эффективного размещения сельскохозяйственного производства с учетом биоклиматического потенциала. - ВИАПИ им. А.А. Никонова, 2016. <http://www.viapi.ru/download/2017/20170327-Repo-sect-2016-Sipt-139p.pdf>.
15. Сиптиц С.О., Романенко И.А., и др. Разработать базы данных региональных агропродовольственных систем, содержащие инструментарий для оценки их эффективности и устойчивости: отчет о НИР тема № 0571-2014-0006. М.: ВИАПИ им. А.А.Никонова, 2015.
16. Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ № 2018611309 "Оптимизация вариантов размещения сельского хозяйства по регионам России". – 2017.
17. Романенко, И.А. Методика разработки стратегических направлений размещения растениеводства / И. А. Романенко, С. О. Сиптиц и др. - Москва: ЭРД, 2016. -265 с.
18. Сиротенко О.Д., Сиптиц С.О. и др. Моделирование региональных систем сельскохозяйственного производства с учетом климатических изменений и динамики гумуса //

Экономико-математические методы в практике прогнозирования и планирования регионального АПК. - Ростов-на-Дону, 2003. - С. 86-90.

19. Соболев О. Моделирование размещения сельскохозяйственного производства в ЦФО России.-М.: 2017.

20. Романенков В.А., Сиротенко О.Д., Рухович Д.И., Романенко И.А. и др. Прогноз динамики запасов органического углерода пахотных земель европейской территории России. - М.: ВНИИА, 2009.

21. Сиптиц С.О. Особенности проблем импортозамещения в АПК и пути их решения в современных условиях // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. - 2015. - № 2. - С. 55.

22. Петриков А.В., Огневцев С.Б., Сиптиц С.О., Романенко И.А. и др. Анализ эффективности информационно-консультационной службы (ИКС): отчет о НИР. - М.: ВИАПИ им. А.А. Никонова, 2001.

23. Барановский П.М., Галямин Е.П., Сиптиц С.О. и др. Вопросы управления формированием урожая зерновых культур при орошении. - Волгоград, 1978.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В СФЕРЕ ИНКЛЮЗИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Романенкова Д.Ф.
Челябинский государственный университет
+7 (351) 799-71-55, droman@csu.ru

В статье рассматриваются вопросы разработки информационно-аналитической системы поддержки деятельности профессиональных образовательных организаций в сфере инклюзивного образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, анализа с ее использованием данных мониторинга инклюзивного среднего профессионального образования и профессионального обучения, проводимого в рамках мониторинга качества подготовки кадров. Охарактеризован состав собираемых данных. Показана технология работы с полученными данными, способы их верификации. Обозначены задачи, решаемые в ходе мониторинга.

Ключевые слова: информационно-аналитическая система, мониторинг, инклюзивное образование, инвалиды, лица с ограниченными возможностями здоровья, среднее профессиональное образование.

Main approaches to the development of the information and analytical system of support of activity of professional educational organizations in the sphere of inclusive education for people with disabilities and limited possible health. Romanenkova D.F. Chelyabinsk State University

The article discusses the issues of developing an information and analytical system to support the activities of professional educational organizations in the sphere of inclusive education for people with disabilities and limited possible health, analysis with its use of monitoring data on inclusive secondary professional education and vocational training conducted in the framework of monitoring the quality of training. The composition of the collected data is characterized. The technology of work with the received data, methods of their verification is shown. The tasks to be performed during monitoring are outlined.

Keywords: information and analytical system, monitoring, inclusive education, people with disabilities, people with limited possible health, secondary professional education.

В современной государственной политике большое внимание уделяется вопросам обеспечения доступности образования для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (далее – лица с ОВЗ), созданию специальных условий для их обучения, содействию в трудоустройстве выпускников. В настоящее время сформирована федеральная нормативная база, отражающая основные ориентиры государственной политики в отношении обеспечения прав инвалидов и лиц с ОВЗ на получение среднего профессионального образования (далее – СПО). Однако существуют противоречия между востребованностью образовательных услуг в сфере подготовки квалифицированных рабочих, служащих и специалистов среднего звена во всех субъектах Российской Федерации и недостаточным развитием информационно-технологической базы, образовательных технологий, обеспечивающих доступность СПО для инвалидов и лиц с ОВЗ, между необходимостью реализации массовой инклюзивной практики и недостаточной разработанностью технологий реализации специальных условий образовательного процесса инвалидов и лиц с ОВЗ по адаптированным образовательным программам СПО, между увеличением количества инвалидов и лиц с ОВЗ, получивших СПО, и низким уровнем их

трудоустройства по полученной профессии или специальности и закрепления на рабочих местах.

Для эффективного обеспечения доступности и качества профессионального образования для инвалидов и лиц с ОВЗ, планирования региональных мероприятий по развитию инклюзивного образования требуется получение полной и достоверной информации о контингенте обучающихся с инвалидностью и ОВЗ по программам СПО и профессионального обучения, условиях доступности профессионального образования, созданных в образовательных организациях, трудоустройстве выпускников из числа инвалидов и лиц с ОВЗ и т.п.

В настоящее время эта информация предоставляется профессиональными образовательными организациями как через заполнение форм федерального статистического наблюдения (формы №№ СПО-1, СПО-2, ПО), так и заполнение различных мониторингов, которые предусмотрены законодательством Российской Федерации, различными ведомственными и межведомственными целевыми программами и планами. Зачастую одна и та же информация собирается несколько раз, что не является оптимальным и требует затрат времени. В результате информация об одних и тех же объектах может существенно отличаться, что отражается на качестве принимаемых управленческих решений. Качество информации по инклюзивному образованию, подаваемой профессиональными образовательными организациями, пока остается на невысоком уровне, что во многом зависит от компетентности специалиста, который ее готовит, и отсутствием единой методики по оценке деятельности в сфере инклюзивного образования. Таким образом, актуальной является задача формирования научно обоснованной информационно-аналитической системы поддержки деятельности профессиональных образовательных организаций в сфере инклюзивного образования инвалидов и лиц ОВЗ. Такая информационно-аналитическая система должна обеспечивать сбор, верификацию, хранение и аналитическое представление информации о количественных и качественных показателях инклюзивного образования.

Челябинский государственный университет почти двадцать лет занимается теоретической и практической разработкой вопросов доступности профессионального образования для лиц с инвалидностью и ОВЗ и формированием в своем вузе системы инклюзивного обучения. ЧелГУ в рамках государственного задания Минобрнауки России в течение 2014-2017 года осуществил разработку нормативно-методического и организационно-аналитического обеспечения инклюзивного СПО для инвалидов и лиц с ОВЗ, проводил мониторинг наличия в образовательных организациях условий для получения СПО и профессионального обучения инвалидами и лицами с ОВЗ, внедрения адаптированных образовательных программ СПО. В 2017 году также проведен мониторинг трудоустройства выпускников с инвалидностью и ОВЗ.

В 2017 году была предпринята попытка интеграции исходных данных для проведения мониторинга инклюзивного образования из различных источников. Основной информационной базой выступили данные федерального статистического наблюдения за 2016 год (форма № СПО-1) и данные мониторинга качества подготовки кадров за 2016 год (форма № СПО-Мониторинг). Как показал анализ, эти данные иногда противоречат друг другу и в ряде случаев ошибочны [2]. Задача модернизации информационной системы мониторинга состояла не только в том, чтобы обеспечить сбор и хранение данных, полученных от образовательных организаций, но и в том, чтобы на этапе заполнения анкеты и последующей верификации выявить арифметические и логические несоответствия предоставляемых данных.

В результате сформирована и апробирована модель организации мониторинга инклюзивного СПО инвалидов и лиц с ОВЗ, включающая как сбор и многоуровневую верификацию данных, так и информационно-методическую поддержку профессиональных образовательных организаций по вопросам инклюзивного образования, которая положена в основу информационно-аналитической системы поддержки деятельности профессиональных образовательных организаций в сфере инклюзивного образования инвалидов и лиц с ОВЗ.

В 2018 году внедряется новая модель проведения мониторинга инклюзивного образования путем его интеграции в мониторинг по основным направлениям деятельности образовательной организации, реализующей программы СПО (мониторинг качества подготовки кадров). Оператором проведения мониторинга качества подготовки кадров и других мониторингов системы профессионального образования в течение ряда лет является Главный информационно-вычислительный центр Московского технологического университета. В настоящее время этой организацией создана многоуровневая система организации, сбора, хранения, обработки, анализа и распространения информации о качестве подготовки кадров и его составляющих.

Мониторинг инклюзивного образования как составная часть мониторинга качества подготовки кадров представляет собой это один из способов получения своевременной и качественной информации о системе инклюзивного профессионального образования. Цель мониторинга состоит в получении полной и достоверной информации о контингенте обучающихся с инвалидностью и ОВЗ, обучающихся

по программам СПО и профессионального обучения, условиях доступности профессионального образования, созданных в образовательных организациях.

В качестве объектов мониторинга выступают профессиональные образовательные организации, находящиеся в ведении субъектов Российской Федерации, реализующие образовательные программы СПО и профессионального обучения, образовательные организации высшего образования, реализующие образовательные программы среднего профессионального образования, образовательные организации, реализующие образовательные программы СПО и профессионального обучения, подведомственные федеральным органам исполнительной власти, а также филиалы образовательных организаций.

Обозначим преимущества включения мониторинга инклюзивного образования в мониторинг качества подготовки кадров:

- заполнение образовательными организациями одного отчета с едиными подходами к проверке предоставляемых данных;
- сокращение сроков сбора данных;
- обеспечение единой информационной базы результатов мониторингов;
- осознание образовательными организациями того факта, что инклюзивное образование является неотъемлемой частью системы профессионального образования.

Для анализа контингента обучающихся по программам СПО и профессионального обучения, развития специальных условий инклюзивного профессионального образования разработаны подразделы мониторинга качества подготовки кадров. Их содержание основано на Требованиях к организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ОВЗ и ориентировано на получение данных для расчета показателей Межведомственного комплексного плана мероприятий по обеспечению доступности профессионального образования для инвалидов на 2016-2018 годы и государственной программы «Доступная среда» на 2011-2025 гг.

В структуре мониторинга качества подготовки кадров предусмотрен сбор следующей информации за отчетный 2017 год в части инклюзивного образования:

- данные о приеме студентов с инвалидностью и ОВЗ по специальностям, профессиям СПО с указанием источников финансирования, видов нарушений здоровья и прогнозом приема на 2018 год;
- данные о контингенте студентов с инвалидностью и ОВЗ по специальностям, профессиям СПО с указанием источников финансирования, видов нарушений здоровья с выделением студентов этой категории, обучающихся в отдельных группах для лиц с ОВЗ и инвалидностью, по индивидуальному учебному плану, по адаптированным образовательным программам, исключительно с использованием дистанционных образовательных технологий;
- данные о фактическом выпуске студентов с инвалидностью и ОВЗ по специальностям, профессиям СПО, планируемом выпуске в 2018 году с указанием видов нарушений их здоровья и выделением студентов, которые имеют будущее место работы;
- сведения о статусе студентов (наличие статуса «лицо с ОВЗ» и/или инвалидности, группах инвалидности);
- сведения об изменении контингента лиц с инвалидностью и ОВЗ в течение 2017/18 учебного года (выбытие и прибытие студентов по различным причинам, снятие или установление инвалидности);
- количество имеющих в образовательной организации адаптированных образовательных программ СПО в разрезе видов нарушений здоровья обучающихся;
- результаты участия обучающихся в чемпионате по профессиональному мастерству для людей с инвалидностью «Абилимпикс» регионального и национального уровней;
- данные о контингенте обучающихся с инвалидностью и ОВЗ по программам профессионального обучения по видам нарушений здоровья;
- сведения о специалистах, работающих с лицами с инвалидностью и ОВЗ в образовательной организации;
- сведения о повышении квалификации и (или) профессиональной переподготовке персонала по вопросам получения СПО инвалидами и лицами с ОВЗ;
- создание безбарьерной архитектурной среды в образовательной организации в соответствии с видами нарушений здоровья;
- наличие специальных технических и программных средств для обучения инвалидов и лиц с ОВЗ с различными видами нарушений здоровья;
- расходы образовательной организации на создание доступной среды для обучения инвалидов и лиц с ОВЗ.

Основными источниками информации для проведения мониторинга качества подготовки кадров являются статистические данные о деятельности образовательных организаций, а также дополнительные сведения, предоставляемые образовательными организациями. Достоверность первичной статистической информации обеспечивается возможностью ее верификации по данным из независимых источников, а также посредством документального подтверждения. В случае выявления расхождений в статистических

данных по результатам сопоставления информации из различных источников, а также выборочно по организациям, могут быть запрошены документы, подтверждающие предоставленные сведения [1].

Контроль собранной информации осуществляется в двух направлениях: счетный контроль, который предполагает проверку точности арифметических расчетов, выполненных сотрудником отчитывающейся образовательной организации при составлении отчетности или заполнении формуляра мониторинга, и логический контроль, реализуемый путем логического осмысления полученных данных, путем их сравнения с данными других образовательных организаций, имеющих схожие характеристики деятельности [1].

Показатели инклюзивного образования вошли в 2018 году в систему критериев и показателей мониторинга качества подготовки кадров по критерию «Социальная ответственность»:

– удельный вес численности инвалидов и лиц с ОВЗ, обучающихся по программам СПО по очной форме обучения, в общей численности студентов, обучающихся по программам СПО по очной форме обучения;

– удельный вес численности студентов, обучающихся по адаптированным программам, в общей численности инвалидов и лиц с ОВЗ, обучающихся по программам СПО по очной форме обучения;

– удельный вес численности педагогических работников, прошедших в предыдущем учебном году повышение квалификации и (или) профессиональную переподготовку по вопросам получения СПО инвалидами и лицами с ОВЗ, в общей численности педагогических работников.

Эти показатели после завершения мониторинга будут участвовать в составлении различных рейтингов профессиональных образовательных организаций.

Опишем технологию работы с данными в рамках информационно-аналитической системы поддержки деятельности профессиональных образовательных организаций в сфере инклюзивного образования инвалидов и лиц с ОВЗ:

1. Сбор данных в рамках мониторинга качества подготовки кадров, их автоматизированная проверка по формулам арифметического и логического контроля через личные кабинеты на портале Главного информационно-вычислительного центра.

2. Автоматизированная верификация данных, представленных образовательными организациями по вопросам инклюзивного образования, с использованием критериев «нежесткого» логического контроля на внутреннюю согласованность количественных данных об обучающихся, представленных в различных разделах анкеты и проверка данных на наличие типичных ошибок.

3. Ручная верификация данных по инклюзивному образованию специалистами Челябинского государственного университета, их анализ на их непротиворечивость и достоверность.

4. Консультирование образовательных организаций по организационным, нормативным и методическим вопросам создания специальных условий для получения СПО лицами с инвалидностью и ОВЗ, организации учета этой категории обучающихся.

5. Исправление образовательными организациями выявленных замечаний или обоснование достоверности предоставленных данных.

6. Получение от Главного информационно-вычислительного центра выгрузки из базы данных по разделам инклюзивного образования, загрузка полученных данных в информационно-аналитическую систему поддержки деятельности профессиональных образовательных организаций в сфере инклюзивного образования.

7. Осуществление анализа деятельности профессиональных образовательных организаций в сфере инклюзивного образования, оценка развития в профессиональных образовательных организациях специальных условий обучения лиц с инвалидностью и ОВЗ.

8. Представление результатов мониторинга инклюзивного образования для различных категорий заинтересованных лиц.

Все данные в информационно-аналитической системе, переданные в ЧелГУ по результатам мониторинга, хранятся в форме базы данных, которая содержит справочники и таблицы данных. База данных обеспечивает хранение и обработку всех основных информационных объектов системы. Она является источником информации о наименовании образовательных программ и количестве инвалидов и лиц с ОВЗ, обучающихся по ним в образовательных организациях. Информационно-аналитическая система работает на базе системы управления реляционными данными Oracle, обеспечивающей его высокую производительность, масштабируемость и отказоустойчивость. Интерфейс портала создан с помощью платформы разработки Oracle Application Express (APEX), позволяющей с высокой скоростью разворачивать порталы любой сложности с нуля. Портал располагается на облачной платформе, включающей в себя сервера компании IBM, работающие как единая система для предоставления высокой доступности сервисов и приложений конечным пользователям [3].

В информационно-аналитической системе мониторинга будет предусмотрен авторизованный доступ для пользователей различных категорий. Для сотрудников региональных органов управления образованием и базовых профессиональных образовательных организаций, в функции которых входит

развитие региональных систем инклюзивного профессионального образования предоставляется доступ к сводным данным образовательных организаций своего субъекта Российской Федерации.

Задачи, которые планируется решить в ходе мониторинга инклюзивного образования:

– получение полной и достоверной информации о контингенте обучающихся с инвалидностью и ОВЗ по программам СПО и профессионального обучения, условиях доступности профессионального образования, созданных в образовательных организациях;

– осуществление научно-методической поддержки образовательных организаций по организационным, нормативным и методическим вопросам создания специальных условий для получения СПО лицами с инвалидностью и ОВЗ, организации учета этой категории обучающихся;

– выявление и систематизация основных ошибок, допускаемых образовательными организациями при учете обучающихся с инвалидностью и ОВЗ и организации для них специальных условий инклюзивного обучения;

– подготовка рекомендаций для образовательных организаций по итогам мониторинга;

– разработка и апробация многоуровневой системы доступа к сводным данным мониторинга инклюзивного образования для различных категорий пользователей на основе базы данных информационно-аналитической системы (лица с инвалидностью и ОВЗ, профессиональные образовательные организации, базовые профессиональные образовательные организации, органы управления образованием субъектов РФ, Минобрнауки России). С этой целью создается web-интерфейс, который позволяет пользователю осуществлять поиск образовательной организации в базе данных по параметрам: федеральный округ, субъект Российской Федерации, наличие безбарьерной среды, материально-техническое оснащения, специалистов сопровождения, использование дистанционных образовательных технологий. Данная информация может использоваться педагогическими работниками образовательных организаций всех уровней, специалистами органов управления образованием, инвалидами и лицами с ОВЗ, их родителями (законными представителями) с целью организации профориентационной работы и выбора образовательной организации для получения профессионального образования.

Таким образом, разрабатываемая и внедряемая информационно-аналитическая система поддержки деятельности профессиональных образовательных организаций в сфере инклюзивного образования позволит выявить проблемы в создании специальных условий для получения СПО инвалидами и лицами с ОВЗ в субъектах РФ, рационально определить точки развития инклюзивного СПО в субъектах РФ, что приведет к увеличению набора обучающихся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ, повышению качества их образования в соответствии с государственной социальной политикой в сфере повышения доступности профессионального образования, их профессиональной реабилитации и социальной адаптации.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России по проекту № 2.12983.2018/12.1 «Разработка информационно-аналитической системы поддержки деятельности профессиональных образовательных организаций в сфере инклюзивного образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».

Литература

1. Микрюков В.Н., Поневаж В.П., Серегин А.Н. Формирование информационно-аналитических материалов по результатам мониторинга эффективности деятельности вузов // В сборнике: Новые информационные технологии в образовании и науке Материалы X международной научно-практической конференции. 2017. С. 84-89.

2. Романенкова Д.Ф. Модель организации мониторинга инклюзивного среднего профессионального образования и профессионального обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. 2017. № 1. С. 64-68.

3. Тимченко М.С., Романенкова Д.Ф. Информационная и методическая поддержка системы инклюзивного среднего профессионального образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья // VIII Международная научно-практическая конференция «ИНФО-Стратегия 2016: Общество. Государство. Образование»: сборник материалов. Самара, 2016. С. 526-530.

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦЕНТРА КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ
СПЕЦИАЛЬНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ ОБУЧЕНИЯ В ИНКЛЮЗИВНОМ ВЫСШЕМ
ОБРАЗОВАНИИ

Романенкова Д.Ф.
Челябинский государственный университет
+7 (351) 799-71-55, droman@csu.ru

В статье рассматриваются вопросы работы центра коллективного пользования специальными техническими средствами обучения, деятельность которого направлена на повышение доступности и качества высшего образования для лиц с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья. Обосновано значение специальных технических и программных средств в инклюзивном образовании. Определены задачи и основные функции центра, а также рассмотрены методы и технологии его эффективного функционирования.

Ключевые слова: инклюзивное высшее образование, инвалиды, лица с ограниченными возможностями здоровья, специальные условия инклюзии, специальные технические средства обучения, ассистивные технологии.

Methods and technologies of the functioning of the center for collective use of special technical training means in inclusive higher education. Romanenkova D.F. Chelyabinsk State University

The article discusses the work of the center for collective use of special technical training means, whose activities are aimed at increasing the accessibility and quality of higher education for people with disabilities and limited possible health. The importance of special technical and software tools in inclusive education is substantiated. The tasks and main functions of the center are determined, and methods and technologies for its effective functioning are considered.

Keywords: inclusive education, people with disabilities, people with limited possible health, special conditions of inclusion, special technical training means, assistive technologies.

Инклюзивное образование лиц с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья (далее – лица с ОВЗ) вошло в нормативную правовую базу российского образования с принятием Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» 29 декабря 2012 года. Обучение этой категории лиц имеет свою специфику, однако общие нормы и требованиями к процессу, качеству и результату образования остаются неизменными. Ежегодно количество лиц с инвалидностью и ОВЗ, обучающихся в системе высшего образования, растет. Так в 2017/2018 году согласно данным федеральной статистического наблюдения по форме №ВПО-1 по программам высшего образования в Российской Федерации обучались 23251 человек из числа лиц с инвалидностью и ОВЗ.

К числу специальных условий, которые должны быть созданы образовательными организациями высшего образования, относится наличие и использование специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. Основное назначение этих средств – получение учебной информации в формах, адаптированных к нарушениям здоровья обучающихся. Особое значение при инклюзивном обучении имеют материально-технические условия формирования компетенций, связанных с использованием учебной информации. Специфика состоит в том, что работа с информацией, а зачастую и весь процесс приема-передачи необходимой учебной информации должен осуществляться с использованием специальных технических и программных средств обучения, которые реализуют преобразование информации в индивидуальный формат, доступный для восприятия обучающимися с инвалидностью и ОВЗ, имеющими сенсорные и двигательные нарушения [1, 2].

Практика инклюзивного образования показала, что современные информационные образовательные технологии, мультимедийные средства и программные продукты их поддерживающие, специальные технические и программные средства позволяют получать образование людям с нарушениями зрения, слуха, опорно-двигательного аппарата, при этом наряду с индивидуальными потребностями и особенностями учитываются и индивидуальные способности, и нарушения здоровья. Для того, чтобы инклюзивное высшее образование было эффективным, в вузе необходимо создать информационно-образовательную среду, отвечающую требованиям универсального дизайна.

Использование современных технических и программных средств обучения позволяет перевести процесс обучения студентов с инвалидностью и ОВЗ на новый технологический и дидактический уровень, что позволяет им получать качественное профессиональное образование наравне с остальными студентами.

В пользу использования информационно-технических средств в обучении лиц с сенсорными нарушениями говорит и то, что дублирование сигнала в разных модальностях, то есть одновременная или последовательная посылка его разным анализаторам, является средством повышения надежности

передачи информации. Важен выбор таких средств обучения, которые в наибольшей степени служат для компенсации индивидуальных нарушений обучающихся [3]. Все эти факторы требуют индивидуального подхода при обучении, и для компенсации нарушений восприятия и передачи информации важно использовать всю ту информацию, которая поступает и от сохранных, и от нарушенных анализаторов. Это может быть сделано исключительно с применением информационных и коммуникационных технологий универсального и специального назначения [1].

В 2016 году в рамках Государственной программы «Доступная среда» на 2011–2025 годы Министерство образования и науки Российской Федерации начало формировать инфраструктуру, призванную обеспечить поддержку развития инклюзивного высшего образования во всех вузах. В настоящее время такая инфраструктура сформирована и включает 21 ресурсный учебно-методический центр по обучению инвалидов и лиц с ОВЗ, действующий на базе вузов, подведомственных Минобрнауки России и другим федеральным органам исполнительной власти. Деятельность этих центров направлена на повышение доступности и качества высшего образования для лиц с инвалидностью и ОВЗ.

Один из таких центров создан в 2017 году на базе Челябинского государственного университета с целью повышения доступности и качества инклюзивного высшего образования для лиц с инвалидностью и ОВЗ в образовательных организациях высшего образования Челябинской, Свердловской и Курганской областей. Сейчас в партнерскую сеть ЧелГУ входит 21 вуз, в них обучается более 600 лиц с инвалидностью.

В задачи ресурсного учебно-методического центра по обучению инвалидов и лиц с ОВЗ входит оказание консультативной и методической помощи образовательным организациям высшего образования по вопросам приема, обучения инвалидов и лиц с ОВЗ, их реабилитации, создания специальных условий инклюзивного обучения, разработке учебно-методической документации, в том числе в доступном для восприятия формате лицами с инвалидностью, в подготовке научно-педагогических и других категорий работников к работе с лицами с инвалидностью различных нозологий.

Безусловно, организация инклюзивного обучения требует от вуза дополнительных затрат. В настоящее время многие вузы уже осуществили приобретение специальных технических средств обучения, однако зачастую это оборудование не используется или используется недостаточно эффективно. Причин этому несколько: в вузе нет специалистов, способных правильно настроить специальное оборудование и программное обеспечение, практически отсутствуют методические разработки по его внедрению в образовательный процесс, сами студенты с инвалидностью и преподаватели не мотивированы на его использование. Кроме того, часть закупленных специальных технических и программных средств не отвечает современным требованиям реабилитационных технологий, а получить квалифицированную помощь на этапе планирования закупок очень сложно, поскольку даже продавцы оборудования предоставляют недостоверную информацию.

Поэтому для развития инклюзивного образования в вузах партнерской сети важно не только предоставить доступ для всех категорий пользователей к специальным техническим средствам обучения и ассистивным информационным технологиям, которыми располагает ресурсный учебно-методический центр, но и организовать консультирование по вопросам приобретения и эффективного использования специальных технических средств обучения и ассистивных информационных технологий для всех категорий пользователей и подготовки учебных материалов в формах, адаптированных к ограничениям здоровья обучающихся с инвалидностью и ОВЗ, а также обеспечить организационно-методическое сопровождение использования специальных технических средств обучения, ассистивных информационных технологий.

Для решения этих задач созданы центры коллективного пользования специальных технических средств обучения во всех ресурсных учебно-методических центрах по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (далее – ЦКП РУМЦ). В Челябинском государственном университете такой центр создан для предоставления возможности использования специальных технических средств обучения, ассистивных информационных технологий и соответствующего учебно-методического обеспечения, способствующих повышению доступности и качества образовательного процесса лиц с инвалидностью и ОВЗ.

По нашему мнению, ЦКП РУМЦ призван выполнять следующие функции:

- предоставление доступа к специальным техническим средствам обучения и ассистивным информационным технологиям;
- обучение пользователей работе со специальным техническим средствам обучения и ассистивными информационными технологиями;
- консультирование по вопросам работы со специальным техническим средствам обучения и ассистивными информационными технологиями, способам представления учебной информации в

различных форматах, преобразования информации в формат, наиболее подходящий для восприятия с учетом физических ограничений обучающихся;

- оказание технической помощи по установке и настройке свободно распространяемых ассистивных информационных технологий на ноутбуки или мобильные устройства пользователей;
- подготовка методических рекомендаций по использованию специальных технических средств обучения, ассистивных информационных технологий в образовательном процессе;
- разработка инструктивных и методических материалов по работе со специальными техническими средствами обучения, ассистивными информационными технологиями;
- участие в реализации адаптационных дисциплин (модулей), способствующих формированию у обучающихся с инвалидностью и ОВЗ способности к самоорганизации учебной деятельности и индивидуальной коррекции учебных умений средствами информационных и коммуникационных технологий;
- предоставление возможности осуществления индивидуальной и групповой работы обучающимся с инвалидностью и ОВЗ;
- участие в организации и проведении курсов повышения квалификации и стажировок, проводимых с использованием ресурсов ЦКП РУМЦ;
- проведение профориентационных, научных и просветительских мероприятий в рамках совместной работы ЧелГУ и вузов-партнеров с использованием ресурсов ЦКП РУМЦ;
- изучение опыта использования специальных технических средств обучения и ассистивных информационных технологий в российских и зарубежных образовательных организациях;
- апробация и распространение эффективных методик и технологий использования в образовательном процессе инклюзивного высшего образования специальных технических средств обучения и ассистивных информационных технологий.

Пользователями ЦКП РУМЦ являются: лица с инвалидностью и ОВЗ, обучающиеся в ЧелГУ и вузах-партнерах, находящихся на территории Челябинской, Свердловской и Курганской областей, заключивших с ЧелГУ соглашение о сотрудничестве в целях развития инклюзивного образования, обеспечения доступности высшего инклюзивного образования; сотрудники ЧелГУ и вузов партнерской сети; иные заинтересованные лица, (представители общественных организаций инвалидов, сотрудники общеобразовательных организаций, профессиональных образовательных организаций и др.).

С учетом имеющегося оборудования и закупаемых специальных технических средств обучения сформирован перечень специальных технических средств обучения и ассистивных информационных технологий, которыми располагает ЦКП РУМЦ:

1. Стационарные технические средства обучения:

- стационарные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения (стационарное рабочее место незрячего пользователя с брайлевским дисплеем и принтером, универсальный электронный видеувеличитель, нагреватель для печати тактильной графики, читающая машина);
- стационарные специальные технические средства для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (стационарное рабочее место пользователя с нарушением двигательных функций с альтернативными устройствами ввода информации, рабочее место пользователя с нарушением двигательных функций с адаптированной мышкой (головной), выносными кнопками мыши, рабочее место пользователя с нарушением двигательных функций с компьютерным роллером и клавиатурой с большими кнопками и с разделяющей клавиши накладкой).
- универсальные технические средства обучения (компьютерный класс с интерактивной доской и системой голосования, акустический усилитель и колонки, мультимедийный проектор, телевизор, видеомagneтофон, устройство видеоконференцсвязи).

Стационарное оборудование может использоваться только на территории ЦКП РУМЦ.

2. Мобильные технические средства обучения:

- мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения (портативный тифлокомпьютер с вводом/выводом шрифтом Брайля с синтезатором речи, ноутбук с программной экранного доступа, электронный увеличитель для удаленного просмотра, портативный видеувеличитель, тифлоплеер, цифровые диктофоны);
- мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями слуха (система свободного звукового поля, радиокласс на основе FM-системы, система информационная для слабослышащих переносная, документ-камера, программируемые слуховые аппараты индивидуального пользования).

Мобильные технические средства обучения могут предоставляться обучающимися и вузам-партнерам во временное пользование.

3. Ассистивные информационные технологии (программное обеспечение экранного доступа с синтезом речи, программы экранного увеличения, программы речевого синтеза для компьютеров,

ноутбуков, планшетов, программы речевого синтеза и увеличения для мобильных устройств, экранные клавиатуры, экранные лупы, система для проведения вебинаров). Свободно распространяемые ассистивные информационные технологии могут использоваться как на компьютерах ЦКП РУМЦ, так и устанавливаться на компьютеры, ноутбуки, мобильные устройства пользователей.

Учитывая, что вузы партнерской сети ЧелГУ имеют разный уровень развития инклюзивного образования, разное количество обучающихся и разный уровень оснащенности специальными техническими средствами обучения, задача ЦКП РУМЦ состоит в такой организации работы, которая позволит решить задачи разных категорий пользователей. Исходя из этого нами предложены следующие технологии оказания услуг:

– услуги по использованию стационарных специальных технических средств обучения и ассистивных информационных технологий, включающие: предоставление стационарного рабочего места незрячего пользователя, предоставление универсального электронного видеувеличителя, подключенного к компьютеру, работу с читающей машиной, работу на стационарном рабочем месте пользователя с нарушением двигательных функций; групповую работу в компьютерном классе, работу на компьютере с установленными ассистивными информационными технологиями;

– услуги по использованию мобильных специальных технических средств обучения, включающие: использование на учебных занятиях и в ходе самостоятельной работы портативного компьютера EIBraile, ноутбука с программой экранного доступа, электронного увеличителя для удаленного просмотра, тифлоплеера, цифровых диктофонов, портативного видеувеличителя, радиокласса «Сонет», документ-камеры, программируемых слуховых аппаратов, системы свободного звукового поля на учебных занятиях или массовых мероприятиях, переносной информационной системы для слабослышащих при проведении индивидуальных консультаций;

– услуги с использованием стационарных специальных технических средств обучения предусматривают: распознавание плоскочечатного текста с использованием читающей машины, печать текста на принтере Брайля, печать тактильной графики с использованием нагревателя.

В зависимости от квалификации пользователей и решаемых задач предусматривается самостоятельная работа пользователя на стационарных технических средствах обучения, на компьютерах с установленными ассистивными информационными технологиями, работа со специальными техническими средствами обучения пользователя с помощью специалиста ЦКП РУМЦ или обучение пользователя работе со специальными техническими средствами обучения, ассистивными информационными технологиями.

Считаем, что такая организация функционирования ЦКП РУМЦ позволит эффективно использовать каждую единицу оборудования, расширить количество организаций и пользователей, обращающихся за услугами по пользованию специальными техническими средствами обучения, что будет способствовать повышению доступности и качества инклюзивного высшего образования в вузах.

Литература

1. Мартынова Е.А., Романенкова Д.Ф. Адаптивные информационные и коммуникационные технологии индивидуализации обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов в профессиональных образовательных организациях // Международный журнал экспериментального образования. Педагогические науки. 2017. №7.
2. Мартынова Е.А., Романенкова Д.Ф., Романович Н.А. Разработка адаптированных образовательных программ высшего образования (программ бакалавриата, программ специалитета) для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов : учебное пособие. – [2-е изд., доп. и перераб.] – Челябинск : Полиграф-Мастер, 2016. 70 с.
3. Романенкова Д.Ф. Современные информационно-технические средства обучения как необходимый элемент профессионального образования инвалидов // Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 1. № 2. С. 382-389.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА НА БАЗЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Романчева Н.И.

ФГБОУ ВО Московский государственный технический университет гражданской авиации (МГТУ ГА)
+7 (499) 458-73-14, n.Romancheva@mstuca.aero

Статья посвящена исследованию современного состояния в области построения единой информационно-образовательной среды, рассматриваются принципы реализации информационной системы, включающей информационно-аналитическую подсистему управления учебным процессом, а

также мобильную информационно-образовательную среду, базирующуюся на современных информационных и телекоммуникационных технологиях, в том числе machine learning, обеспечивающей принципиально новый уровень доступности образования при сохранении его качества.

Ключевые слова: единое образовательное пространство, машинное обучение, интеллектуальные системы, мультимножество.

Peculiarities of forming a single educational space on the basis of machine training, Romancheva N., Moscow state technical university of civil aviation

The article is devoted to the study of the current state in the field of building a unified information and educational environment, examines the principles of implementing an information system that includes an information and analytical subsystem of managing the learning process, as well as a mobile information and educational environment based on modern information and telecommunication technologies, including machine learning, providing a fundamentally new level of accessibility of education while maintaining its quality.

Keywords: a single educational space, machine learning, intellectual systems, multisets.

Введение

Федеральной целевой программой «Развитие образования на 2016–2020 гг.» (ФЦПРО) автоматизация образовательных учреждений определяется в качестве одного из приоритетных направлений перестройки российской системы образования. Федеральное агентство по образованию сформулировало требования к системам управления образовательных учреждений, важнейшими характеристиками которых являются интегрированность, адаптируемость, распределенность, масштабируемость и качество.

На сегодняшний день проблема информатизации образовательных учреждений стоит достаточно остро. Высшим учебным заведениям необходимо стать коммерчески успешными предприятиями и одновременно сохранить накопленный научный потенциал. Существует несколько подходов к созданию единого информационного пространства вуза. Один из них — интеграционный подход, предполагающий объединение разнородных информационных систем вуза в единое, динамично развивающееся информационное пространство с использованием технологий машинного обучения.

Постановка проблемы

Современное реформирование системы педагогического образования в России привело к поиску и внедрению качественно новых информационно-коммуникационных технологий и средств, используемых для эффективного управления образовательным процессом. В этом контексте пристальное внимание сегодня уделяется вопросам создания единого образовательного пространства, в основе которого лежит электронная образовательная среда (ЭОС)- ИКТ-инфраструктура, включающая совокупность программно-аппаратных средств, необходимых и достаточных для обеспечения и организации эффективного опосредованного взаимодействия обучающихся с сотрудниками университета. Для обеспечения информационной открытости образовательного процесса регламентируется необходимость публикации в открытом доступе в Интернет актуальной, постоянно обновляющейся информации об основных образовательных программах и различных аспектах их реализации.

Развитие системы открытого образования, акцент на индивидуализацию учебного процесса, изменение мотивации учебной деятельности требуют изменения организации учебного процесса, и в первую очередь расширения учебно-методического и информационного обеспечения учебного процесса обучающихся. «Вопрос единого образовательного пространства напрямую связан - и всегда был связан - с очень важной проблемой: национальной безопасностью», отмечала в выступлении министр образования и науки О.Ю.Васильева [2].

Традиционно вузы работали по жестким, устоявшимся правилам. В ряде специализаций, например, связанных с ИТ, некоторое давление рынка ощущалось, но реакция на это давление была минимальной. В целом, система высшего образования оставалась традиционно консервативной, побочным эффектом которой является некоторая ее инертность. Вхождение России в Болонский процесс, создание системы непрерывного образования, развитие дистанционного обучения, новые формы подачи знаний, растущее влияние бизнеса на программы подготовки специалистов, активно обсуждаемая концепция университета как knowledge community - все это в корне меняет традиционные представления вузов об организации учебного процесса, заставляет перестраивать и интенсифицировать его.

Такая ситуация в образовательной среде является частично и отражением глобальных экономических процессов: постепенно формируется сервисно-ориентированная экономика, получившая сегодня термин цифровой экономики, которая влияет на изменения в конкретных отраслях. В результате возникает механизм обратной связи между потребителем и поставщиком товаров и услуг. Рынок - уже не пассивный потребитель, он начинает диктовать и корректировать предложение. Вузы вынуждены

адаптировать учебные процессы в соответствии с рыночными требованиями, описанными в форме трудовых функций профессиональных стандартов, предоставляя не просто набор знаний, а наборы компетенций, необходимых конкретным категориям специалистов. В связи с этим возникают нетрадиционные формы обучения, нестандартные сочетания учебных дисциплин. Такая высокая динамика изменений образовательных процессов побуждает вузы уделять пристальное внимание созданию моделей деятельности и поддержке их средствами ИТ, в том числе технологии машинного обучения.

Сегодня государство уделяет образованию особое внимание, разрабатываются различные инновационные программы. «Изменения в сфере образования сегодня диктуют необходимость пересмотра подхода к информатизации вузов, — отмечает Алексей Голосов, президент компании „ФОРС - Центр разработки“. — Сегодня нужны гибкие решения, способные поддерживать модернизацию систем управления вузом. Если десять лет назад можно было предлагать вузам типовое решение, то сегодня создавать и внедрять „жесткую“ систему крайне неэффективно. Она может устареть и потребовать переделки и доработки еще до момента начала промышленной эксплуатации. Поэтому, разумный выход — использовать процессно-ориентированную среду, базирующуюся на технологиях, позволяющих быстро обновлять и создавать новые приложения в соответствии с изменениями условий работы вуза. Причем эти изменения отражаются и в модели деятельности вуза, и в ее реализации. Такая гибкость обеспечивается применением технологии машинного обучения.

Любая технология должна решать конкретные задачи образовательного процесса. Можно выделить несколько основных областей. Это предиктивная аналитика, анализ текста, речевая аналитика и видеоаналитика. Для успешного внедрения машинного обучения при создании единого образовательного пространства, необходимо определить какие процессы образования будут улучшены, как и по какой метрике измерять результат.

Создание единой образовательной среды предполагает два этапа:

- разработка информационной модели, описывающей объекты предметной области деятельности ВУЗа, их структуру и взаимосвязи;
- разработка модели, описывающей деловые процессы вуза и их связи с объектами информационной модели.

При этом все процессы, описанные в модели, подразделяются на основные (главное направление деятельности вуза) и вспомогательные (прочие виды его деятельности). Для создания модели деятельности вуза и единой информационной системы необходимы специалисты, которые понимают как стратегические цели, так и текущие задачи вузов, и могут описать их в терминах ИТ. Однако сегодня в вузовской среде возникла проблема - острая потребность в человеке, который являлся бы связующим звеном между специалистами в образовательной деятельности и в сфере ИТ (специалист по знаниям).

В рамках рассматриваемого подхода для разработки модели процессов предлагается использовать средства машинного обучения. Выделение в модели деятельности образовательного учреждения процесса управления знаниями означает его переход на качественно новый уровень, соответствующий реалиям сегодняшнего дня.

Ряд компаний сегодня предлагают готовое решение, в котором процессы жестко регламентированы. Однако эти системы решают частные задачи, их применение требует специальной подготовки, а развитие и распространение полностью зависит от автора программы. Невозможность применения подобных программ на различных аппаратных платформах, фрагментарность, отсутствие универсального интерфейса и ряд других причин серьезно ограничивают их применение для построения единого образовательного пространства.

Анализ мировых информационных ресурсов показывает, что в настоящий момент с помощью современных сетевых технологий можно получить доступ к значительному числу Открытых или Виртуальных университетов, включая Всемирную сетевую академию, Всемирный лекционный зал, Открытый университет Великобритании и др. Быстро расширяющаяся Всемирная сетевая академия включает в себя информационно-образовательные среды почти по 20 областям знаний. В их числе бизнес, гуманитарные науки, законодательство, здравоохранение, инженерное дело, искусство и др. Каждая область знаний, по сути, представляет собой информационно-образовательную среду, включающую определенное число программ, а каждая программа содержит ряд курсов.

Построение ИОС на основе современных информационных технологий наполняет учебный процесс новыми возможностями: сочетание высокой экономической эффективности и гибкости учебного процесса, широкое использование информационных ресурсов, существенное расширение возможностей традиционных форм обучения, а также возможность построения новых эффективных форм обучения.

Анализ структуры и состава, существующих информационно-образовательных сред, позволяет выделить особенности их построения: принцип модульности информационно-образовательных сред,

предполагающий представление отдельного курса как законченного модуля в узкой предметной области не связанного с другими курсами, справочными материалами и т.д.

Такой подход к построению ИОС обусловлен дидактическими традициями западной системы образования, основанной на стандартизации не только образовательной программы. Однако сегодня, в условиях цифровизации экономики и общества, необходимо, с одной стороны, обеспечивать единые требования образовательных стандартов, с другой стороны, максимально учитывать индивидуальные характеристики обучаемого.

Использование технологий искусственного интеллекта, и в частности машинного обучения, позволяет выявить факторы, влияющие на взаимодействие обучающегося с работодателями на всех этапах образовательного маршрута, количественно оценить факторы, определяющие эффективность такого взаимодействия, и в дальнейшем его оптимизировать. Например, объект – пара профессиональный и образовательные стандарты, результат применения ИИ – оценка релевантности образовательного стандарта профессиональному.

Машинное обучение работает с элементарными единицами данных, которые возникают в конкретных задачах. Его главная функция – автоматически определять взаимосвязи между переменными двух групп (наблюдаемыми и скрытыми). Это нужно, чтобы для произвольного объекта по его наблюдаемым данным можно было оценить возможные значения скрытых компонентов [3].

В различных прикладных задачах возникает необходимость кластеризации или упорядочения анализируемых объектов на основе их свойств. Существуют различные методологические подходы [4]. Примем условие, что все объекты создаваемого единого образовательного пространства взаимодействуют в условиях гетерогенной информационной среды вуза. При сопоставлении неформализованных параметров объектов образовательного пространства, предоставляющих собой качественные характеристики, целесообразно использовать двух ступенчатость: при базовой классификации - методы и алгоритмы самоорганизации, описанные в теории нечетких множеств; при дополнительной классификации (по специфицированным наборам, например, трудовым функциям профстандарта) – на основе алгоритма кластеризации.

Анализ достоинств и недостатков, существующих традиций российской системы образования, а также современного состояния информационных технологий и средств телекоммуникаций, позволяет сформулировать следующие принципы, на которых должно создаваться единое образовательное пространство:

1) Многокомпонентность - единое образовательное пространство представляет собой многокомпонентную среду, включающую в себя учебно-методические материалы, наукоемкое программное обеспечение, тренинговые системы, системы контроля знаний, технические средства, базы данных и информационно-справочные системы, хранилища информации любого вида, включая графику, видео и пр., взаимосвязанные между собой.

2) Интегральность - информационная компонента единого образовательного пространства, должна включать в себя всю необходимую совокупность базовых знаний в областях науки и техники с выходом на мировые ресурсы, определяемых профилями подготовки специалистов, учитывать междисциплинарные связи, информационно-справочную базу дополнительных учебных материалов, детализирующих и углубляющих знания. Использование машинного обучения позволит прогнозировать необходимые базовые знания и выполнять автоматизированное обновление учебных материалов.

3) Распределенность - информационная компонента единого образовательного пространства, оптимальным образом распределена по хранилищам информации (серверам) с учетом требований и ограничений современных технических средств и экономической эффективности. Использование алгоритмов машинного обучения позволит автоматически перераспределять обновляемую информацию.

4) Адаптивность - единого образовательного пространства должна не отторгаться существующей системой образования, не нарушать ее структуры и принципов построения, также должна позволить гибко модифицировать информационное ядро ИОС, адекватно отражая потребности общества. При использовании машинного обучения делается ставка, прежде всего на удовлетворенность участников образовательного процесса, а не эффективность.

Сформулированные принципы построения единого образовательного пространства с использованием машинного обучения позволяют:

- исследовать рынок и выявить тренды, прогнозировать потребности рынка в новых специальностях;
- сегментировать базу по обучающимся (как профильных абитуриентов, так и выпускников по тем или иным специальностям и направлениям);
- определять оптимальную архитектуру пространства под задачи подготовки специалистов той или иной отрасли, что будет динамично модернизировать образовательную структуру в целом.

Рассмотрим процесс формирования и реализации персональных образовательных траекторий обучаемого в едином образовательном пространстве на базе машинного обучения.

Имеется широкий круг задач, где объекты образовательного пространства характеризуются многими разнородными признаками, которые могут быть и количественными, и качественными. Кроме того, объекты, например, обучающиеся или методический ресурс, могут отличаться значением характеристик в разных экземплярах. Как пример - классификация и ранжирование несколькими экспертами (преподавателями, работодателями) по ряду качественных характеристик.

Рассмотрим совокупность объектов $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, описываемые f -характеристиками $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_f\}$, имеющими конечное число количественных или качественных значений $y_l^{s_l}$, где $l = \overline{1, f}$, $s_l = \overline{1, z_l}$. Порядковые значения качественных характеристик упорядочим от худшего значения к лучшему. Каждый объект x_n представим как точку на f -мерном пространстве, и поставим ему в соответствие f -мерный вектор. Одному и тому же объекту x_n соответствует не один, а несколько f -мерных векторов с различающимися значениями характеристик. Совокупность таких многомерных объектов может иметь в пространстве Y сложную структуру, достаточно трудную для анализа традиционными методами – необходимо одновременно учитывать множество бизнес-задач создания образовательного пространства, распознавание получаемых данных, предобработка данных, применение признаков объектов, построение моделей сегментов единого образовательного пространства, оптимизация параметров взаимодействия объектов, контроль и оценивание качества результирующих процессов.

В таких случаях математическую модель можно рассматривать как мультимножество. Метод классификации объектов, представленный мультимножествами, предложенный А.Б. Петровским, позволяет строить обобщенное решающее правило для отбора, однако чем больше количество рассматриваемых объектов и разнообразие решающих правил, тем труднее анализ этих правил.

Использование методов машинного обучения позволит повысить обоснованность и объективность принимаемого решения по упорядочиванию объектов единого образовательного пространства.

С позиций методологии формирования единого образовательного пространства на базе машинного обучения требуется выявление условий получения ожидаемых результатов учебного занятия, в том числе возникновения творческого потенциала обучаемых. Обсуждение адекватности восприятия информации позволяет оценить эффективность подачи учебного материала.

Предполагается, что требования к качеству модулей должны включать в себя цель их использования в едином образовательном пространстве, определяемую набором факторов $N = \{n_i\}$, а также значениями характеристик $M = \{m_{ij}\}$, где $i = \overline{1, 2, \dots, s}$ – индекс функциональной характеристики; j – индекс модуля в едином образовательном пространстве. Фактические значения M определяются реакцией модуля на условия, в которых единое образовательное пространство, как сложная система, должно работать.

Методологию алгоритмизации образовательных технологий предлагается формировать с авторским видением информационного взаимодействия преподавателя и обучаемого. На основе опыта построения систем компьютерной поддержки информационно-аналитической деятельности требуется рассмотреть гармонизацию отношений между преподавателем и обучаемым как важнейшее условие обеспечения функциональной надежности образовательного процесса в едином образовательном пространстве.

Заключение

В заключении следует отметить, что особенностью формирования единого образовательного пространства на базе машинного обучения является принятие стратегических решений на основе данных, с интеграцией аналитических отчетов в ключевые бизнес-процессы образовательных организаций, а также предприятий той или иной отрасли. В целом предложенный подход позволит снять неопределенности в обеспечении качества подготовки специалистов, так как сформирован на основе использования системного анализа классификации объектов формируемого единого образовательного пространства, с экспертными оценками их важности. Реализация предложенного метода позволяет найти характеристики объектов, часто выраженные с недостатком информации.

Литература

1. Подковырова О.Н. Единое информационное пространство вуза: принципы, задачи, структура/О. Н. Подковырова, О. Н. Подковырова - М.: Интеграция образования, 2000 . NN№4. - С. 18-20.
2. Васильева О.Ю. Интервью РИА Новости - //Электронный ресурс URL: <https://ria.ru/society/20170927/1505659054.html> (дата обращения 10.07.2018)

3. Богданов М. Перспективы машинного обучения //Электронный ресурс URL: <https://test.ru/reports/penza-machine-learning/> (дата обращения 6.08.2018)

4. Демидов Л.А., Титов С.Б. Гибридные алгоритмы анализа и обработки данных в задачах интеллектуальной поддержки принятия решений – Горячая линия-Телеком, 2017 – 228 с.

5. Воронцов К. В. Лекции по машинному обучению//Электронный ресурс URL: <http://www.MachineLearning.ru>. 2004-2016. (дата обращения 25.07.2018)

О РАЗРАБОТКЕ ЗАДАЧНИКОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Соловьева Т.Н.

Пермский государственный национальный исследовательский университет
SolovevaTN@ya.ru

Статья посвящена вопросам формирования учебных материалов, в частности задачников для использования их в электронных образовательных ресурсах. Основное внимание уделено качественным характеристикам текста и количественным характеристикам заданий.

Ключевые слова: задачник, электронный образовательный ресурс, количественные характеристики текстов.

On development of tasks for electronic educational resources. Soloveva T.N. Perm State University

The article is devoted to the development of educational materials, in particular, tasks books for use in electronic educational resources. The main attention is paid to the qualitative characteristics of the text and the quantitative characteristics of the tasks.

Key words: task book, electronic educational resource, quantitative characteristics of texts.

Введение

Электронные образовательные ресурсы (ЭОР) стали одним из важных инструментов информатизации образования и являются неотъемлемой его частью на всех уровнях подготовки.

На сегодняшний день, очевидно, что использование ЭОР повышает эффективность обучения за счет введения в образовательный процесс элементов интерактивности, наглядности, позволяет совершенствовать методику преподавания дисциплин, сохраняя знания и лучшие методики наиболее опытных преподавателей, способствует формированию и совершенствованию базы методических материалов.

Для успешного изучения дисциплины необходимо создать среду саморазвития учащегося. Одной из ее составляющих является система заданий (задач) такая «...что она инициирует интеллектуальную деятельность ученика, направленную на освоение знания» [1, с. 29]. ЭОР предоставляет такую возможность.

Постановка проблемы

Как правило, ЭОР содержит демонстрационную и/или обучающую часть и наборы заданий для закрепления изученного. Тексты демонстрационной и/или обучающей частей должны быть достаточно лаконичны и учитывать научность дисциплины и уровень знаний учащихся. Задания и задачи используются как на этапе объяснения нового материала, так и для контроля уровня усвоения.

При разработке заданий опираемся на работу академика В. И. Арнольда: «Чем определить уровень подготовки математика? Ни перечень курсов, ни их программы уровень не определяют. Единственный способ зафиксировать, чему мы действительно научили своих студентов – это перечислить задачи, которые они должны уметь решать в результате обучения. Речь идет здесь не о каких-либо трудных задачах, а о тех простых вопросах, которые составляют строго необходимый минимум» [2].

Опыт показал, что для формирования «хорошего» задачника необходимо учесть два важных момента: 1) качественный текст имеющий приемлемый показатель удобочитаемости, опирающийся на тезаурус дисциплины и учитывающий тезаурус учащегося, и 2) предварительный расчет времени на выполнение заданий, т.к. время и нагрузка на учащегося должны быть нормированы. В случае использования материалов в ЭОР заданий должно быть достаточно для неоднократного использования учащимися, также наличие уровней сложности мотивирует на достижение лучших результатов.

Проектируя занятие по дисциплине преподаватель подбирает различные учебные материалы которые бы в полной мере и на должном уровне отражали изучаемую тему или раздел. Также необходимо подобрать или сформулировать задания для закрепления изученного. Для того чтобы

получить качественный набор заданий, в статье приведена последовательность этапов используемых автором.

1. О тексте учебных материалов и заданий

Очень часто на сайтах и в пособиях можно встретить «трудночитаемые» тексты и задания, для понимания таких текстов может потребоваться большее время, что в итоге может привести к снижению мотивации или даже отказу от работы.

Для того чтобы избежать подобных случаев подобранный преподавателем учебный материал структурируется, разделяется по уровням сложности (узнавания, репродуктивный и уровень умений), формируются тексты учебного материала и заданий.

При формировании текста учитывается комплексная характеристика – удобочитаемость. Для получения показателей удобочитаемости можно воспользоваться средствами текстового процессора, например, MS Word.

Показатели удобочитаемости рассчитываемые MS Word включают два показателя:

1) *легкости чтения по Флешу* – рассчитываются по среднему числу слогов в слове и слов в предложении. Значение показателя варьируется от 0 до 100. Чем выше значение показателя, тем легче прочесть текст. Рекомендуемый диапазон значений для обычного текста от 60 до 70.

2) *уровень образования по Флешу-Кинсайду* – показатель соответствует принятому в США образовательному индексу. Тем не менее, для текстов на русском языке он тоже применим. Из опыта использования стало понятно, что рекомендуемый диапазон значений для обычного текста: от 7,0 до 8,0.

После корректировки текстов до приемлемых показателей переходим к вычислению количества информации в заданиях, чтобы выяснить какое время обучаемому потребуется для понимания текста задания.

Для вычисления объемного количества информации автором используется следующий подход.

Опираясь на [3], считаем что одно слово русского языка несет информацию 12-14 двоичных единиц (бит), для учебных заданий было использовано значение 13. Следовательно,

$$Q = 13 * N,$$

где Q – количество информации в одном задании (бит),

N – количество слов в задании.

Количество слов в задании не трудно подсчитать средствами текстового процессора, например, MS Word, выделить текст задания и задать команду «Сервис/Статистика».

Используя такой подход формируются учебные материалы и задания по дисциплине.

2. О количестве заданий

В педагогической практике часто поднимается вопрос – сколько заданий должно быть в срезовой или итоговой контрольной работе. Очевидно, что количество заданий зависит от времени выделенного на контрольное мероприятие с учетом уровня усвоения учебного материала обучающимися.

Поэтому важно оценить среднее количество времени, которое потребуется для выполнения задания или всего варианта в целом. Также это поможет спланировать самостоятельную внеаудиторную работу обучаемого с применением ЭОР, и позволит рекомендовать количество заданий для самостоятельного выполнения, например, дома, не перегружая обучаемого.

Очевидно, что время решения зависит от объема задания и уровня усвоения учебного материала по теме или разделу.

Оценку времени можно сделать, опираясь на известные количественные характеристики информационных процессов в обучении и усредненные данные, из психолого-педагогической литературы:

- одно слово русского языка несет информацию 12-14 дв.ед. (бит) [4, с. 87];
- скорость усвоения 2 бит/с [4, с. 90], [5].

Тогда среднее количество заданий, которое можно выполнить за время, отведенное на практическом занятии:

$$n = t_{\text{прим}} / t_{\text{реш}}, \quad (1)$$

где

$t_{\text{прим}}$ – время отведенное на контроль;

$t_{\text{реш}}$ – среднее время на решение одного задания из индивидуального варианта.

Среднее время на решение одного задания из индивидуального варианта

$$t_{\text{реш}} = k_{\text{энтроп}} \cdot Q_{\text{задания}} / v_{\text{усвоения}}, \quad (2)$$

где

$k_{энтроп}$ – эмпирический коэффициент, учитывающий энтропию условия задания при самостоятельном выполнении;

$Q_{задания}$ – количество информации, содержащееся в одном задании варианта, бит; может быть вычислено как произведение количества слов в задании выборки и объемом информации в одном слове задания (12-14 бит);

$v_{усвоения}$ – средняя скорость усвоения, бит/с (2 бит/с).

Например, преподаватель планирует 15 минут для небольшой контрольной по теме, тогда используя вышеприведенные формулы, получим, что в среднем обучаемый сможет выполнить 6-7 заданий репродуктивного уровня.

Составляя набор заданий для ЭОР, преподаватель должен подготовить минимум 7 заданий для каждого обучаемого. Используя возможность тасовать задания, задавая различный порядок предъявления, не обязательно готовить 7 уникальных заданий для каждого обучаемого в группе, но очевидно что база заданий должна быть достаточной чтобы избежать совпадений.

Используя количественные характеристики информационных процессов нельзя забывать о том, что речь идет об объемном количестве информации (а не семантическом) и приемником информации является человек (обучаемый). Именно поэтому тщательная работа над текстами заданий учитывающая тезаурус обучаемого является необходимой.

Заключение

В преподавании дисциплины информатика на лабораторных работах у студентов первого курса географического факультета ПГНИУ были использованы авторские мультимедийные материалы (ЭОР) подготовленные по описанному выше подходу с целью повышения успешности обучения. Педагогический эксперимент показал, что уровень усвоения учебного материала стал значительно выше и кроме того изменилась структура учебной группы.

*** HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS *
Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

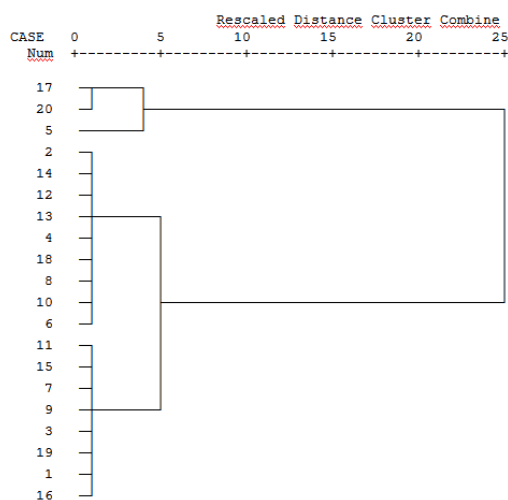


Рисунок 1. Структура группы после входного контроля

*** HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS *
Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

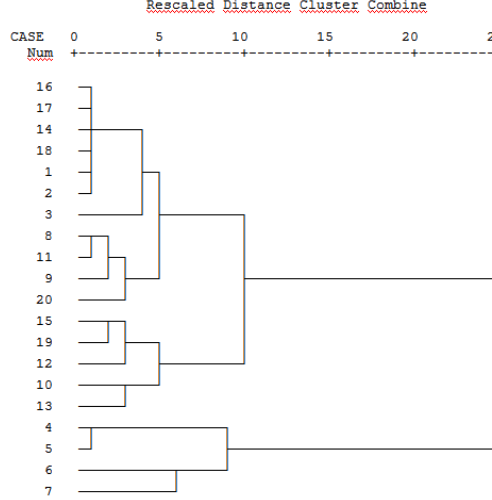


Рисунок 2. Структура группы после темы с применением ЭОР

На первой лабораторной работе проведен входной контроль по дисциплине (см. рис. 1) и по итогам работы в середине семестра был проведен текущий контроль (см. рис. 2), полученные результаты были проанализированы с помощью кластерного анализа [6]. За счет использования ЭОР с заданиями содержащими специально подготовленный текст, и проведение контрольных мероприятий по авторским задачникам, происходит индивидуализация образовательного процесса, что приводит к изменению структуры учебной группы.

Литература

1. Башмаков А. И., Башмаков И. А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. М.: Филинь, 2003. 616 с
2. Арнольд В.И. Математический тривиум // Успехи математических наук. 1991. Т. 46, вып. 1(277). С. 225–232.
3. Беспалько В.П. Программированное обучение. – М.: Высшая школа, 1970. 300 с.

4. Беспалько В. П. Слагаемые педагогической технологии. М.: Педагогика, 1989. 192 с.
5. Ительсон Л. Б. Математические и кибернетические методы в педагогике. М.: Просвещение, 1968. 248 с.
6. Крамер Д. Математическая обработка данных в социальных науках: современные методы: учеб. пособие для студ. высших учеб. заведений М.: Издательский центр «Академия», 2007. 288 с.

МОДЕЛИ И МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Сотников А.Д., Катасонова Г.Р.

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
Санкт-Петербургский государственный институт культуры
+7(911)9930666, adsotnikov@mail.ru, +7(903)0955810, 1366galia@mail.ru

Рассмотрены вопросы развития высшего образования в современном «цифровом» мире, в частности, структурные характеристики основного продукта образовательной деятельности, который в современной формулировке называется компетенцией. С учетом данных характеристик рассмотрены модели и методики анализа образовательной системы. Исследование проводилось с привлечением высокоуровневой дескриптивной модели инфокоммуникаций, объектной и сервисной моделей. Первая модель представляет собой многоуровневую структуру, в которой образовательная система имеет логически организованную совокупность последовательно взаимодействующих подсистем, с помощью которой, возможно описание процессов информационного взаимодействия. Вторая – объектная модель необходима для результативного анализа структуры компетенций, позволяющая описать как количественные характеристики, так и поведенческие (алгоритмические) свойства объекта. Данный анализ помогает с единых позиций рассмотреть понятия «компетенции», «знания», «умения», «навыки» и определить их соотношение друг с другом. Такой подход обладает новизной и позволяет строить количественные модели компетенций, которые необходимы для обоснованного формирования образовательных программ, их объективного сравнения и оценки, организации управленческих процессов в образовательных системах.

Ключевые слова: цифровая экономика, образование, компетенции, доменная модель, объектная модель, сервисная модель

Models and methods of analysis of the educational system. DSc Sotnikov A.D., Katasonova G.R., «The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications», «The Saint-Petersburg State Institute of Culture».

The issues of the development of higher education in the modern "digital" world, in particular, the structural characteristics of the main product of educational activity, which in modern formulation is called competence, are considered. Taking into account these characteristics, models and methods of analysis of the educational system are considered. The research was conducted with the involvement of a high-level descriptive model of infocommunications, object and service models. The first model is a multilevel structure in which the educational system has a logically organized set of sequentially interacting subsystems, with the help of which, a description of the processes of information interaction is possible. The second - the object model is necessary for effective analysis of the structure of competencies, allowing to describe both quantitative characteristics and behavioral (algorithmic) properties of the object. This analysis helps to consider the concepts of "competence", "knowledge", "skills", "skills" from a unified position and determine their relationship with each other. This approach is novel and allows building quantitative models of competencies that are necessary for the well-founded formation of educational programs, their objective comparison and evaluation, and the organization of managerial processes in educational systems.

Keywords: digital economy, education, competences, domain model, object model, service model

В тексте программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [1] в части, касающейся образовательной деятельности, акцент делается на необходимости формирования нового типа компетенций, называемых «цифровые». Данные компетенции олицетворяют собой самые передовые навыки и умения участников образовательной деятельности, которую на сегодняшний день можно рассматривать как часть социума, постоянно видоизменяющуюся и формирующуюся с учетом «внешних» обстоятельств [3]. В связи с этим, необходимо рассмотреть свойства образовательной системы (ОС), ее внутренние характеристики, элементный состав, структуру системы, которые смогут обеспечить эффективное взаимодействие всех ее составляющих для достижения определенной цели.

Сегодня, несмотря на высокую технологичность, образование по-прежнему рассматривается как творческий процесс в большей степени напоминающий искусство, нежели науку. Это не позволяет

использовать современные формальные методы анализа образовательной деятельности и точно оценивать ее результаты. Предлагается рассматривать образовательную систему как частный случай производственной системы и использовать известные формализованные модели и методики для задач анализа и совершенствования подобных систем.

Используя системную методологию, в качестве первоочередной задачи определим структурные характеристики образовательной системы и, затем, процессы, направленные на целенаправленное функционирование системы. Цель любой производственной системы - создание продукта, т.е. результата деятельности с заданными свойствами с определением требований к исходному сырью, производственному процессу, инструментальным средствам и к качеству получаемого результата (продукта). Интересным представляется тот факт, что все перечисленные элементы, как и сама система в целом (вне зависимости от прикладной области и специфики ее применения) формально могут быть описаны и количественно измеримы. Используя подобный подход, становится естественным применение к ОС методов организации и управления деятельностью, начиная от использования информационных систем, бизнес-планов до реинжиниринга бизнес-процессов.

Однако, трудность при таком подходе вызывает тот факт, что образовательная деятельность имеет связь не с материальными объектами, а с информационными и когнитивными сущностями, оперировать которыми сегодня достаточно непривычно [5]. Такие понятия, как «компетентностный подход», «знания», «умения», «навыки» являются фундаментальными характеристиками результирующего продукта производственной деятельности ОС, но не всегда вписываются в современные нотации бизнес-процессов предприятий [9]. В решении данной проблемы поможет использование доменной модели инфокоммуникаций [8] успешно применяющейся при анализе сложных инфокоммуникационных систем. Модель с общих позиций рассматривает физические, информационные и когнитивные сущности, которые встречаются и в образовательной деятельности и в других предметных областях.

Образовательная система предоставляет передачу сущностей когнитивного домена от одного субъекта к другому через субъекты информационного и физического доменов с преобразованием тезаурусов этих сущностей с определенными потерями и искажениями. Вопросы генерации, доставки и представления знаний также успешно рассматриваются данной моделью со строгих позиций, допускающих количественную оценку и обоснованные выводы о преимуществах и недостатках конкретной реализации ОС, в частности о ее конкурентных преимуществах перед другими ОС [6].

Каждый вышеописанный объект располагает многовариантным представлением в определенном домене и формально описывается формулой:

$$\left[\left\langle \left\langle A_n \right\rangle^{\xi A_n} \right\rangle_{n=1, \dots, N} \right]^{\xi C^m} \xleftrightarrow[Q_{22}]{\xi C^m \xi C^k} \left[\left\langle \left\langle A_n \right\rangle^{\xi A_n} \right\rangle_{n=1, \dots, N} \right]^{\xi C^k} \quad \begin{matrix} k=1, \dots, K \\ m=1, \dots, M \end{matrix}$$

где:

A_n - объект физического домена,

C_n^m - n -й информационный объект (элемент тезауруса системы),

ξC_n^m - тезаурус m -ой информационной системы,

$\langle A_n \rangle^{\xi A_n}$ - одно (n -ое) из множества возможных представлений объекта A_n ,

$\xrightarrow[Q_{22}]{\xi C^m \xi C^k}$ - прямое (и аналогичное обратное) преобразование тезаурусов систем, представленных в соседних доменах при трансляции информационного представления (образа) объекта между доменами,
 N - количество объектов (сущностей),
 M - количество информационных систем.

Оценка результатов функционирования образовательной системы, осуществляемая с помощью компетентностной модели, подразумевает, что у компетенций не только присутствуют, но должны быть достаточно точно определены их характеристики, обладающие ценностью, что требует выявления структурных компонентов с соответствующими свойствами компетенций. Анализ компетенций любой образовательной программы на первом этапе выполняется в виде выявления основных профессиональных областей локализации программы, для которых затем определяются основные сущности и их соотношение (взаимосвязь) к одному из трех доменов [7].

Каждый домен охватывает несколько видов образовательной деятельности. Когнитивный домен включает следующие виды деятельности: 1) знакомство с новыми теоретическими знаниями, способствующими формированию новых сущностей данного домена и расширяющие тезаурус субъекта

в определенной профессиональной области); 2) получение и накопление знаний, формирование взаимосвязей между уже известными объектами. К примеру, выявление взаимосвязи между дискретными сигналами и цифровой техникой.

Информационный домен большей своей частью связан с понятием «умения» (алгоритмические и процессно-ориентированные задачи). Примером применения информационного домена может служить алгоритм перевода из одной системы счисления в другую.

Физический домен направлен на формирование устойчивых «навыков». Это преимущественно вопросы, связанные с формированием способностей эффективной реализации типовых однотипных работ, которые выполняются автоматически и не требуют серьезного анализа. Данный тип задач используется, в основном, учащимися среднего и начального профессионального образования. Задачи, охват которых, концентрируются преимущественно в когнитивном и информационном доменах используются, как правило, при обучении студентов в высшей школе.

Доменная модель охватывает предметную область в которой происходит процесс обучения, описывая деятельность и обучаемого и педагога в рамках образовательной системы. Образовательная деятельность, в свою очередь, также является компонентом доменной модели, что затрудняет анализ образовательного процесса. Данная проблема решается с использованием известной объектной модели, инкапсулирующей статические и динамические свойства (атрибуты и методы) объекта. Предлагаемая объектная модель позволит ограничить чрезвычайно широкий состав доменной модели определенными классами объектов. При этом в компетенции выделяются атрибуты, соотнесенные с фактологическими данными, традиционно трактуемыми как «знания», и алгоритмическими или процессно-ориентированными «умениями» и «навыками». Наследование как свойство объектной модели также является чрезвычайно полезным особенно с позиций практического конструирования компетенций в реальных ОС, позволяя формализовать и автоматизировать ряд технологических процедур. Использование объектной модели при современном компетентностном подходе позволяет использовать в процессе соизмеримости и взаимосвязанности фактологических знаний с алгоритмическими механизмы инкапсуляции, наследования и полиморфизма.

Процесс осуществления правильного перехода от классических понятий «умения», «навыки», «знания» к компетенциям является промежуточной задачей данного процесса. Решая данную задачу можно получить следующие соотношения: объекты, отнесенные к когнитивному домену - категория «знать»; объекты информационного домена - категория «уметь»; сущности физического домена - категория «использовать» (инструментальные навыки).

Использование вышеуказанных моделей позволит применить методику проведения оценки компетенций любой образовательной программы для последующего наполнения ее содержанием по принципу сервисной модели, представляющей собой сервисные портфели, формируемые на основе учебно-методических комплексов (УМК), образовательных порталов, информационных систем с использованием новейших технологий [4]. Это, в свою очередь, видоизменяет и саму структуру образовательного процесса, так как появляются должности разработчика поддержки и развития сервиса образовательных ресурсов, ответственных координаторов учебного процесса; преподавателей-менторов, тьюторов, проводящих контроль и оценку результатов работы сервисной модели. В итоге, формируется единый мощный инструмент по оптимизации и управлению единым центром необходимых компетенций в рамках одного направления подготовки с необходимыми методиками, образовательными ресурсами, технологиями, процессами и синергия усилий по их оптимизации [10]. Преимущества данного подхода заключаются в трансформации образовательных услуг для достижения устойчивого формирования у обучающихся необходимых компетенций.

Сегодня в условиях глобализации образования в педагогическом сообществе значительное внимание уделяется изучению и внедрению компетентностного подхода, технологиям и методикам образовательных процессов, справедливо отмечая их влияние на эффективность и результаты деятельности вузов [2]. Анализ структурных характеристик компетентности с использованием вышерассмотренных моделей и методов позволяет рассматривать систему образования на основе определенных свойств (набора компетенций), где структурные и количественные характеристики могут быть заданы формально и определены количественно в зависимости от выбранной траектории обучения.

Литература

1. Программа «Цифровая экономика» Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-п// <http://government.ru/> (дата обращения 03.08.2018).
2. Абрамян Г.В., Катасонова Г.Р. Инвестиционно-кредитная модель организации наукоемкого высшего образования в условиях глобализации трудовых рынков и производств//Современные наукоемкие технологии. 2016. № 8-2. С. 275-279.
3. Катасонова Г.Р. Система формирования содержания обучения бакалавров управленческих специальностей//Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 1. № 2. С. 179-185.

4. Катасонова Г.Р. Использование «облачных вычислений» при обучении бакалавров информационным технологиям в менеджменте. Ученые записки ИСГЗ. 2013. № 1-II. С. 87-93.
5. Сотников А.Д. Модели когнитивных взаимодействий в сервис-ориентированных системах/ А.Д. Сотников, Г.Р. Катасонова, Е.В. Стригина //Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. С. 118.
6. Сотников А.Д., Катасонова Г.Р. Модели прикладных и социально-ориентированных инфокоммуникационных систем//Фундаментальные исследования. 2015. № 2-27. С. 6070-6077.
7. Сотников А.Д., Катасонова Г.Р. Проектирование модели образовательной деятельности на основе доменной, объектной и сервисной моделей// Современные наукоемкие технологии. 2018. № 2. С. 159-163.
8. Сотников А.Д., Катасонова Г.Р., Стригина Е.В. Модели информационного взаимодействия в системе непрерывного образования//Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. С. 484.
9. Sotnikov A.D., Rogozinsky G.G. The Multi-Domain Infocommunication Model as the Basis of an Auditory Interfaces Development for Multimedia Informational Systems//T-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2017, vol. 11, iss. 5, pp. 77-82.
10. Sotnikov A., Katasonova G. Applied Infocommunication Systems And Their Models//Proceedings of the IV International research conference "Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine" (ITSMSSM 2017)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ ОТЧЕТОВ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМОАКЦИЯМИ

*Абраменко Д.А., Ковин Д.Д., Бушмелева К.И., **Увайсов С.У.

*Сургут, ИП Абраменко Д.А., Сургут, Сургутский государственный университет, **Москва,
Московский технологический университет МИРЭА
+7 (900) 388-73-60, abramenk@gmail.com

Статья посвящена моделированию подсистемы отчетов для информационной системы управления промоакциями. Данная подсистема отчетов используется для повышения эффективности и автоматизации бизнес-процессов компании по ремонту компьютерной техники «Express Service», а так же для расширения функциональных возможностей информационной системы управления промоакциями.

Ключевые слова: подсистема отчетов, информационная система, модель, управление промоакциями, промоутер, супервайзер, администратор

Modeling of information management system for promotion of computer engineering repair company.
*Abramenko D., Kovin D., Bushmeleva K., **Uvaysov S., *Surgut, IP Abramenko D., Surgut, Surgut State University, **Moscow, Moscow Technological University MIREA

The article is devoted to the modeling of the reporting subsystem for the information management system of promo actions. This reporting subsystem is used to improve the efficiency and automation of the company's business processes for the repair of computer equipment "Express Service", as well as to expand the functionality of the information management system for promo actions.

Keywords: subsystem of reports, information system, model, management of promo actions, promoter, supervisor, administrator

Знание рынка и его процессов изначально было заботой предпринимателей. Оно позволяло им обоснованно принимать решения и планировать на перспективу. Чтобы принять оптимальное управленческое решение, предприятию необходимо производить тщательный анализ имеющихся данных. Неверная оценка экономической ситуации или распределение финансовых расходов часто бывают связаны с ошибочными расчётами во время анализа и подведения статистики.

Процессом создания отчетов и статистики занимается администратор, вручную собирая информацию из различных источников. Данный способ влечет за собой ряд проблем, связанных с неточностью расчётов и сопоставления полученных данных. Для повышения эффективности необходимо с высокой точностью сортировать полученную информацию и на их основе составлять необходимые руководителю отчеты.

Поэтому предпринимателям необходим программный продукт, позволяющий произвести безошибочный анализ предприятия с выводом отчетности для принятия управленческих решений.

При работе в компании возникает много трудностей связанных с подведением статистики и обработкой полученных данных администратором, например, ошибочный расчет или пропуск некоторых

показателей. Чтобы избежать данных проблем требуется вести автоматизированный учет всех получаемых данных в системе с последующей обработкой. Ввиду отсутствия на рынке подсистемы с полным набором необходимого функционала возникает необходимость в разработке собственной подсистемы.

Данная подсистема является актуальной как для компании ИП Абраменко Д.А. и информационной системы управления промоакциями, так и может найти применение для большинства предприятий, связанных с рекламной деятельностью и проведению промоакций. С практической точки, система будет применяться на предприятии в целях улучшения бизнес-процессов деятельности, сокращения финансовых издержек, оптимизации работы сотрудников, представления наглядной статистики и отчетов для лучшего управления рекламной деятельностью предприятия.

В процессе разработки подсистемы были поставлены следующие функциональные задачи:

- расчёт заработной платы промоутеров и супервайзеров;
- подсчёт статистики;
- построение финансовых отчетов;
- экспорт отчетов в формате PDF;
- сортировка отчетных данных;
- печать отчетов.

На первом этапе моделирования информационной системы управления промоакциями была разработана функциональная модель, в частности на рисунке 1 представлена подсистема отчетов, реализованная с использованием стандарта IDEF0 и позволяющая описывать бизнес-процессы [1-3].



Рисунок 1 - Функциональная модель подсистемы отчетов – верхний уровень

Подсистема отчетов - это модуль сбора, анализа данных и расчёта заработной платы для информационной системы управления промоакциями «PromoERP». Информационная система «PromoERP» разрабатывается отдельно и впоследствии описываемый здесь модуль будет встроен в уже готовую автоматизированную систему.

На вход подсистемы поступает запрос отчета, данные из системы «PromoERP» о выполненных задачах и сотрудниках, данные из системы «Ремонт Онлайн» о заказах компании. «Ремонт Онлайн» - система для ведения учёта заказов и клиентской базы. Данные, полученные из системы, необходимы для формирования статистики и финансовых отчетов.

Из указаний выступает руководство по API, НСИ (нормативно-справочная информация), положение об оплате труда и формат отчетов.

Ресурсами выступают клиенты, СУБД, сервер, администраторы.

На выходе функциональной модели пользователь получает отчет по заработной плате, статистику и финансовый отчет.

Более детальное представление продемонстрировано на рисунке 2.

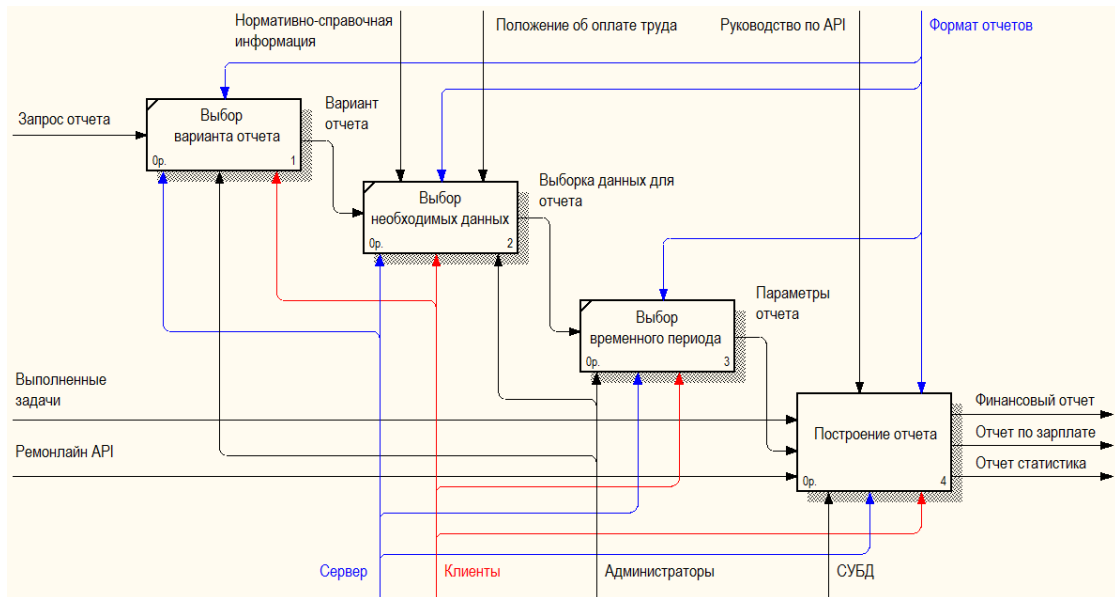


Рисунок 2 - Функциональная модель – декомпозиция верхнего уровня модели системы

На вход подступают запрос отчета, происходит выбор необходимых данных, далее происходит выбор временного периода. После этого формируется необходимый пользователю отчет.

Далее, на рисунке 3 продемонстрировано построение отчета более детально.

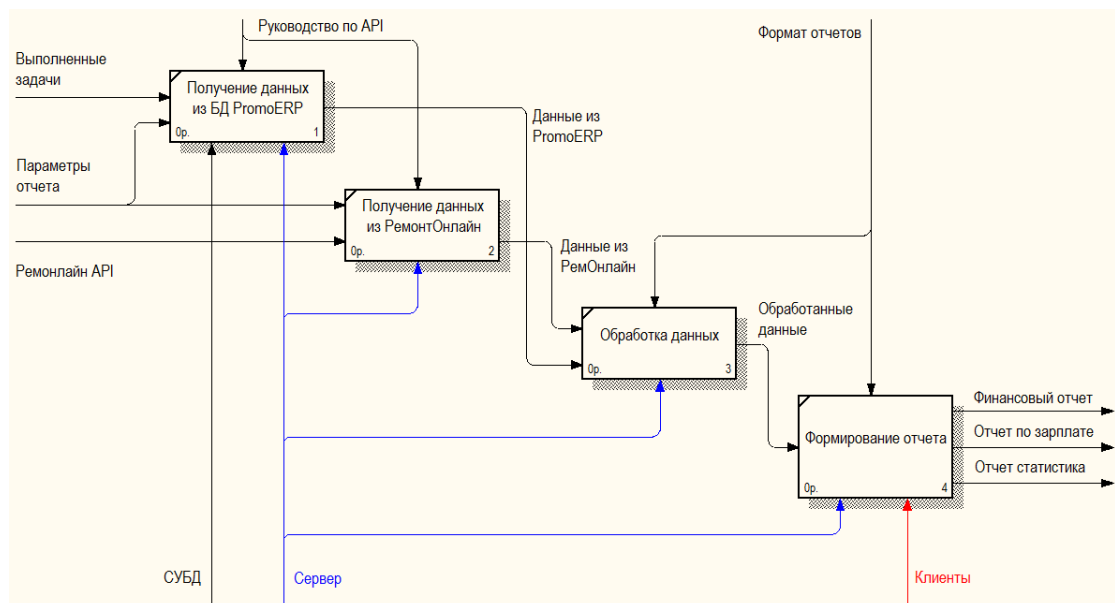


Рисунок 3 - Функциональная модель подсистемы – детализация процесса построения отчета

На вход подсистемы поступают данные из «PromoERP» и «РемонтОнлайн», входные параметры отчета. После сбора всей необходимой информации подсистема обрабатывает данные и формирует отчет в необходимом формате. На выходе получаем выполненный отчет.

Вторым этапом моделирования информационной системы была разработка инфологической модели предметной области, позволяющая представить обобщенное описание предметной области, выполненное с использованием языковых средств, не зависящих от используемых в дальнейшем программных средств и ЭВМ. Цель инфологического моделирования – обеспечение наиболее естественных для человека способов сбора и представления той информации, которую предполагается хранить в создаваемой базе данных.

Создание автоматизированной системы начинается с информационного моделирования, то есть сначала создаётся семантическая модель. Одной из наиболее распространённых моделей данных является «сущность-связь» (Entity-Relationship), или ER-модель. В основе ER-модели лежит понятие сущность, с помощью которой моделируется класс однотипных объектов. Сущность имеет имя,

уникальное в пределах моделируемой системы. Так как сущность соответствует некоторому классу однотипных объектов, то предполагается, что в системе существует множество экземпляров данной сущности. Объект, которому соответствует понятие сущности, имеет свой набор атрибутов - характеристик, определяющих свойства данного представителя класса. Все моделирование предметной области основано на использовании графических диаграмм – ER-диаграмм (Entity-Relationship Diagrams). Плюсом этого подхода является то, что в результате получается наглядная концептуальная схема базы данных.

Инфологическая модель предметной области представлена на рисунке 4. Стержневые сущности представлены в виде зелёных прямоугольников, связи между сущностями в виде голубых ромбов, а атрибуты сущностей в виде бордовых овалов.

Для реализации подсистемы будет использоваться среда разработки NetBeans IDE 8.2 [4] – это интегрированная среда разработки, которая поддерживает несколько языков программирования, включая PHP [5] и Javascript [6]. Данная среда так же поддерживает языки разметки веб-страниц HTML и CSS. В качестве основы для разработки используется Codeigniter 3 [7] – свободный MVC фреймворк для разработки веб-приложений на PHP. Для работы с БД Codeigniter использует собственный ORM, в котором модель данных описывается классами PHP.

В качестве базы данных для веб-приложения, в которую будет интегрирована подсистема, будет использоваться MySQL [8] - система управления реляционными базами данных (РСУБД). БД MySQL использует парадигму клиент-сервер, то есть движок MySQL является отдельно работающим процессом на сервере, с которым взаимодействует приложение.

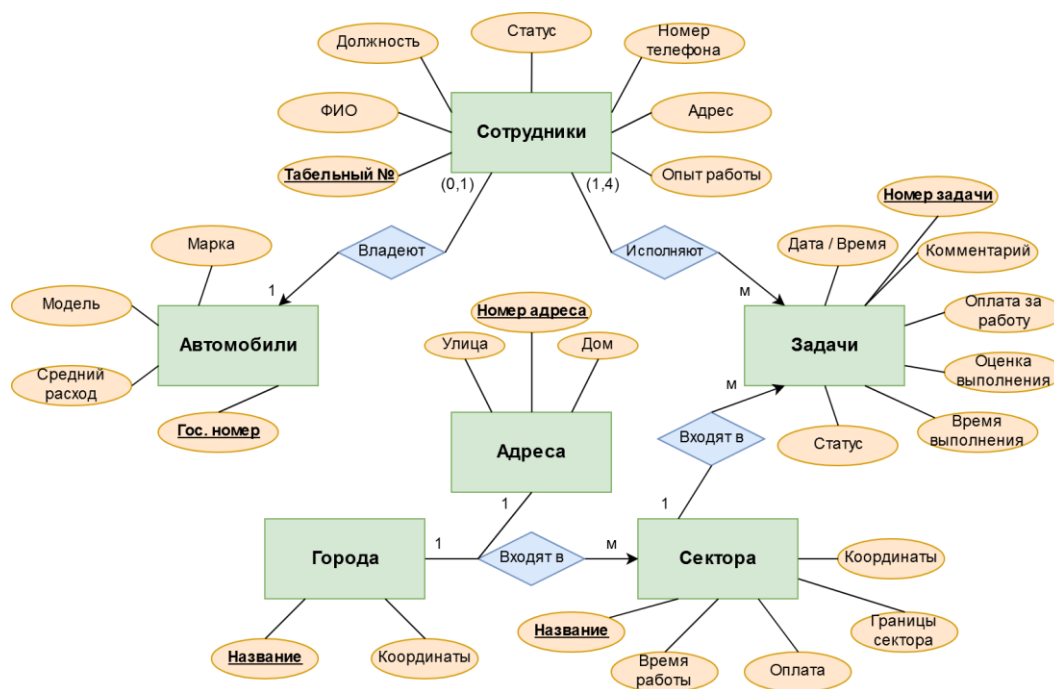


Рисунок 4 – Инфологическая модель предметной области

Веб-приложение будет использовать паттерн «Model - View – Controller» (MVC, «Модель - Представление - Контроллер», «Модель - Вид - Контроллер») - схема разделения данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер - таким образом, что модификация каждого компонента может осуществляться независимо:

- Модель (Model) предоставляет данные и реагирует на команды контроллера, изменяя своё состояние;
- Представление (View) отвечает за отображение данных модели пользователю, реагируя на изменения модели;
- Контроллер (Controller) интерпретирует действия пользователя, оповещая модель о необходимости изменений.

Для оформления интерфейса будет использоваться библиотека Bootstrap 4 [9], свободный фреймворк для создания адаптивных веб-приложений. Включает в себя HTML и CSS шаблоны для оформления веб-интерфейса, включая JavaScript расширения.

Для создания динамического интерфейса использовалась библиотека jQuery 3.3.1 [10]. Gijgo - это javascript библиотека, которая представляет собой набор бесплатных компонентов для быстрой разработки сложных элементов пользовательского интерфейса [11]. Данная библиотека обладает большой скоростью работы, а так же отлично сочетается с Bootstrap 4 и jQuery. Для вывода данных в виде диаграмм используется библиотека Chart [12]. Для экспорта и печати данных будет использоваться библиотека DomPDF [13].

В заключении следует отметить, что результаты осуществленного моделирования, позволяют оценить разрабатываемую подсистему и те ресурсы, которые необходимо привлечь для ее последующей реализации.

Литература

1. Bushmeleva K.I., Plusnin I.I., Bushmelev P.E., Uvaysov S.U. Modeling the optimal parameters for a remote sensing device //Measurement Techniques. - 2011. - V.54, №3. – P. 294 – 299.
2. Плюснин И.И., Бушмелев П.Е., Бушмелева К.И., Дергунов Н.В. Модель системы мониторинга объектов газотранспортной сети на основе топологии Mesh //Инновационные информационные технологии: Материалы межд. науч.-прак. конф. «IT²-2013».- Прага, апрель 2013. – М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2013. Т. 3. – С. 88 – 94.
3. Бушмелев П.Е., Расальские С.А., Увайсов С.У., Бушмелева К.И., Плюснин И.И. Модель сенсорной сети телекоммуникационной системы контроля утечек метана //Качество. Инновации. Образование. – 2015. - №3. – С. 28 – 34.
4. Описание среды разработки NetBeansIDE [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/NetBeans>
5. Описание языка программирования PHP [Электронный ресурс]. URL:<https://ru.wikipedia.org/wiki/PHP>
6. Описание языка программирования JavaScript [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/JavaScript>
7. Описание фреймворка Codeigniter 3 [Электронный ресурс]. URL: <http://codeigniter3.info/>
8. Описание СУБД MySQL [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mysql.com/>
9. Описание библиотеки Bootstrap 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://bootstrap-4.ru/docs/4.1/getting-started/introduction/>
10. Описание библиотеки jQuery 3.3.1 [Электронный ресурс]. URL: <https://blog.jquery.com/category/jquery/>
11. Описание библиотеки Gijgo [Электронный ресурс]. URL: <http://gijgo.com/>
12. Описание библиотеки Chart [Электронный ресурс]. URL: <http://www.chartjs.org>
13. Описание библиотеки DomPDF [Электронный ресурс]. URL: <http://dompdf.github.io/>

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РЕАЛЬНОГО ОПЦИОНА ПРИ ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ: ПРАВОВОЙ И АНАЛИТИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ

Федосеев С.В.

Российский государственный университет правосудия
+7 (962) 970-62-19, fedsergvit@mail.ru

В статье: выявлено правовое содержание понятия «опцион»; проведен содержательный анализ двух моделей правового регулирования опционов (опцион на заключение договора и опционный договор); определены отличия опциона от обычной безотзывной оферты и от предварительного договора; выполнен анализ понятия реального опциона, как инструмента для оценки предлагаемых к реализации инвестиционных проектов и выбора лучшего из них, определены его сходство и отличие от финансового опциона; установлено, что использование реальных опционов, как схемы принятия решений, приводит к снижению рисков и увеличению управленческой гибкости; предложен многопоказательный подход к оценке реальных опционов; приведена адаптация методов принятия решений для реальных опционов; обосновано применение многопоказательного дисконтирования при принятии решений с использованием концепции реального опциона; сделан вывод о том, что реальные опционы являются универсальным инструментом принятия решений.

Ключевые слова: опцион; опцион на заключение договора; опционный договор; инвестиционный проект; реальный опцион; управленческая гибкость; методы оценки реального опциона; принятие решений в условиях неопределённости; метод обобщённого показателя; многопоказательное дисконтирование.

Application of the method of real option at assessment of investment projects: legal and analytical aspects. Fedoseev S.V., Russian State University of Justice.

In article: the legal content of the concept "option" is revealed; a meaningful analysis of two models of the legal regulation of options (option to conclude a contract and an option agreement); the options are differentiated from the usual irrevocable offer and from the preliminary contract; the analysis of the concept of a real option as a tool for evaluating investment projects proposed for implementation and choosing the best one is made, its similarity and difference from a financial option are determined; it is established that the use of real options, as a decision-making scheme, leads to a reduction in risks and an increase in managerial flexibility; a multi-indicative approach to the evaluation of real options is proposed; adaptation of decision-making methods for real options is provided; the application of multi-indicative discounting in making decisions using the concept of a real option is justified; concluded that real options are a universal tool for decision-making.

Key words: option; option to conclude an agreement; option agreement; investment project; a real option; managerial flexibility; methods for evaluating a real option; decision-making under conditions of uncertainty; method of the generalized indicator; multicasting discounting.

Федеральный закон от 08.03.2015 N 42-ФЗ ввел в Гражданский кодекс Российской Федерации статьи 429.2 и 429.3, которые определили новый институт российского законодательства – институт опциона. В общем случае опцион определяется как договор, реализация которого зависит от одной из сторон - держателя (покупателя) опциона, который может, как воспользоваться правом активировать опцион на предусмотренных условиях, порядке и сроках, так и не воспользоваться этим правом.

Сторона, предоставляющая опцион (продавец) пассивно ожидает реализации держателем опциона его права. Опционная премия является для предоставляющей стороны компенсацией при возможном отказе держателя активировать опцион.

Ранее в российском законодательстве существовал институт предварительного договора. В соответствии со ст. 429 ГК РФ в предварительном договоре должны быть согласованы все существенные условия основного договора. На практике такое требование трудно выполнимо и целесообразно было бы определять в предварительном договоре только основные позиции (например, предмет основного договора), а определение иных конкретных условий относить на более поздние стадии. При этом подтверждалось бы желание сторон связать друг друга обязанностью заключить договор в будущем. Институт опциона введен в российское законодательство для достижения именно этих целей.

Определены две модели регулирования опциона [1]:

- *опцион на заключение договора* (ст. 429.2 ГК РФ);

- *опционный договор* (ст. 429.3 ГК РФ).

В соответствии с п. 1 ст. 429.2 ГК РФ *опцион на заключение договора* представляет собой соглашение сторон, в соответствии с которым одна сторона предоставляет другой стороне (держателю опциона) безотзывную оферту на заключение в будущем договора на заранее согласованных условиях.

Опцион на заключение договора предоставляется, как правило, на длительный период времени и именно в этом состоит его отличие от обычной безотзывной оферты.

Отличие же от предварительного договора заключается в том, что держатель опциона получает право, а не обязанность заключить договор в будущем. Если держатель опциона реализует свое право на акцепт, то договор считается заключенным автоматически на условиях, определенных в опционе.

Опционный договор (ст. 429.3 ГК РФ) представляет собой еще одну модель заключения договора. Опционный договор относится к опционам на запуск обязательства по договору, опционам на исполнение. В этом случае держателю опциона предоставлено не право заключения договора в будущем (как в случае опциона на заключение договора), а право требовать непосредственно исполнения договора (или отдельных договорных обязательств). Обязанность другой стороны исполнить опционный договор возникает не при заключении опционного договора, а лишь тогда, когда держатель опциона реализует свое право требования исполнения. Если такое право не было реализовано в установленный срок, опционный договор прекращается.

В большинстве случаев на практике находят применение финансовые опционы, которые предоставляют право покупки (продажи) определенного базисного актива и страхуют финансовые риски.

Другой разновидностью опциона являются *реальные опционы*, возникновение которых связано с необходимостью оценки предлагаемых инвестиционных проектов и выбора лучшего из них.

Инвестиционный проект - это процесс осуществления комплекса взаимосвязанных действий, направленных на достижение определенных финансовых, экономических, социальных, инфраструктурных и в некоторых случаях политических результатов [5].

Очевидно, что протяженный во времени процесс реализации инвестиционного проекта может быть подвергнут гибкому управлению с целью получения наилучшего результата при изменяющихся условиях. Естественно, такая возможность оказывать влияние на ход инвестиционного процесса требует затрат определенных ресурсов.

Реальные опционы дают возможность изменять ход реализации проекта и страхуют стратегические риски. Наиболее часто, реальные опционы оперируют определенными активами предприятия.

В настоящее время основным методом оценки стоимости любого проекта, приносящего доход, является определение его чистой приведенной стоимости на текущий период. Данная стоимость есть не что иное, как разность между дисконтированными денежными потоками, генерируемыми проектом в будущем, и необходимыми текущими инвестициями для реализации этого проекта

В отличие от этого метода, который учитывает только поступление и расход денежных средств, метод реальных опционов позволяет учесть большее количество факторов. К ним относятся период, в течение которого сохраняется инвестиционная возможность, неопределенность будущих поступлений, текущая стоимость будущего поступления и расходования денежных средств и стоимость, теряемая во время срока действия инвестиционной возможности [5].

Следовательно, реальные опционы дают возможность принимать оптимальные решения и направлять управляющие воздействия в будущем в соответствии с новыми условиями реализации инвестиционного проекта. Причем возможность принимать решения в будущем количественно оцениваются в момент создания реального опциона.

Далее под реальным опционом понимается любая возможность, право или шанс получения какого-либо блага в будущем, для создания которых в настоящем нужно совершить какое-либо действие.

Кроме инвестиционной деятельности существуют и другие области применения реальных опционов. В качестве примера можно привести использование предприятием реальных опционов в процессе ценообразования на свои услуги [2]. Использование реальных опционов как схемы принятия решений приводит к снижению рисков и увеличению управленческой гибкости [3].

Реальные опционы иногда описываются как встречающиеся в практике реального инвестирования ситуации, аналогичные по постановке задачи покупке (продаже) финансового опциона на какой-либо базисный актив. Выделим некоторые ключевые характеристики опционов с точки зрения их потенциальных владельцев:

создание опциона – вложение в покупку опциона или переплата за возможность расширения производства в финансовом и реальном опционах соответственно;

исполнение опциона – вложение в покупку акции по опциону или дополнительные инвестиции в расширение производства;

событие, влияющее на решение об исполнении опциона – повышение текущей рыночной цены акции или повышение спроса выпускаемую продукцию;

вероятность наступления события – субъективно оцениваемая владельцем опциона вероятность повышения цены или объема спроса;

получение ресурсов в результате исполнения опциона в случае наступления события – получение валового дохода.

Далее, используя метод индукции, перейдем от примера финансового опциона к общему случаю реального опциона.

Приведем значения ключевых характеристик для реального опциона в обобщенном виде:

создание и исполнение опциона – затраты ресурсов x_i (где $i = 1, 2, \dots, n$), принадлежащих к набору расходуемых ресурсов X ;

событие, влияющее на решение об исполнении опциона, – совокупность событий c_k (где $k = 1, 2, \dots, s$);

вероятность наступления события – соответствующая вероятность $P(c_k)$ (где $k = 1, 2, \dots, s$);

получение ресурсов в результате исполнения опциона в случае наступления события – получение ресурсов y_j (где $j = 1, 2, \dots, m$), принадлежащих к набору получаемых ресурсов Y .

Следовательно, задача принятия решения о целесообразности создания реального опциона определяется в общем виде как задача оценки целесообразности затрат ресурсов x_i (где $i = 1, 2, \dots, n$), принадлежащих к набору расходуемых ресурсов X с целью создания возможности (но не обязательства) получения в будущем ресурсов y_j (где $j = 1, 2, \dots, m$), принадлежащих к набору получаемых ресурсов Y при наступлении совокупности событий c_k (где $k = 1, 2, \dots, s$) с соответствующей вероятностью $P(c_k)$ (где $k = 1, 2, \dots, s$).

На основании изложенного выше, реальные опционы, могут рассматриваться как универсальный инструмент в тех случаях, когда нужно принимать решения в условиях неопределенности.

Многопоказательный подход к оценке реальных опционов

Применение реальных опционов связано с получением и затратами совершенно различных видов ресурсов. Реальный опцион в одной из возможных сфер (например, управление некоторым инновационным проектом) может содержать несколько ресурсов, измеряемых в единицах и шкалах и отличающихся друг от друга.

Очевидно, что необходима разработка системы частных показателей реальных опционов, без которой сложно идентифицировать имеющиеся альтернативы и сделать правильный выбор.

В процессе принятия решений и моделирования проблемной ситуации важно отобрать из большого числа свойств альтернатив только те свойства, которые действительно существенны для дальнейшего анализа.

Конкретный набор показателей при выборе оптимального реального опциона всегда зависит от конкретных предпочтений лица принимающего решение и условий принятия решений. Поэтому такой набор в принципе не может быть универсальным. Но использование расширенного списка частных показателей реальных опционов, безусловно, облегчит процесс моделирования реальных опционов с целью определения оптимального варианта.

Вместе с тем, рассмотрение реального опциона в предлагаемом обобщённом виде приводит к новым проблемам в принятии решений. К числу таких проблем следует отнести отсутствие возможности прямого сравнения между собой частных показателей вектора ресурсов, затрачиваемых на приобретение опциона, и вектора ресурсов, получаемых в результате исполнения опциона. Причина в том, что они измеряются в различных шкалах и единицах.

В то же время, если рассматривать существующую методологию оценивания реальных опционов, то можно выделить два наиболее распространённых метода: метод анализа бинарного дерева решений и метод, основанный на применении модели Блэка-Шоулза [6]. Использование этих методов предполагает учёт показателей реальных опционов, измеряемых в денежных единицах, что соответствует практике рассмотрения реальных опционов как экономического инструмента.

Анализ приведённого выше противоречия приводит к необходимости использования нового подхода к оценке реальных опционов, учитывающего многопоказательность задачи их оценки. Этот подход должен быть основан на методах теории принятия решений и одновременно учитывать специфические особенности реальных опционов при поиске оптимального реального опциона.

Адаптация методов принятия решений для реальных опционов

Одним из наиболее известных и распространённых методов принятия решений с учётом многопоказательности альтернатив является метод линейной свёртки критериев, также называемый методом обобщённого показателя. На основании [8], [9] можно записать выражение для определения оптимальной альтернативы в следующем виде:

$$a^*: \max_{a \in A} \varphi(x, y) = \max_{a \in A} \left[\sum_{j=1}^m \gamma_j \bar{g}(y_j) - \sum_{i=1}^n \beta_i \bar{f}(x_i) \right],$$

где a^* – оптимальная альтернатива с точки зрения предпочтений лица принимающего решение (ЛПР), принадлежащая множеству A ; A – множество альтернатив, рассматриваемых ЛПР; $\varphi(x, y)$ – функция агрегирования; $\beta_i, i = 1, \dots, n$, – коэффициенты относительной важности частных показателей значения, которых должны быть минимизированы; $\gamma_j, j = 1, \dots, m$, – коэффициенты относительной важности частных показателей значения, которых должны быть максимизированы; $\bar{f}(x_i), i = 1, \dots, n$, – нормированные значения целевых функций (локальных критериев оптимальности), которые должны быть минимизированы; $\bar{g}(y_j), j = 1, \dots, m$, – нормированные значения целевых функций, которые должны быть максимизированы.

Метод обобщённого показателя является универсальным и может быть использован для выбора оптимальной альтернативы в различных предметных областях, в том числе среди реальных опционов. Однако реальные опционы обладают рядом свойств, которые должны учитываться при использовании методов принятия решений. Прежде всего, к таким свойствам относится временной лаг между моментом создания опциона и моментом получения каких-либо ресурсов, связанных с исполнением опциона, которое происходит позднее первого события. Соответственно, длительность такого промежутка времени варьируется от одной альтернативы к другой, и это должно учитываться при принятии решения.

Необходимость учёта фактора времени обусловлена неравноценностью значений показателей ресурсов, получение или расходование которых относятся к разным моментам времени.

На основе проведённого анализа традиционных методов оценки реальных опционов, которые оперируют только показателями, выражающимися в денежных средствах, и в которых для учёта фактора времени используется дисконтирование, были определены пути адаптации методов принятия решений.

Предлагается применять для выбора оптимального реального опциона многопоказательный подход, используя «многопоказательное дисконтирование» – механизм снижения значения частного показателя в зависимости от времени, которое разделяет момент принятия решения и момент получения (или расходования) ресурсов по реальному опциону. Важно отметить, что под получаемыми и расходующимися ресурсами понимаются не только денежные средства, но и другие показатели, значения которых с течением времени обесцениваются.

Выражение для определения оптимальной альтернативы по методу обобщённого показателя с учётом приведённого выше предложения выглядит следующим образом:

$$a^*: \max_{a \in A} \varphi(x, y) = \max_{a \in A} \left\{ \sum_{j=1}^m \gamma_j \bar{g} [y_j, v(r, t)] - \sum_{i=1}^n \beta_i \bar{f} [x_i, v(r, t)] \right\},$$

где $v(r, t)$ – функция, характеризующая интенсивность снижения значения показателя с течением времени, или *множитель многопоказательного дисконтирования*; t – время между моментом получения или расходования ресурсов и моментом, к которому приводятся потоки ресурсов; r – переменная, характеризующая интенсивность снижения значения показателя за единицу времени.

Выражение для определения v изменяется в зависимости от условий принятия решений.

Для различных условий принятия решений предлагается четыре варианта формулы множителя многопоказательного дисконтирования (Табл. 1.).

Таблица 1. Варианты использования множителя многопоказательного дисконтирования

Вариант	Формула множителя многопоказательного дисконтирования	Условия принятия решений, характеризующиеся принимаемыми допущениями
1	$v(r, t) = (1 + rt)^{-1}$	Принимается Допущение №1: интенсивность снижения значения показателя за единицу времени (r) является одинаковой во всех временных отрезках составляющих совокупный период времени t
2	$v(r, t) = (1 + r)^{-t}$	Принимаются Допущение №1 и Допущение №2: существует возможность альтернативного вложения затрачиваемых по опциону ресурсов с реинвестированием получаемых от него доходов с интенсивностью r и с периодичностью, соответствующей r
3	$v(r, t) = e^{-rt}$	Принимаются Допущение №1 и Допущение №3: существует возможность альтернативного вложения затрачиваемых по опциону ресурсов с постоянным реинвестированием получаемых от него доходов с интенсивностью r .
4	$v(r, t) = b,$ где $b \in [0; 1]$	Допущения №№1-3 не принимаются

Варианты с первого по третий составлены на основе выражений, указанных в [10] и используемых в настоящее время для дисконтирования для денежных потоков при простых, сложных и непрерывных процентах соответственно.

Укажем особенности четвёртого варианта формулы множителя многопоказательного дисконтирования. Лицо, принимающее решение субъективно, исходя из своих предпочтений, снижает значение показателя с учётом времени, которое должно произойти между моментом вложения ресурсов и момента получения ресурса, характеризуемого этим показателем. Значение множителя b должно находиться в интервале $[0; 1]$, и оно отражает долю от первичной оценки ресурса, которая принимается во внимание в дальнейших расчётах.

Следует отметить, что значения не всех показателей обесцениваются с течением времени. Существует ряд показателей, значения которых с течением времени увеличиваются или остаются без изменений. Поэтому решение о необходимости дисконтирования должно приниматься ЛППР.

Использование множителя дисконтирования также распространяется и на затрачиваемые ресурсы, значения которых могут приводиться к моменту принятия решений или к моменту начала расходования ресурсов. При применении множителя дисконтирования важно учитывать, что для корректного сравнения показателей их значения требуется приводить к одному и тому же моменту времени.

Заключение

Из представленного материала можно сделать следующие выводы.

Первое. В общем виде реальные опционы являются универсальным инструментом принятия решений. Это даёт возможность применять реальные опционы не только в управлении экономическими системами, но и во всех случаях, когда требуется принимать решения в условиях неопределённости.

Второе. Для более корректного анализа при рассмотрении реальных опционов не следует ограничиваться только денежными оценками их эффективности. Важно также учитывать

многопоказательность реальных опционов. Упрощению задачи многопоказательного анализа опционов способствует формирование расширенного списка их частных показателей.

Третье. Представление реального опциона в обобщённом виде как альтернативы с множеством показателей позволяет применять хорошо разработанные методы и технологии теории принятия решений для оценки и выбора оптимальных реальных опционов.

Четвёртое. Адаптация методов принятия решений путём использования предложенного множителя многопоказательного дисконтирования помогает учитывать специфические особенности реальных опционов. Использование предложенного множителя также будет полезно во всех задачах принятия решений, где принимается принцип неравноценности значений показателей ресурсов, получение или расходование которых относятся к разным моментам времени.

Литература

1. Гражданский Кодекс Российской Федерации.
2. Ващекин А.Н. Применение математических методов теории нечетких множеств при моделировании принятия решений в экономической и правовой сфере // Экономика. Статистика. Информатика. Вестник УМО. - 2013. - № 6. - С. 18-21.
3. Федосеев С.В., Астафьев А.В. Процедура принятия решений при реализации инновационного проекта с использованием опционного подхода // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий». – Сочи, 2012. – С. 462-466.
4. Ловцов Д.А., Семеряко И.И. Имитационное моделирование выработки решений в АСУ. М.: ВА им. Петра Великого, 1989. 235 с.
5. Высоцкая Т.Р. Метод реальных опционов в оценке стоимости инвестиционных проектов // Финансовый менеджмент. – 2006, N 2.
6. Зиятдинов А.Ш. Метод реальных опционов для оценки инвестиционных проектов // Экономические науки. – 2010. – №3(64). – С. 144-148.
7. Балдин К.В., Воробьёв С.Н., Уткин В.Б. Управленческие решения. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2012. – 496 с.
8. Зак Ю.А. Принятие многокритериальных решений. – М.: Экономика, 2011. – 236 с.
9. Козлов В.Н. Системный анализ, оптимизация и принятие решений.– М.: Проспект, 2013. – 176 с.
10. Финансовая математика: Математическое моделирование финансовых операций: Учебное пособие/ под ред. Половникова В.А. и Пилипенко А.И. – М.: Вузовский учебник, 2007. – 360 с.
11. Литвак Б.Г. Управленческие решения.– М.: Московская финансово-промышленная академия, 2012. – 512 с.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА ДОРОЖНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ОСНОВЕ КОНВЕРГЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ SMART ROAD

Финогеев А.Г., Финогеев А.А., Лычагин К.А., Ляпин А.М.
ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет
+7 (927) 289-93-63, alexeyfinogeev@gmail.com

В статье рассматриваются вопросы конвергентной обработки больших данных о дорожных происшествиях, которые регистрируются посредством фоторадарных комплексов, видеорегистраторов и мобильных средств связи участников дорожного движения. Сбор данных о нештатных, аварийных и чрезвычайных ситуациях выполняется в беспроводной транспортной среде, которая включает сегменты сенсорной сети, сети сотовой связи, WiFi сети, сети спутниковой навигации. Реализуется трехуровневая модель конвергентной обработки данных, состоящая из слоя туманных вычислений и хранения данных на сенсорных узлах, слоя GRID вычислений и облачного хранения в серверном кластере центра обработки данных, слоя мобильных вычислений на средствах связи пользователей.

Ключевые слова: мониторинг, конвергентная платформа, интеллектуальный анализ, большие данные, smart road, конвергентная обработка данных

Monitoring road accidents on the basis of convergent processing of big data in the smart road system.
Finogeev AG, Finogeev AA, Lychagin KA, Lyapin AM. Penza State Universit

The article deals with the issues of convergent processing of big data on road accidents, which are registered by means of photoradar systems, video recorders and mobile communication equipment of road users. The collection of data on emergency situations is performed in a wireless transport environment that includes

segments of the sensor network, cellular networks, WiFi networks, satellite navigation networks. A three-level model of convergent data processing is implemented, consisting of a layer of fog calculations and storage of data on sensor nodes, the GRID layer of calculations and cloud storage in the server cluster of the data center, a layer of mobile computing on user communications.

Keywords: monitoring, convergent platform, intelligent analysis, large data, smart road, converged data processing

Введение

Интеллектуальная система транспортного мониторинга является базовым компонентом среды Smart Road. Другими интеллектуальными компонентами Smart Road являются системы транспортной навигации, умные светофоры, системы управления общественным транспортом, беспилотные транспортные средства и системы управления их движением, системы видеонаблюдения, информационных табло, регистрации дорожно-транспортных происшествий, управления парковками, регулирования транспортными потоками [1] и т.д. Система мониторинга на решает задачи контроля и управления дорожно-транспортной инфраструктурой, транспортными потоками, снижения числа дорожно-транспортных происшествий, нарушений правил дорожного движения, несчастных случаев и т.п. Цель мониторинга – анализ, оценка и прогноз изменения дорожных ситуаций для оперативного принятия решений и управления поведением транспортных средств и участников дорожного движения, превентивного реагирования на возможные события и происшествия, оповещения полиции, МЧС, скорой помощи, ремонтных и других служб, оказания помощи участникам дорожного движения. Результаты мониторинга передаются через мобильные средства связи, каналы дорожных сообщений, информационные табло, динамические дорожные знаки, встроенные автомобильные системы оповещения.

Конвергентный принцип обработки данных в системе мониторинга дорожной инфраструктуры

Мониторинг объектов дорожной инфраструктуры осуществляется на основе сбора и анализа сенсорных данных с наземных платформ, воздушных и космических средств наблюдения. В качестве наземной платформы используется распределенная сеть фоторадарных комплексов фото- и видеофиксации, которые в автоматическом режиме фиксируют происшествия на объектах дорожно-транспортной инфраструктуры, собирают и накапливают данные [2]. Встроенное программное обеспечение комплексов решает такие задачи, как распознавание объектов и регистрационных номеров машин на фотографиях и в видеопотоке, измерение скорости транспортных средств в зоне контроля, фиксация и сохранение фотографий и видеоклипов, сбор и передача информации в центр обработки данных. Однако комплексы не обладают возможностями интеллектуального анализа и прогнозирования дорожно-транспортной обстановки в автоматическом режиме. В качестве таких комплексов в представленной системе мониторинга используются устройства компании Симикон (Кордон М2, Кордон Темп, Кордон М4, Кордон МКР, КрисП, Паркон), компании Vitronic (комплексы Poliscan), компании Ольвия (комплексы Арена).

Комплексы работают в непрерывном режиме и собирают огромное количество данных. Передача всех данных (особенно видеопотоков) в центр для обработки на серверном кластере требует огромной пропускной способности каналов связи, что часто невозможно обеспечить, особенно в отдаленных от городов районах. Чаще всего для передачи используются каналы сотовой связи 3G и 4G, которые в принципе могут обеспечить необходимую пропускную способность. Однако зоны покрытия данным типом связи в основном сосредоточены рядом с крупными городами и районными центрами, а комплексы часто размещаются на трассах, где такого покрытия нет или сигнал RSSI слишком слабый для обеспечения устойчивого и надежного соединения. Также следует отметить то, что зоны покрытия разных операторов мобильной связи также отличаются, поэтому для повышения эффективности работы системы требуется роуминг или использование нескольких интерфейсов.

Поэтому для минимизации затрат и снижения требований к каналам связи предлагается реализовать модель конвергентной обработки сенсорных данных, когда первичная обработка и агрегирование данных выполняется непосредственно на сенсорных узлах (в комплексах фото и видео фиксации или на специально установленных узлах ZigBee), задачи интеллектуального анализа и прогнозирования, требующие больших вычислительных и энергетических ресурсов решаются в серверном кластере, а задачи постобработки результатов мониторинга, визуализации и представления их заинтересованным лицам решаются в мобильных приложениях на средствах связи [3]. Принцип конвергенции здесь означает метод использования схожих модулей распределенной обработки данных в сенсорных узлах, GRID узлах серверного кластера и на узлах мобильных сетей на основе мультиагентного подхода. Кроме того, реализуется конвергентный принцип хранения исходных данных и результатов обработки посредством схожих моделей хранения на туманном, облачном и мобильном слоях.

Таким образом, первый уровень мультиагентной платформы конвергентной обработки больших данных представляет модель туманных вычислений [4]. Она обеспечивает сбор и первичный анализа сенсорных данных. Результатом являются агрегированные показатели и результаты фильтрации исходных данных. Такая модель является основой сети Интернет вещей [5,6]. Второй уровень платформы реализуется на основе модели облачных вычислений [7]. Информация, поступающая с комплексов, накапливается и хранится в облачном хранилище и извлекается подсистемой интеграции данных, которая входит в информационно-аналитическую платформу, решающую основные задачи интеллектуального анализа и прогнозирования на основе обработки агрегированных и отфильтрованных данных на первом этапе. На третьем уровне реализуется модель предоставления повсеместного доступа к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов (сетям, серверам, устройствам хранения данных, приложениям и сервисам) в любой момент времени. Пользователь использует мобильное приложение обеспечение в качестве средства доступа к сервисам, платформе и результатам мониторинга. Уровень связан с обработкой данных на смартфонах и планшетах для представления результатов мониторинга пользователям, их визуализации на картографической основе, формирования необходимых отчетов и представления их в графическом виде для наглядности.

Инструментальные средства системы мониторинга дорожно-транспортных происшествий

Система мониторинга предназначена для автоматизированного сбора/обработки/накопления данных о дорожно-транспортных происшествиях и данных о работе самих фоторадарных комплексов, а также формирования требуемой отчетности. Процесс мониторинга включает процедуры:

- обнаружения и идентификации транспорта на контролируемом участке;
- фотографирования и видеофиксации нарушений правил дорожного движения;
- обработки фото и видеоматериалов о событиях, ситуациях и инцидентах;
- сбора данных о параметрах транспортных потоков на контролируемых участках;
- передача в центр обработки данных по безопасным каналам связи;
- обнаружения транспортных средств по требованию и слежение за ними;
- накопления и обработки временных рядов событий и статистических данных об инцидентах за периоды времени для выявления и анализа зависимостей происшествий от влияния различных факторов (метеословий, трафика, ремонтных работ, мероприятий, времени суток, сезонных факторов и т.п.);
- пространственного анализа инцидентов для выявления критических областей и «узких» мест в дорожно-транспортной инфраструктуре;
- визуализации события и на цифровой картографической основе;
- интеллектуального анализа данных об инцидентах с целью прогнозирования развития дорожно-транспортных ситуаций и принятия решений по повышению безопасности движения.

К первоочередной задаче системы относится фиксация правонарушений и проездов транспортных средств, обеспечение необходимых данных для поддержки процессов принятия решений операторами и руководящим звеном. Визуализация результатов мониторинга выполняется с использованием Web-технологий, технологий спутниковой навигации и геоинформационных технологий. В частности предусматривается вывод мест расположения устройств, мест зафиксированных происшествий и краткой информации о дорожных инцидентах и об состоянии фоторадарных комплексов на Google и/или Yandex карты.

Мультиагентный подход предполагает использование программных агентов для решения задач сбора, обработки и интеллектуального анализа сенсорных данных. Поэтому система состоит из совокупности программных модулей (агентов), обеспечивающих автоматический сбор, предварительную обработку, структурирование и хранение телеметрической информации о наблюдаемых объектах (транспортных средствах и пешеходах), а также получение (выгрузку) материалов фото и видео фиксации (проездов/нарушений) со всех типов фоторадарных устройств путём опроса устройств по расписанию или по запросу оператора, извлечение требуемых данных из фотоматериалов и видеопотока путём анализа потоковых данных. Агенты взаимодействуют с серверным кластером для обмена и накопления информации. Агенты загружаются в сенсорные узлы, решают поставленные задачи и взаимодействуют с брокерами, которые разрабатываются для сбора, шифрования и передачи агрегированных данных в облачное хранилище.

Для централизованного управления программными агентами, выполняющими задачи получения и предварительной обработки данных непосредственной на сенсорных узлах фото и видео фиксации, разработано автономное приложение (гипервизор daemon), работающее в фоновом режиме без прямого взаимодействия с пользователем. Приложение реализует автоматический запуск агентов на сенсорных узлах без участия оператора и управления ими в режиме очереди, выполняет слежение за работой агентов, ограничение времени выполнения модулей на удаленных узлах с целью снижения энергозатрат, формирует отчеты о работе программных агентов.

Примерами агентов являются: а) агент создания и контроля очереди опрашиваемых устройств, б) агент синтеза потоков для асинхронного опроса устройств, в) агент опроса датчиков устройства в зонах их локации, г) агент ведения и анализа журналов событий на комплексах, д) агент выгрузки сенсорных данных с комплексов в виде XML файлов, е) агент кластеризации событий по заданным критериям с учетом геотеггирования, ж) агент выявления аномалий во временных рядах выгруженных данных (превышение пороговых значений параметров устройств, отклонения значений от нормативных, отклонение средних показателей транспортных потоков от аналогов за предшествующий период, снижения параметров фиксации нарушений, резкие изменения скорости транспортных потоков, отклонение числа инцидентов от аналогичных за предшествующий период и т.д.). з) агент очистки некорректных, пропущенных и дублирующихся данных, и) агенты визуализации данных в виде таблиц и графиков, л) агент вывода событий на цифровую картографическую основу.

Кроме основных агентов, выполняющих сбора и обработку информации о фиксации правонарушений, на сенсорных узлах работают агенты сбора и обработки телеметрической информации о работе самих фоторадарных комплексов. Передача телеметрической информации производится с использованием стандартных протоколов сетевого управления устройствами. Основные телеметрические данные, получаемые от устройств:

а. Отклик устройства (ping). Включает интервал времени отклика при обращении к устройству, - процент потерь пакетов данных.

б. Продолжительность бесперебойной работы (накапливаемое значение).

в. Напряжение питания устройства.

Предусмотрена возможность настройки графика и частоты проведения опроса для группы устройств и индивидуально для каждого устройства.

Таким образом, на каждом сенсорном узле ведется три MySQL базы данных с результатами фото и видео фиксации и три журнала событий: а) журнал нарушений, б) журнал зафиксированных транспортных средств с распознанными номерами, в) журнал телеметрии работы устройств. Для передачи данных в серверный кластер центра обработки реализуется временной график выгрузки данных с возможностью настройки частоты проведения опроса. По GET запросу программному агенту на выгрузку данных с указанием параметров выгрузки выдаётся ответ в формате JSON. Предусмотрена возможность создания и применения фильтров для выгружаемых данных. Например, в результате выполнения запроса на выгрузку данных, в облачное хранилище будут интегрированы следующие данные:

- фотография транспортного средства с указанием его параметров в формате *.jpg,

- две фотографии общего плана в формате *.ex1 и *.ex2,

- файл цифровой подписи в формате *.sign,

- файл с параметрами транспортного средства в формате *.xml.

Каждая цель имеет уникальный идентификатор, назначаемый в соответствии с идентификатором фоторадарного комплекса, времени и спутниковых координат фиксации транспортного средства. В зависимости от настроек выгрузки могут отсутствовать файл цифровой подписи, фотографии общего плана, фотография транспортного средства. Формат файла данных с параметрами транспортного средства зависит от устройства, с которого он был загружен.

Заключение

В настоящее время в различных регионах Российской Федерации создаются системы дорожно-транспортного мониторинга на базе фоторадарных комплексов типа Кордон, Кордон Темп, камер видеонаблюдения и т.п. Комплексы фото и видео фиксации устанавливаются и применяются в рамках федеральной концепции «Безопасный город» для автоматической фиксации происшествий на объектах дорожно-транспортной инфраструктуры, сбора данных, накопления статистик. Множество комплексов и других средств контроля получают огромное количество данных, которое не может быть обработано человеком в реальном времени. Сами комплексы не обладают возможностями интеллектуального и пространственного анализа данных, прогнозирования изменений в дорожно-транспортной обстановке, так как математического и программного инструментария для решения этих задач в данной предметной пока не разработано. Также отсутствуют готовые комплексные решения для поддержки принятия решений по оптимизации дорожно-транспортных ситуаций, минимизации числа дорожно-транспортных инцидентов, оптимизации транспортных потоков по результатам мониторинга, интеллектуального анализа и прогнозирования.

Для решения задач обработки и интеллектуального анализа выполнена постановка задачи синтеза системы мониторинга как компоненты интеллектуальной среды Smart Road для обработки сенсорных данных, накапливаемых в процессе контроля дорожно-транспортной инфраструктуры посредством пространственно-распределенных фоторадарных комплексов. В ходе исследований разработана структура и состав интеллектуальной системы мониторинга дорожно-транспортных

происшествий с реализацией конвергентного механизма обработки больших данных на базе мультиагентного подхода. Мультиагентная система является одним из основных элементов интеллектуальной среды «Умная Дорога» (Smart Road), которая необходима для контроля и управления движением современных интеллектуальных транспортных систем и беспилотных транспортных средств. Прототип системы сбора данных с фоторадарных комплексов и мониторинга их работы внедрен в опытную эксплуатацию на территории Пензенской области. Разработаны и внедрены в опытную эксплуатацию программные агенты обработки данных на сенсорных узлах и серверах центра обработки данных. На основе разработанного прототипа распределенной системы мониторинга ведется дальнейшая работа по созданию интеллектуальной дорожной среды Smart Road. Результаты работы системы мониторинга необходимы для поддержки принятия решений при управлении транспортными потоками, поведением интеллектуальных транспортных средств, моделирования движения беспилотного транспорта и т.д. Также результаты могут использоваться для оповещения участников дорожного движения, полиции, МЧС, скорой помощи, ремонтных и других служб в целях превентивного реагирования на возможные события и происшествия, снижения аварийных ситуаций и оказания экстренной помощи.

Благодарности

Результаты работы получены при финансовой поддержке РФФИ в рамках грантов № 18-07-00975, № 16-07-00031.

Литература

1. Scott M. Kozel Roads to the Future Available at: <http://www.roadstothefuture.com/main.html>
2. Finogeev A., Finogeev A., Shevchenko S. (2017) Monitoring of Road Transport Infrastructure for the Intelligent Environment «Smart Road». In: Kravets A., Shcherbakov M., Kultsova M., Groumpos P. (eds) Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. CIT&DS 2017. Communications in Computer and Information Science, vol 754. Springer, Cham
3. Finogeev, A.G., Parygin, D.S. & Finogeev, A.A. (2017) The convergence computing model for big sensor data mining and knowledge discovery. Human-centric Computing and Information Sciences. 7:11. DOI:10.1186/s13673-017-0092-7
4. Finogeev, A.G., Parygin, D.S., Finogeev A.A., et al. (2017) A convergent model for distributed processing of Big Sensor Data in urban engineering networks. Journal of Physics: Conference Series: In Proceedings of the International Conference on Information Technologies in Business and Industry. 803: 1-6.
5. Alberto Bielsa Smart Roads – Wireless Sensor Networks for Smart Infrastructures: A Billion Dollar Business Opportunity. 2013. http://www.libelium.com/smart_roads_wsn_smart_infrastructures/
6. F. Bonomi, R. Milito, J. Zhu, and S. Addepalli, “Fog computing and its role in the internet of things,” in Proceedings of the First Edition of the MCC Workshop on Mobile Cloud Computing, ser. MCC’12. ACM, 2012, pp. 13–16
7. M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A. D. Joseph, R. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. Patterson, A. Rabkin, I. Stoica, and M. Zaharia, “A view of cloud computing,” Commun. ACM, vol. 53, no. 4, pp. 50–58, Apr 2010

ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ИССЛЕДОВАНИИ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Финогеев А.Г., Лычагин К.А., Гамидулаева Л.А., Васин С.М., Шмид А.В., Бершадский А.М.
ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет
+7 (927) 289-93-63, alexeyfinogeev@gmail.com

В статье рассматриваются вопросы исследования региональной инновационной экосистемы на основе поиска, сбора и интеллектуального анализа больших данных о показателях инновационного развития экономических агентов. Для решения задачи разработана методология моделирования и исследования инновационного потенциала и инвестиционной привлекательности. Целью разработки и внедрения методологии является снижение транзакционных издержек при взаимодействии инновационных агентов и повышение эффективности их инновационной деятельности. Новизна заключается в разработке и интеграции технологий интеллектуального анализа больших данных для выбора стратегий инновационного развития предприятий и всего региона в целом.

Ключевые слова: инновационная система, инновационный потенциал, инвестиционная привлекательность, транзакционные издержки, интеллектуальный анализ, большие данные, кластерный анализ, бенчмаркинг-анализ

Technologies of intellectual analysis of large data in investigation systems investigation. Finogeev AG Lychagin KA, Hamidulaeva LA, Vasin SM, Shmid AV, Bershadsky AM. Penza State University

The article examines the research of the regional innovation ecosystem based on the search, collection and intellectual analysis of big data on the indicators of innovative development. To solve the problem, a methodology for modeling and exploring innovative potential and investment attractiveness was developed. The goal of developing and implementing the methodology is to reduce transaction costs in the interaction of innovative agents and increase the effectiveness of their innovation activities. The novelty lies in the development and integration of technologies for the Big Data intellectual analysis for the strategies selection of the innovative development of enterprises and the entire region as a whole.

Keywords: innovation system, innovative potential, investment attractiveness, transaction costs, intellectual analysis, big data, cluster analysis, benchmarking analysis

Введение

Региональная инновационная система представляет структуру взаимодействия экономических агентов, к которым относятся предприятия, научные и учебные учреждения в регионе. Интенсификация взаимодействия субъектов инновационной экономики в регионах определяет пути повышения эффективности стратегий их инновационного развития. В связи с нарастающей сложностью инновационных процессов и междисциплинарным характером используемых технологий, инновации все более зависят от знаний, находящихся за пределами отдельного предприятия. Поэтому транснациональные компании стремятся совместить корпоративные сети своих структурных подразделений, участвующих в процессах генерации, хранения и использования знаний, с внешней сетью Интернет. Это помогает усилить внутренний потенциал компании путем накопления новых знаний. В последнее время происходит переход к региональной системе инноваций [1] как высокоорганизованной сети взаимодействия организаций, встроенной в специфический социальный и институциональный контекст региона. Построение инновационных систем регионов определяет необходимость поиска и выбора методов, моделей и подходов для эффективного управления. Центральными аспектами управления в ходе развития цифровых технологий становятся процессы извлечения и накопления знаний в ходе взаимодействий между участниками инновационных систем. Основой являются становятся открытые сети, свободно распространяемое программное обеспечение, большие данные и технологии интеллектуального анализа и машинного обучения [2]. Тогда инновационную экосистему региона можно представить в виде кибер-социальной структуры [3]. Информация для моделирования, исследования и анализа в кибер-социальной системе извлекаются в реальном времени из социальных сетей и других открытых источников сети Интернет, а также из сенсорных кибер-физических систем сети Интернет Вещей [4].

Для моделирования и исследования кибер-социальной инновационной системы предлагается применить неинституциональный подход, где используются базисные категории формальных и неформальных институтов, а также транзакционных издержек [5,6,7]. Здесь эффективность инновационных процессов определяется таким критерием, как минимум транзакционных издержек экономических агентов [8]. Для снижения транзакционных издержек участники инновационного процесса должны беспрепятственно взаимодействовать в ходе реализации совместных проектов, направленных на создание и коммерциализацию инноваций.

Методология интеллектуального анализа инновационной экосистемы региона

Управление инновационной системой региона ориентировано на поиск и выбор оптимального пути эволюционного развития и поддержание стабильности в дальнейшем. Для достижения цели управления необходимо разработать инструментальные средства, которые включают модели, методы и алгоритмы интеллектуального анализа, прогнозирования и принятия решений по выбору стратегий инновационного развития и повышения инновационного потенциала предприятий и всего региона в целом и сетями. Комплекс инструментальных средств представляет собой кибер-социальную систему управления процессами инновационного развития региона, которая объединит процессы практической реализации управления с программно-аппаратной аналитической платформой для сбора и анализа больших данных о текущем состоянии экономических агентов, прогностического моделирования, бенчмаркинг-анализа и оценки стратегий развития и повышения конкурентоспособности.

Методология исследования инновационной системы можно представить в виде последовательности следующих этапов:

1. Стратификация населенных пунктов в регионах для выделения зон инновационного развития согласно заданным критериям и синтез универсума инновационных агентов в странах. Определение оптимального способа стратификации по критериям оценки инновационного потенциала и инвестиционной привлекательности агентов.

2. Сбор данных об инновационных агентах в открытых источниках сети Интернет для включения в универсум, определения показателей и факторов влияния на процессы инновационного развития.

3. Определение комплекса показателей и интегральных критериев инновационного развития предприятий, а также факторов влияния, замедляющих или ускоряющих данный процесс.

4. Оценка чувствительности и выбор существенных показателей и факторов влияния на результаты инновационного развития агентов методом многофакторного дисперсионного анализа, которые в дальнейшем можно использовать в качестве параметров порядка и признаков кластеризации.

5. Ранжирование показателей и факторов по силе влияния на результативность региональной инновационной системы в странах.

6. Определение оптимального числа кластеров инновационных предприятий в странах. Иерархическая многослойная кластеризация участников инновационной деятельности.

7. Ранжирование предприятий в кластерах с целью выбора инновационных лидеров, которые становятся аттракторами инновационного развития, а также «эталонами» для бенчмаркинг-анализа инновационного потенциала других участников в кластерах и странах.

8. Определение «эталонных» наборов значений целевых показателей инновационного развития с учетом текущего состояния и факторов влияния на инновационную активность и восприимчивость к инвестициям в кластерах, которые являются характеристиками аттракторов и фактически представляют собой пространство формальных и неформальных институтов оптимальной инновационной среды региона.

9. Бенчмаркинг-анализ инновационного потенциала предприятий в сравнении с инновационными лидерами в кластерах с целью прогностического моделирования и оценки влияния их взаимодействий на трансакционные издержки и факторы влияния, их инновационного потенциала и инвестиционной привлекательности.

10. Синтез отчетов о текущем состоянии и динамике возможного улучшения инновационного климата предприятий и региона в целом.

11. Синтез стратегий для пессимистического, оптимистического и оптимального сценариев инновационного развития предприятий в кластерах.

12. Выработка комплекса мер и рекомендаций для повышения эффективности и результативности инновационной деятельности, снижения трансакционных издержек, формирование дорожной карты повышения инновационного потенциала и инвестиционной привлекательности предприятий в кластерах, странах и регионах.

13. Сравнение зон инновационного развития в регионах согласно показателям и факторам влияния для упорядочения и идентификации регионов со схожими характеристиками инновационной среды. Сравнительный анализ регионов по интегральным критериям инновационного развития и синтез прогностической модели эффективного взаимодействия региональных инновационных систем.

Методы и модели исследования инновационной системы

Предварительным этапом перед решением задач стратификации и кластеризации является поиск и отбор потенциальных участников инновационной деятельности среди множества экономических агентов для оценки их инновационного потенциала. В качестве базовых показателей на основании которых принимается решение о включение экономического агента в состав потенциальных участников можно считать следующие показатели: а) оценка инновационного потенциала агента, б) оценка инновационных инвестиций агента, в) оценка привлеченных инвестиций агента. г) прогнозируемая оценка инвестиционной привлекательности агента. Д) признак потери инвестиционной привлекательности.

Основными источниками данных об экономических агентах для исследования институциональной среды регионов являются их сайты, специализированные базы данных, сайты с официальными статистическими данными Росстата, Минэкономразвития, Минфина, Минобрнауки РФ, сайты профильных министерств и ведомств и другие ресурсы, связанные с инновационной деятельностью субъектов РФ, статистические сборники НИУ ВШЭ, сайты с результатами экономических и социологических исследований и экспертных опросов в регионах России.

Стратификация используется для группирования населенных пунктов, в которых расположены участники инновационной деятельности, в страны с учетом численности населения и особенностей инновационных процессов в регионах. Методика стратификации включает перечень операций, направленных на получение оптимального числа страт согласно численности населения и региональным особенностям с геопространственной привязкой инновационных агентов. Результатом является формирование списков населенных пунктов в регионах, принадлежащих к схожим странам по заданным критериям. В общем случае могут применяться разные способы стратификации, из которых необходимо выбрать оптимальный для поставленной задачи. Для оценки способов стратификации используются

такие методы математической статистики, как дисперсионный и факторный анализ. Также в процессе стратификации определяются степени сходства и различия между стратами и предварительный набор признаков для поиска оптимальной кластеризации инновационных предприятий в дальнейшем с учетом их географического местоположения.

Для анализа и оценки текущего состояния инновационной экосистемы и прогнозирования возможного инновационного развития необходимо разработать перечень индикаторов (показателей) инновационной активности. Сложность задачи обусловлена тем, что таких индикаторов может быть достаточно большое число, причем среди них есть не только прямые показатели, как например, число зарегистрированных объектов интеллектуальной собственности, объем финансирования инновационных разработок, но и косвенные индикаторы, показывающие уровень развития региона, как например, наличие и состояние транспортной инфраструктуры, уровень дохода работников предприятия, состояние информационно-телекоммуникационной инфраструктуры и стоимость услуг по доступу в Интернет у региональных сервис-провайдеров, степень конкурентных взаимодействий инновационных агентов и т.п. Поэтому на первом этапе необходимо составить максимально возможный перечень индикаторов, которые прямо и косвенно характеризуются инновационное состояние предприятий и организаций. Затем требуется выполнить оценку чувствительности интегральных показателей инновационного развития к индикаторам и выбрать группу наиболее чувствительных параметров, которые с позиции системно-синергетического подхода следует называть параметрами порядка.

Набор параметров в дальнейшем используется для решения задачи кластеризации в качестве набора признаков для синтеза многомерного пространства кластеризации. Кластеризация необходима для группирования предприятий в регионах в инновационные кластеры и определения лидеров инновационного развития, вокруг которых собираются другие субъекты хозяйственной деятельности.

Для оценки чувствительности индикаторов предполагается использовать многомерную модель и метод мультифакторного дисперсионного анализа [9]. Суть сводится к изучению влияния выбранных индикаторов или факторов на результативные показатели для каждой их решаемых задач, в частности для задачи стратификации и кластеризации. В результате из множества индикаторов выбираются те, влияние которых на результат более существенно, чем влияние случайных факторов. Именно такие индикаторы и будем считать существенными факторами влияния.

Решение задачи кластеризации выполняется для всех предприятий в страте и регионе, включенных в универсум, как в отраслевых слоях, так и в слоях малых, средних и крупных предприятий в соответствии с нормами федерального законодательства. Таким образом реализуется метод многослойной иерархической кластеризации. Критерием принятия решения о числе кластеров являются расстояния, при которых происходит объединение предприятий. В качестве признаков кластеризации используются отобранные ранее существенные факторы влияния на результативные показатели инновационного развития. В качестве алгоритма кластеризации используется модифицированный метод *k*-средних (KMeans) [10]. Он требует задания количества кластеров и количества инициализаций итерационного процесса кластеризации (начальных центров), которое зависит от заданного времени на кластеризацию. В результате работы алгоритма получены несколько моделей кластеризации инновационных агентов: а) для общего числа всех предприятий в универсуме по стратам и регионам, б) для общего числа крупных предприятий в универсуме по стратам и регионам, в) для общего числа средних предприятий в универсуме по стратам и регионам, г) для общего числа малых предприятий в универсуме по стратам и регионам, д) для общего числа всех предприятий, относящихся к заданной отрасли, в универсуме по стратам и регионам, б) для общего числа крупных предприятий, относящихся к заданной отрасли, в универсуме по стратам и регионам, в) для общего числа средних предприятий, относящихся к заданной отрасли, в универсуме по стратам и регионам, г) для общего числа малых предприятий, относящихся к заданной отрасли, в универсуме по стратам и регионам.

На следующем этапе в полученных кластерах согласно разным моделям кластеризации проводится ранжирование предприятий по значению результативных показателей инновационного развития с целью выбора инновационных лидеров. Ранжированные выборки предприятий сравниваются для разных моделей кластеризации на предмет их пересечения и выбора лидеров. В большинстве случаев для каждой модели получается свой список и лидеры. К инновационным лидерам предполагается отнести не более 10% предприятий в каждом списке. Показатели лидеров инновационного развития следует считать определяющими для оценки инновационного потенциала кластера в целом. В результате формируется эталонная индикаторная матрица для каждого кластера в стратах и регионах, которая характеризует инновационный потенциал и инвестиционную привлекательность лидеров. Для остальных предприятий кластера формируются индивидуальные индикаторные матрицы, которые в дальнейшем сравниваются с эталонными на предмет выявления отставания по конкретным индикаторным показателям и выработки стратегий инновационного развития.

Выбор инновационных лидеров кластера и синтез эталонной индикаторной матрицы необходимы для решения следующей задачи интеллектуального анализа, в ходе которой выполняется

сравнительный анализ (бенчмаркинг анализ) всех предприятий в кластерах с целью определения факторов инновационного отставания от лидеров.

Заключение

Разработка и внедрение моделей и методов интеллектуального анализа данных для оценки и прогностического моделирования динамики инновационного развития предприятий и регионов реализуется на базе институциональной концепции, мультиагентного подхода и конвергентной технологии обработки больших данных. Основным результатом является разработка методологии моделирования и исследования процессов инновационного развития регионов посредством оценки инновационного потенциала и инвестиционной привлекательности предприятий.

Математическое и алгоритмическое обеспечение для реализации представленной методологии реализуется в виде информационно-аналитической платформы для исследования инновационного потенциала регионов и прогноза инновационного развития. Платформа представляет совокупность инструментальных средств поиска, извлечения, интеграции и хранения данных из открытых источников, интеллектуального анализа, прогностического моделирования и бенчмаркинг анализа взаимодействия инновационных предприятий. Платформа является основным механизмом кибер-социальной системы управления процессами инновационного развития с элементами искусственного интеллекта, способной организовывать взаимодействие пользователей и адаптироваться к их потребностям, выполнять анализ сложившихся ситуаций и вырабатывать решения по повышению эффективности взаимодействия инновационных агентов и снижению транзакционных издержек.

Для работы с информационно-аналитической платформой реализуется методика работы с инструментальными средствами поддержки принятия решений в процессе управления инновационным развитием предприятий и регионов, которая включает решение задач: а) анализа текущей ситуации в инновационной региональной системе, б) поиска и сбора информации об институциональных индикаторах инновационной деятельности, в) выбора и анализа чувствительности индикаторов по отношению к результативным показателям инновационного развития, г) интеллектуального анализа больших данных, д) стратификации и кластеризации инновационных предприятий, д) выбора инновационных лидеров и синтеза эталонных индикаторных матриц для кластеров, страт и регионов, е) бенчмаркинг анализа индикаторных матриц инновационных предприятий и лидеров, ж) прогностического моделирования динамики изменения индикаторных и результативных показателей, з) оценка факторов влияния на процессы инновационного развития в регионах, и) синтез сценариев инновационного развития предприятий и региона, к) сравнительный анализ степени инновационного развития регионов, л) выбор рекомендаций для достижения оптимальных значений инновационных показателей для предприятий в кластере и для всего региона в целом.

Благодарности

Результаты работы получены при финансовой поддержке РФФИ в рамках грантов № 18-010-00204, № 16-07-00031.

Литература

1. Rothschild M. *Bionomics. Economy as Ecosystem*. NY.: Henry Holt and Company Inc., 1990. 423p.
2. European Commission. *Growing a digital social innovation ecosystem for Europe DSI final report*. European Union, 2015. https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/50-nesta-dsireport-growing_a_digital_social_innovation_ecosystem_for_europe.pdf
3. Sheth A., Anantharam P., Henson C. *Physical-cyber-social computing: An early 21st century approach //IEEE Intelligent Systems*. – 2013. – Т. 28. – №. 1. – С. 78-82.
4. Sanislav, Teodora, and Liviu Miclea. *Cyber-Physical Systems-Concept, Challenges and Research Areas // Journal of Control Engineering and Applied Informatics*. 2012. P. 28-33. Scott M. *Roads to the Future Available at: <http://www.roadstothefuture.com/main.html>*
5. North D.C. (1991) *Institutions // The Journal of Economic Perspectives*, 5(1), pp. 97–112.
6. Фуруботн Э. Г., Рихтер Р. *Институты и экономическая теория: Достижения новой институциональной экономической теории / Пер. с англ. под ред. В. С. Катькало, Н. П. Дроздовой*. — СПб.: Издат. дом Санкт-Петерб. гос. ун-та, 2005. — 702 с.
7. Гамидуллаева, Л.А. *О построении концепции управления инновационной системой России. Экономическое возрождение России*. 2016. № 4 (50). С. 74-84
8. Gamidullaeva, L.A., Tolstykh, T.O. *Transaction Costs, Institutions and Regional Innovation Development: the Case of Russia. Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference (IBIMA) 8-9 November 2017 Madrid Spain. Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth*

9. Шеффе Г. Дисперсионный анализ, пер. с англ. — М. - 1963. – 508с.

10. Phillips S. J. Acceleration of k-means and related clustering algorithms //Workshop on Algorithm Engineering and Experimentation. – Springer Berlin Heidelberg, 2002. – С. 166-177, Elkan C. Using the triangle inequality to accelerate k-means //ICML. – 2003. – Т. 3. – С. 147-153

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ОЦИФРОВКИ ТЕКСТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ АВТОАДАПТИВНЫХ ШРИФТОВ

Сотников А.Н., Чередниченко И.Н.

Межведомственный суперкомпьютерный центр Российской академии наук - филиал Федерального государственного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук» (МСЦ РАН - филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН)
+7 (903) 774-0581, inch@jssc.ru

Работа описывает результат моделирования возникновения дефектов сканирования и в неформатных графических документах в процессе ретроконверсии, на основе технологии автоадаптивных шрифтов.

Ключевые слова: ретроконверсия, автоадаптивный шрифт, неформатные графические документы, автоматическая кластеризация, электронные библиотеки.

Modeling of digital defects of texts with the technology of autoadaptive fonts. Sotnikov A.N., Cherednichenko I.N., JSCC RAS (Joint Supercomputer Center of the Russian Academy of Sciences).

The paper dwells on the research of effects of usage conditions (work and environment temperature, stiffness operating conditions, electrical loads, etc.) and constructive parameters of the fiber cables on the values of gamma-percentile operating life. The main problem faced by the developers is the unreliability of the data by the calculation of gamma-percentile operating life, i.e. the parameters of the real operating conditions are not taken into account, only lower bound of its index are considered.

Keywords: retroconversion, auto-adaptive font, non-formatted graphic documents, automatic clustering, electronic libraries.

Введение

Бурное развитие интернет технологий и удешевление стоимости хранения электронной информации позволяет все большему кругу людей получить доступ к историческим источникам печатной информации. В связи с этим, возрастает актуальность создания, развития и наполнения контентом электронных библиотек. Электронные библиотеки стали привычным явлением в нашей жизни и содержат широкий спектр исторической, научно-технической и гуманитарной информации. В цифровом виде хранится громадное количество различных публикаций и изданий: книги, журналы, диссертации, технические отчеты, материалы конференций и многое другое. Опережающими темпами растет и количество книг, которые теперь кроме традиционной бумажной версии имеют и электронный вариант. Причем многие из них сначала появляются в электронном виде, а потом выходят в бумажном варианте. Активно начинается распространяться технология publish-on-demand, в которой книга быстро печатается на месте и выдается покупателю. Поэтому, все технологии, связанные с переводом печатных источников в электронный вид, а также методы хранения и представления такой информации весьма актуальны.

Если ситуация с новыми изданиями и публикациями выглядит достаточно хорошо – они сразу готовятся в цифровом формате, то с печатными источниками, которые были выпущены в бумажном виде еще до внедрения компьютерных технологий есть проблемы. В особенности, это касается документов в многочисленных исторических архивах, редких изданий и т.п. Связано это с тем, что они были созданы в исторический период, когда не было стандартизации шрифтов, каждая книга могла иметь свои собственные особенности, связанные с конкретной типографией, выполнявшей ее набор. Здесь можно ввести понятие “неформатных” документов, которое подразумевает наличие неповторимых особенностей или уникальных шрифтов, отсутствующих в современных реалиях. Существуют и достаточно хорошо развиты технологии оптического распознавания текста (OCR), которые предназначены для перевода бумажных документов в цифровой вид с максимально возможным сохранением форматирования исходного документа, но, для документа, являющегося историческим памятниками, важно сохранить его текущее представление, отражающее особенности и стиль оформления.

Для решения перечисленных задач, авторами была разработана технология ретроконверсии неформатных графических документов на основе метода автоадаптивных шрифтов. Однако, в процессе

решения задачи ретроконверсии, возникла идея решить и обратную задачу – используя информацию, полученную при обработке неформатного графического документа, сформировать в том же стиле и тем же шрифтом синтетический документ, заданного содержания.

При решении этой задачи, в качестве приоритетов стояло не столько практическое использование результатов, сколько дальнейшее развитие и демонстрация возможностей технологии автоадаптивных шрифтов.

Ретроконверсия с моделированием дефектов сканирования на основе метода автоадаптивных шрифтов

В основу технологии формирования автоадаптивного шрифта положены процедуры анализа графических объектов, полученных в процессе сканирования, их кластеризации с учетом степени похожести, а также динамическое формирование характеристических представителей кластеров – суть элементов автоадаптивного шрифта. Исходными положениями для построения и исследования данных процедур выступает модель АВО (Алгоритм вычисления оценок), предложенная Ю.И. Журавлевым[1], в рамках которой графические объекты определяются векторами признаков фиксированной размерности, которые в совокупности образуют конечномерное векторное пространство и задается метрика, позволяющая оценивать близость рассматриваемых объектов. Каждому сформированному кластеру ставится в соответствие характеристический вектор той же размерности, компоненты которого отражают усредненную характеристику объединенных в кластер объектов. В качестве меры близости (функции оценок) для них может быть выбрана приемлемая для предметной области метрика, отвечающая интуитивному понятию похожести. Решающее правило о принятии решения об отнесении объекта к тому или иному кластеру имеет в своей основе оценку отклонения значений соответствующих компонент вектора признаков и характеристического вектора, которое не должно превышать заданного порога. Таким образом, основными составляющими модели автоматической кластеризации являются векторы признаков, характеристические векторы классов объектов, функция оценок и пороги.

Так как в нашем случае множество подлежащих кластеризации объектов (графические объекты – суть элементы шрифтов) пополняется случайным образом, то использовалась адаптивная модель АВО[2], которая предполагает наличие динамической процедуры формирования компонентов характеристического вектора, функции оценок и порогов на основе статистической обработки случайного входного потока сканированных объектов[3].

Таким образом, в результате обработки неформатного документа, формируется полная статистическая информация, определяющая границы возможных искажений каждого символа и функция плотности вероятности таких искажений.

В виду специфики решаемой задачи, все графические объекты из которых состоит документ, рассматривались как набор связанных вложенных контуров. Это позволило применить эффективные методы, основанные на модернизированном алгоритме “маркированных квадратов” для получения контуров всех графических объектов страницы документа за один проход.

Задача нормализации размерности вектора признаков рассматриваемых объектов, была решена оригинальным методом на основе преобразования Фурье[4]. Таким образом, в качестве информации, хранимой о каждом элементе автоадаптивного шрифта, используются два ортогональных Фурье разложения его контура – x и y компоненты. В качестве дополнительной информации также хранятся значения вектора дисперсий, описывающего параметры нормального распределения встречающихся искажений объекта:

$$\vec{v} = (v_1, \dots, v_n), \quad v = \{v_i^R\}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$
$$\vec{\sigma}^2 = (\sigma_1^2, \dots, \sigma_n^2), \quad \sigma = \{\sigma_i^R\}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

В процессе процедуры ретроконверсии происходит обратное преобразование Фурье, полностью восстанавливающее внешний вид контуров графических объектов:

$$f(t) = \frac{V_0}{2} + \sum_{k=1}^N V_k \sin kt$$

Однако, в процедуре ретроконверсии не участвует накопленная статистическая информация о дефектах и искажениях объектов. В технологии автоадаптивных шрифтов она присутствует, но используется только на этапе автоматической кластеризации – т.е. разделения входного потока объектов. Поэтому, возникла идея использования собранной статистической информации о графических объектах входного документа. В качестве тестовой задачи, иллюстрирующей возможности метода автоадаптивных шрифтов, было предложено добавить функцию, которая будет вносить случайные искажения в результат восстановления символов, моделируя дефекты сканирования и ветшания первоначального документа.

Статистические модели, основанные на нормальном законе распределения, используются весьма часто, поэтому для них разработаны эффективные методы моделирования поведения случайной

величины. Существуют эффективные методы моделирования поведения случайной величины, заданной нормальным законом распределения, например - табличный метод генерации нормально распределенных чисел, метод генерации нормально распределенных чисел, использующий центральную предельную теорему [5], Но, для практического применения, более простым в реализации является метод, основанный на преобразовании Бокса — Мюллера [6].

В этом методе случайная величина определяется формулой:

$$\delta = \sqrt{(-2Ln(z_1) \cdot \sin(2\pi \cdot z_2))}, \text{ где } z_1 \text{ и } z_2 \text{ случайные числа из интервала } [0, 1].$$

Таким образом, для того, чтобы смоделировать процесс возникновения дефектов сканирования нужно добавить дополнительный компонент в процедуру обратного восстановления контуров графических объектов:

$$f_d(t) = \frac{V_0}{2} + \sum_{k=1}^N (V_k + \sigma_k \delta_k) \sin kt$$

где V_k , σ_k и δ_k соответствуют k -му компоненту вектора признаков. В результате на выходе получится смоделированный графический объект, на который наложены дефекты, полностью соответствующие статистическим данным дефектов исходного документа.

Программа моделирования дефектов сканирования

На основе приведенного алгоритма, была построена текстовая программа, позволяющая из статистической информации, содержащейся в автоадаптивном шрифте документа, генерировать новый документ. В качестве одной из новых особенностей разработанной программы стала возможность генерации документа заданного содержания в стиле исходного. Для более полного моделирования восстановления документа с дефектами сканирования при восстановлении символов добавляются наложенные случайные искажения. В результате создается новый электронный документ, содержащий шрифт и все дефекты сканирования символов, аналогичный исходному неформатному документу.

Нужно отметить, что процесс первоначальной обработки исходного неформатного графического документа, является достаточно ресурсно затратной задачей, поэтому первоначальная обработка и получение исходной информации выполнялась на кластере МВС-10П. В случае же восстановления вычислительная сложность резко снижается и для работы программы вполне достаточно обычного современного компьютера.

Программа отображения результатов ретроконверсии была написана в нескольких вариантах, приведем фрагмент текста программы, отвечающий за обратное восстановление символов:

```
Procedure RFFT (N : integer);
var i,j,k,m : integer;
    sxx,ssy,ssx2,ssy2,ssx3,ssy3 : real;
Begin
    My_Alphabet.Nom:= MyVoc.Voc_nom;
    for k := 1 to MyVoc.Voc_nom do begin
        My_Alphabet.Symbol[k].ncount:=MyVoc.data[k].ncount;

        for m := 1 to MyVoc.data[k].ncount do begin
            My_Alphabet.Symbol[k].shift[m].x:=Round(MyVoc.data[k].Shift[m].x);
            My_Alphabet.Symbol[k].shift[m].y:=Round(MyVoc.data[k].Shift[m].y);
// Контур
            for j:=1 to 256 do begin
                sxx:=0; ssy:=0; ssx2:=0; ssy2:=0; ssx3:=0; ssy3:=0;
                for i:=1 to N do begin
                    sxx:=sxx+(MyVoc.data[k].fcount[m][i].x+delta[m][i].x)*sin(pi*j*i/512);
                    ssy:=ssy+(MyVoc.data[k].fcount[m][i].y+delta[m][i].y)*sin(pi*j*i/512);
                end;

                My_Alphabet.Symbol[k].data[m][j].x:=Round(sxx);
                My_Alphabet.Symbol[k].data[m][j].y:=Round(ssy);
            end;
        end;
    end;
```

Рисунок 1 – Текст подпрограммы восстановления символов

Результаты моделирования

На первом этапе идея восстановления была опробована на web-реализации программы, однако этот вариант позволял ввести символами из автоадаптивного шрифта только одно слово, и не давал возможности изменять положения символов:

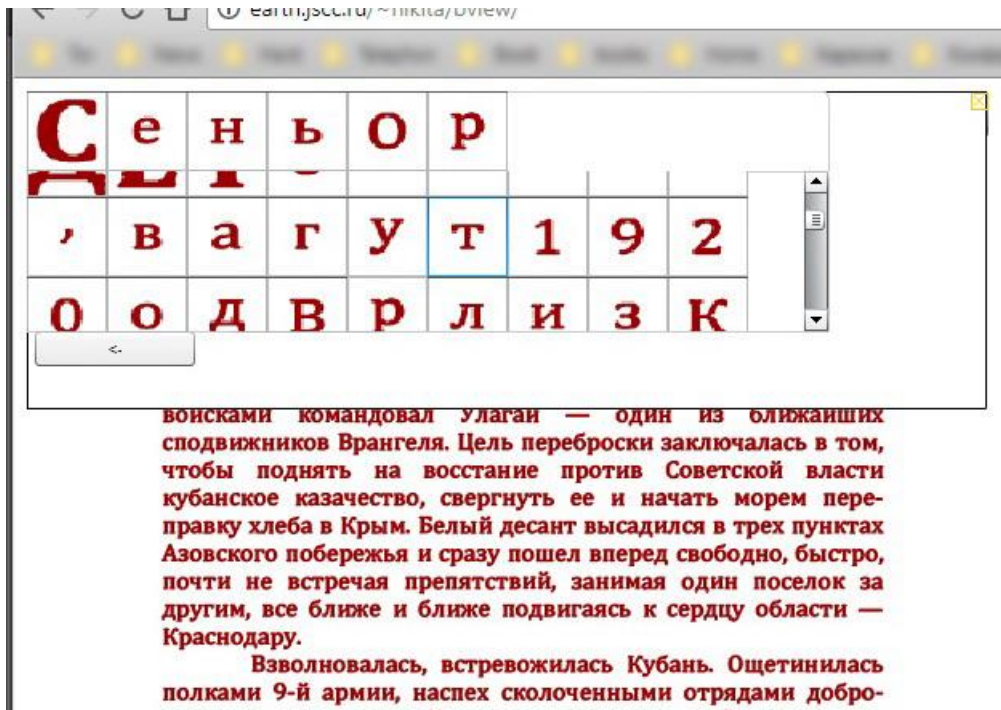


Рисунок 2 – Тестовая программа, веб-страница

В результате, была разработана программа, которая позволила отладить процесс внесения искажений в генерируемые изображения символов и изменения их положений на странице:

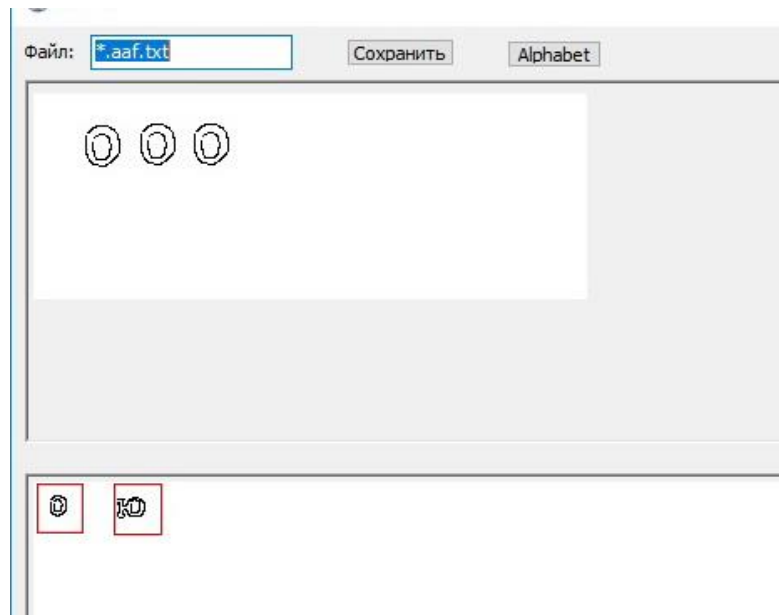


Рисунок 3 – Генерация символа с наложенными искажениями

Дальнейшее развитие возможностей программы позволило изменять положение генерируемых символов и редактировать содержание текста. На рисунке 3 приведен результат работы программы на фоне исходного неформатного графического документа (для сравнения). Символы выводились только контурами и без заливки цветом для целей отладки и большей наглядности.

Какъ нѣкогда пророку Елисею
Явился Богъ отцовъ,
Не въ грозовомъ огнѣ, смятенъе съ
А въ шорохѣ листовъ;



Рисунок 4 – Документ с измененным содержанием в стиле первоисточника

Генерирование выходных документов с измененным содержанием не является самоцелью проекта, это, скорее демонстрация возможностей технологии ретроконверсии на основе метода автоадаптивных шрифтов.

Проведенное моделирование показало, что разрабатываемые методы обработки неформатных документов позволяют не только улучшать читаемость и восприятие выходной информации, но и при необходимости полностью моделировать искажения, вносимые в документ на этапе его оцифровки из бумажного источника.

Заключение

В работе показана возможность создания графических документов произвольного содержания в стиле, учитывающем результаты статистической обработки информации исходного документа. Также была показана возможность при необходимости добавить в восстанавливаемый документ смоделированные искажения, связанных с дефектами сканирования, что поднимает на следующий уровень качество процедуры ретроконверсии неформатных графических документов. Конечный результат работы – разработка методов обработки, хранения и представления неформатных графических документов, предполагает на следующем этапе разработки интерфейсов и программ, позволяющих в интерактивном режиме проводить необходимую коррекцию электронной версии выходных документов для публикации их в электронных библиотеках.

Благодарности

Работа отражает результаты исследований на стыке нескольких тем, проводимых в МСЦ РАН, филиале ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН и носит предварительный результат по проекту РФФИ № 17-07-00400 и Государственному заданию по теме «Исследование и разработка технологий, методов и средств формирования и использования интегрированных электронных информационных ресурсов» (№ государственной регистрации 01201464391).

Литература

1. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания и классификации. Журавлев Ю.И. Вып. 33, М : Проблемы кибернетики, 1978 г., стр. 5–68.
2. V.A.Bereznev, A.N.Sotnikov, I.N.Cherednichenko. A Probabilistic Criterion and an Integral Method in Graphic-Object Recognition and Information Retrieval. Pattern Recognition and Image Analysis. Moscow, Interperiodika, 1994, Vol. 4, 1, pp. 32-35.

3. Построение авто-адаптивного фонта в документах электронных библиотек. Сотников А.Н., Чередниченко И.Н. Тверь : Программные продукты и системы, №2(82), 2008 г., стр. 16-19. ISSN 0236-235X.
4. Об использовании преобразования Фурье в задаче распознавания рукописного текста. Березнев В.А., Волков А.Ю., Чередниченко И.Н. 2003 г., стр. 153-159.
5. M.Rouaud. Probability, Statistics and Estimation. 2013. стр. 10.
6. R.Sheldon. A First Course in Probability. 2002. стр. 279–281.

МОДЕЛЬ ФОРМАЛЬНОЙ ГРАММАТИКИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Ясулова Х.С.

УВО «Институт системных технологий»

Аннотация. В статье рассматривается проблема автоматического распознавания конструкций естественного языка. *общения* человека с компьютером на естественном языке. Предлагается подход, основанный на представлении человеко-машинной системы в виде двух информационных объектов, с условием придания им таких свойств, что каждый из них способен *обнаружить* и *повторить* действия другого. В статье под *действием* подразумеваются механические действия или работа процессора в компьютере. Роль сигнала выполняют *предложения* естественного языка. Чтобы сигналы были доступны и человеку, и компьютеру, в качестве синтаксиса, порождающего предложения «человеко-машинного языка», рассматривается *синтаксис конечных автоматов*. В статье подробно рассматривается грамматика, порождающая *обстоятельства места* в простом предложении. Эти свойства могут быть заложены при создании системы искусственного интеллекта.

Ключевые слов: математическая модель, компьютерная модель, граф, сеть, морфология, синтаксис, семантика, словосочетание, синтаксический анализатор, морфологический анализатор, модели синтаксиса

The model of the formal grammar and the possibility of its use in artificial intelligence systems. Yasulova H.S., Institute of System Technologies

Annotation. The article deals with the problem of automatic recognition of natural language constructions. Communication between a person and a computer in a natural language. An approach based on the representation of the human-machine system in the form of two information objects is proposed, with the condition of giving them such properties that each of them is able to detect and repeat the actions of the other. In the article, the action refers to mechanical actions or the operation of the processor in the computer. The sentence of the natural language fulfills the role of the signal. For the signals to be accessible to both the person and the computer, the syntax of finite automata is considered as the syntax that generates sentences of "human-machine language". The article deals in detail with the grammar that generates the circumstances of a place in a simple sentence. These properties can be laid when creating an artificial intelligence system.

Key words: mathematical model, computer model, count, network, morphology, syntax, semantics, phrase, parser, morphological analyzer, syntax models

Современные аппаратные и программные средства позволяют решение достаточно сложных задач обработки информации. В качестве одной из актуальных задач, решение которой предоставляет пользователю широкие возможности по применению компьютерных систем в различных областях деятельности можно привести задачу распознавания текста и голосовых сообщений. Придание компьютеру свойств распознавания предложения, представленной вначале как строка символов, и отображения текста на экране монитора может служить первым шагом к пониманию значения предложения на естественном языке. Критерием правильного понимания предложения может служить, например, ответ компьютера на заданный вопрос. Эти элементы являются характерными свойствами искусственного интеллекта и позволяю принятие решения, например, в системе «ситуация-действие».

Используемые в настоящее время синтаксические анализаторы, экспертные системы, переводчики текста и прочие программы, работающие с предложениями естественного языка и предназначенные для решения прикладных задач, на самом деле далеки от *распознавания и анализа предложения* в строгом смысле этих слов.

При невозможности комплексного решения сложной задачи имеет место целесообразность выделения из общей проблемы частной задачи, ее упрощения и на ее примере демонстрировать приемы и подходы к решению исходной сложной задачи.

В проблеме формализации языка в качестве частной задачи ранее предлагалось выделить, сформулировать и изучать *языковую игру* [1]. С использованием прикладного программного обеспечения возможно формализовать языковую игру и демонстрировать на частном примере структуру языка в целом [2].

Суть *языковой игры* заключается в следующем. Лексика языка (игры) состоит из десятка слов. Морфологические правила построения словоформ формализованы. Предложения порождаются упрощенным синтаксисом. Значением предложения является некоторая команда. Критерием понимания команды является действие исполнителя, которому была адресована команда.

В работе [2] подробно рассмотрены вопросы формирования семантики (значением) предложения, которые могут быть использованы при реализации прикладных систем распознавания. В данной статье речь пойдет о приемах построения синтаксиса предложений в языковой игре. Предварительно, обсуждается вопрос о *семантическом поле*, на котором человек и компьютер могут иметь одинаковую интерпретацию языковых конструкций.

Состояния памяти образуют *семантическое поле* S_1 , элементы которого *доступны* только сознанию M_1 . Индекс 1 указывает на то, что пара (S_1, M_1) сосредоточены в одном ограниченном пространстве (в теле человека, в компьютере) B_1 , образуют они замкнутую в себе систему, то есть, не обнаруживаются внешними объектами. *Доступность* семантики S_1 сознанию M_1 означает наличие отображения $f_1: S_1 \rightarrow M_1$.

Тело B_1 может совершать различные *действия*, обозначим их через U_1 . Между множествами M_1 и U_1 имеет место *биекция* (взаимно однозначное соответствие) $g_1: M_1 \rightarrow U_1$. Таким образом, объект B_1 задан тремя множествами и двумя отображениями: $B_1(S_1, M_1, U_1, f_1, g_1)$.

Два объекта B_1 и $B_2(S_2, M_2, U_2, f_2, g_2)$ могут *общаться*; это значит:

1. $U_1 = U_2$,
2. действие u , произведенное B_1 , дублируется в B_2 , и наоборот.

Предполагается: $U_1 = U_2 = U$. Действия U принято называть *сигналами*. Сигнал в форме слова («вторая сигнальная система») стала универсальным способом общения людей. Ребенок учится первым своим словам, называя действия взрослых, которые показывают на: нос, рот, глаза и т.д. Или, наоборот, мама называет слова, ребенок показывает на соответствующий предмет.

Эту идею можно использовать для разработки *языковой игры* [1], в которой человек сочиняет предложение, а машина исполняет пожелание (команду), обозначенную этим предложением. А у компьютера широкий диапазон действий, которые могут стать семантикой (значением) для большого разнообразия предложений ЕЯ.

Если через L обозначить некоторое множество предложений, то объект B задается семью параметрами $B = B(S, M, U, L, f, g, h)$, где биекция $h: U \rightarrow L$. Для компьютера: S – состояния оперативной памяти, M – действия производимые операционной системой (процессором или периферийными устройствами).

Далее рассматриваются вопросы общения между человеком B_1 и компьютером B_2 .

Будем говорить, что объекты B_1 и B_2 *способны общаться*, если $h_1(u) = h_2(u)$, для всех u из U_1 .

Предполагается, что B_1 и B_2 *способны общаться*. Поэтому имеет место: $L_1 = L_2 = L$ и $h_1 = h_2 = h$.

Иначе говоря, действие u и для человека, и для компьютера обозначено одним предложением $h(u)$. И наоборот, предложение p и для человека, и для компьютера имеет одно значение: $h^{-1}(p)$.

Такую схему общения образуют два человека B_1 и B_2 . Изначально средством коммуникации между людьми были только органы чувств и движущие части тела – *первая сигнальная система*. Например, B_1 может подтянуть к себе B_2 или подмигнуть ему. В этом случае информация передается от органов чувств одного человека к органам чувств другого.

Современный человек имеет развитый и разветвленный внутренний мир, в частности, человек, всегда пытается *осознавать* все, что с ним происходит. Особенно в том случае, когда он передает или принимает информацию посредством предложений естественного языка(ЕЯ) – *второй сигнальной системой*. Человек интуитивно считает, что значением слова и предложения является *мысль*. Как следствие, возможность общения человека с компьютером посредством предложений ЕЯ вызывает недоумение. Камнем преткновения является отсутствие возможности или наше неумение моделировать и представить мысль (образ вещи), и управлять ею в вычислительной технике так же легко и гибко, как это делается в живом организме.

В таком случае человек и компьютер могут для общения пользоваться и довольствоваться только первой сигнальной системой. Так как оба они способны видеть, слышать и совершать движения. Однако на сегодняшний день то, что умеет безупречно делать машина в области языковой активности человека, – это читать и писать предложения ЕЯ.

Резюмируя сказанное, можно заключить следующее:

1. *предложения ЕЯ являются удобным и надежным средством коммуникации между человеком и компьютером;*

2. *вопрос о критерии и степени понимания человеком и компьютером получает очевидный и однозначный ответ, если информация, адресованная компьютеру, является командой, которую он способен исполнять.*

Далее на частных примерах рассматриваются вопросы реализации процесса общения человека с компьютером. Предметом общения является действие, доступное обоим участникам общения – отправка файла по заданному адресу.

Например. Некоторая процедура *SendFile1* с параметром:

*Отправить к 12 часам 23.01.14 в учебную часть
экзаменационную ведомость по Бадам данных
курса 2 факультета информатики.*

должна выполнить действие, сформулированное в предложении (1).

Мы могли бы сказать, что машина понимает предложение (1), если бы она могла бы извлечь из (1) следующие данные:

oper – действие, выраженное сказуемым *отправить*;
timedate – время и дата отправки: *к 12 часам 23.01.14*;
address – адрес получателя: *в учебную часть*;
sfdoc – имя документа (файла): *экзаменационную ведомость по Бадам данных второго
курса факультета информатики.*

Реализация процедуры

SendFile2(oper, timedate, address, sfdoc) (2)

является задачей для программиста. Здесь рассматривается задача анализа предложения (1), в результате которого из (1) извлекаются параметры процедуры *SendFile2*. Процедура (2) и есть значение предложения (1). Для упрощения процесса выявления значения предложения налагаются следующие требования на его структуру:

1. *Предложение (1) – корневое дерево [5], обозначим его через G;*
2. *Корнем G1 является переходный глагол в форме инфинитив;*
3. *В предложении G1 не указано подлежащее – исполнитель действия, им является компьютер.*
4. *Действия глагола доопределены обстоятельствами места и времени, а также прямым дополнением.*

Названные четыре элемента образуют состав предложения, они связаны между собой указанными ниже отношениями (рисунок 1.)

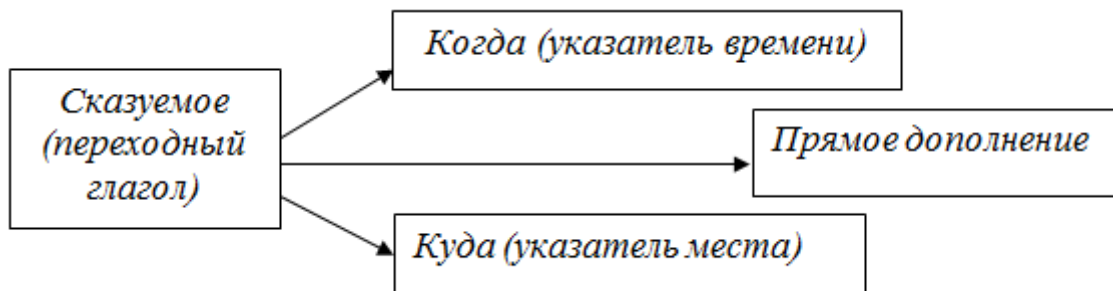


Рисунок 1- Анализ предложения

Предложение (1) *структурировано*, то есть, известно в каком порядке расположены его элементы: глагол, обстоятельства и дополнение. *Анализ предложения* предполагает его фрагментацию – деление последовательности словоформ (1) на четыре фрагмента (части):

1. *Отправить*;
2. *к 12 часам 23.01.14*;
3. *в учебную часть*;
4. *экзаменационную ведомость по Бадам данных курса 2 факультета информатики.*

Полученные выражения должны отвечать на вопросы: *что делать?*, *когда?*, *куда?* и *что?* (винительный падеж), соответственно.

Чтобы программно анализировать предложение [3], мы должны располагать грамматикой, которая порождает его и все его элементы. Если известны элементы *oper*, *timedate*, *address* и *sfdoc* предложения *sent*, то

$\langle sent \rangle ::= \langle oper \rangle \langle timedate \rangle \langle address \rangle \langle sfdoc \rangle$ (3)

Остается исследовать по отдельности каждый из элементов предложения.

Указателем места address является любое выражение, отвечающее на вопрос *куда?*. К любому выражению можно добавить пространственный предлог или указательные местоимения таким образом, что оно станет указателем места. Например,

учебная часть - в учебную часть, к учебной части;
она читала книгу – туда, где она читала книгу.

Следовательно, по своей структуре указатель места не проще предложения. Поэтому порождающая грамматика [4] указателя места будет сформулирована посредством простых словосочетаний. Иначе говоря, будет выбрана упрощенная грамматика указателя места. В таком случае следует остановиться и обратить внимание и на то, какая часть указателей места, употребляемых в русском языке, будет порождена данной упрощенной грамматикой.

Для построения указателей места в грамматике русского языка [6] широко используется словосочетание, известное как несогласованное определение (НО), состоящее из двух имен. Если обозначить через:

ИС – имя существительное;
ИС₂ – ИС в форме родительного падежа;
ИС* – ИС в любой из 12 возможных форм,

то следующая грамматика 1 – 2:

1. $\langle \text{НО} \rangle ::= \langle \text{ИС}^* \rangle \langle \text{ИС}_2 \rangle$;
2. $\langle \text{НО} \rangle ::= \langle \text{НО} \rangle \langle \text{ИС}_2 \rangle$.

порождает цепь НО. Например,

дом пионеров, у дома пионеров, к дому пионеров города и т.д.

Согласованное определение (СО) – сочетание ИС с именем прилагательным (ИП). Пусть:

ИС_{i1} – ИС в форме *i*-того падежа и единственного числа;
ИП_{i1} – ИП в форме *i*-того падежа и единственного числа;
ИС_{2i} – ИС в форме *i*-того падежа и множественного числа;
ИП_{2i} – ИП в форме *i*-того падежа и множественного числа.

Следующие правила будут использованы для построения СО.

3. $\langle \text{СО}_{1k_i} \rangle ::= \langle \text{ИП}_{k_i} \rangle \langle \text{ИС}_{k_i} \rangle$;
4. $\langle \text{СО}_{k_i} \rangle ::= \langle \text{ИП}_{k_i} \rangle \langle \text{ИС}_{k_i} \rangle | \langle \text{ИП}_{k_i} \rangle \langle \text{ОС}_{k_i} \rangle$;
5. $\langle \text{СО}_1 \rangle ::= \langle \text{СО}_{11} \rangle | \langle \text{СО}_{12} \rangle | \langle \text{СО}_{13} \rangle | \langle \text{СО}_{14} \rangle | \langle \text{СО}_{15} \rangle | \langle \text{СО}_{16} \rangle | \langle \text{СО}_{121} \rangle | \langle \text{СО}_{122} \rangle | \langle \text{СО}_{123} \rangle | \langle \text{СО}_{124} \rangle | \langle \text{СО}_{125} \rangle | \langle \text{СО}_{126} \rangle$;
6. $\langle \text{СО} \rangle ::= \langle \text{СО}_{11} \rangle | \langle \text{СО}_{12} \rangle | \langle \text{СО}_{13} \rangle | \langle \text{СО}_{14} \rangle | \langle \text{СО}_{15} \rangle | \langle \text{СО}_{16} \rangle | \langle \text{СО}_{21} \rangle | \langle \text{СО}_{22} \rangle | \langle \text{СО}_{23} \rangle | \langle \text{СО}_{24} \rangle | \langle \text{СО}_{25} \rangle | \langle \text{СО}_{26} \rangle$;
7. $\langle \text{СО}_01 \rangle ::= \langle \text{ИС}^* \rangle | \langle \text{СО}_1 \rangle$;
8. $\langle \text{СО}_01_{12} \rangle ::= \langle \text{ИС}_{12} \rangle | \langle \text{СО}_1_{12} \rangle$.

Примерами СО₁₂₅ являются словосочетания:

синими морями, верными друзьями, скрытыми файлами и т.д.

Примерами СО₁₂ являются словосочетания:

синего моря, верно скрытого файла и т.д.

Грамматика 1 – 2 изменена следующим образом:

9. $\langle \text{НО}_1 \rangle ::= \langle \text{СО}_01 \rangle \langle \text{СО}_01_{12} \rangle$;
10. $\langle \text{НО}_1 \rangle ::= \langle \text{НО}_1 \rangle \langle \text{СО}_01_{12} \rangle$.

Согласно 9 – 10 элементы (ИС) цепи НО могут быть доопределены одним ИП. Например.

К высокому дому пионеров нашего города,
Имя текстового файла утерянной папки и т.д.

ИС в цепи НО могут быть доопределены собственными именами:

высотный дом пионеров Смена города Тула,
текстовый файл myfile1.txt утерянной папки Blok и т.д.

Следующее правило

11. $\langle \text{СО}_1 \rangle ::= \langle \text{СО}_1 \rangle \langle \text{ИС}_{11} \rangle$;

наряду с предыдущими правилами означает, что СО₁ может быть доопределен ИС в единственном числе и в именительном падеже.

Выше были использованы *предложные формы (ПФ)* имени *дом*: *у дома, к дому*. В грамматике русского языка ПФ также широко используется для построения цепи сочетаний из ИС. Ниже в качестве примера приводится грамматика, порождающая цепь из ПФ (ЦПФ).

12. $\langle \text{ПФ} \rangle ::= \langle \text{ПФВ}_5 \rangle | \langle \text{ПФВ}_6 \rangle | \langle \text{ПФУ} \rangle | \langle \text{ПФК} \rangle | \langle \text{ПФНА}_5 \rangle$;
13. $\langle \text{ПФВ}_5 \rangle ::= \text{В} \langle \text{ИС}_{15} \rangle | \text{В} \langle \text{ИС}_{25} \rangle$;

14. <ПФВ6> ::= В <ИС₁₆> | В <ИС₂₆>;
15. <ПФУ> ::= У <ИС₁₂> | У <ИС₂₂>;
16. <ПФК> ::= К <ИС₁₃> | К <ИС₂₃>;
17. <ПФНА5> ::= НА <ИС₁₅> | НА <ИС₂₅>;
18. <ЦПФ> ::= <ПФ> | <ЦПФ><ЦПФ>.

Примерами ЦПФ являются следующие выражения:

у дома над рекой, в машине на улице и т.д.

Члены ЦПФ можно доопределить ИП и собственными именами так же, как это было сделано с беспредложными формами ИС.

Из определения ЦПФ следует, что все они являются *указателями места*. Если первый член цепи ИС имеет беспредложную форму винительного падежа, то он может быть использован в предложении как *прямое дополнение*.

Выражения, полученные *грамматикой 1 – 18* образует язык *конечных автоматов*. Такую же грамматику имеют *указатели времени*. Такие выражения легко анализируются. Чтобы упростить процедуру анализа самого предложения (3), элементы его можно разделить запятыми.

Вопрос о выразительных возможностях грамматики 1 – 18 здесь не обсуждается. Из приведенных выше примеров видно, грамматика 1 – 18 охватывает широкий диапазон выражений, построенных с помощью двух словосочетаний СО и НО с участием предложных форм ИС.

Здесь также не обсуждаются вопросы *семантики предложения*, то есть, какие действия должны быть исполнены по команде, сформулированной в данном предложении. Если речь идет о предложении (3), из которого требуется извлечь время и дату отправки файла, имя самого файла и адрес, по которому следует отправить файл, то структура *указателей времени и места*, а также *прямого дополнения* должны быть формализованы таким образом, чтобы без труда установить их значения.

Например, структурированное выражение

*экзаменационную ведомость по Бадам данных
второго курса факультета информатики.*

состоит из четырех частей: *экзаменационную ведомость, по Бадам данных, второго курса и факультета информатики*. Каждая из них находится в списке терминов данного языка и имеет свой код, например: *et, bd, k2* и *finf*, из которых образуется имя файла *etbdk2finf*, в котором хранится документ, обозначенный в *прямом дополнении*.

Для предложений типа (3) мы указали приемы определения их синтаксиса и семантики. Если иметь в виду то, что для интеллектуальной системы, поддерживающей отправку документов внутри фирмы, достаточно иметь 20 - 30 структурированных предложений типа (3), то создание такой системы не представляет труда.

Таким образом, предложенный подход основывается на анализе синтаксических и семантических конструкций естественного языка и может явиться основой для разработки прикладных программных систем распознавания текста и организации диалога в системе искусственного интеллекта.

Литература

1. Новое в зарубежной лингвистике. Вып. 24 – М.:1985.
2. Витгенштейн Л. Философские исследования //Новое в зарубежной лингвистике. Вып. XVI. — М., 1985.
3. Шихиев Ф. Ш., Шихиев Ш. Б. Формализация отношений синтаксиса и семантики. Сб. статей научно-практической конференции «Новые информационные технологии в экономике, управлении и образовании»: - Дербент, РД, 2014.
4. Харари Ф. Теория графов. - М.: Едиториал УРСС, 2003.
5. Шихиев Ф.Ш. Формализация и сетевая формулировка задачи синтаксического анализа. Канд. диссертация. СПбГУ, 2006.
6. Гросс М., Лантен А. Теория формальных грамматик - М.: Мир, 1971.
7. Грамматика русского языка, т. т. 1 - 3. Издательство Академии Наук СССР, 1960.

ЭРГОНОМИКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

Яценко Е.А.

Сургутский государственный университет
elisia@yandex.ru

В работе представлен краткий обзор становления науки эргономики в целом, а также современные особенности и тенденции развития методов организации взаимодействия пользователей с прикладными программными средствами вычислительных систем.

Ключевые слова: эргономика, интерфейс, человеческий фактор.

Ergonomics of the user interface. Yatsenko E.A. Surgut State University.

The paper presents overview of the development of ergonomics, modern features and trends in the development of methods for organizing user interaction with the application software of computing systems.

Keywords: ergonomics, interface, human factor.

На протяжении долгой истории развития образа жизни и труда человека, можно наблюдать как наши предки стремились приспособить окружающую среду в соответствии со своими особенностями и потребностями. На рис. 1. приведен пример одного из первых видов инструмента, изобретенного нашими предками: ручное рубило из кварцита, происходит с горизонта TG-10 «Галереи» в Атапуерке (Бургос, Испания) и датируется возрастом около 350 тысяч лет» [1].



Рис. 1. Ручное рубило из кварца, 350 тысяч лет.

Ручное рубило «изготавливалось» из камня подобранного в соответствии с размерами и строением кисти человека, ударами о другой камень края раскалывались для придания остроты краям.

За сотни тысяч лет человек создал вокруг себя новый мир. Методы и средства адаптации элементов этого искусственного мира к особенностям человеческого рода в целом и индивидуальных особенностей его отдельных представителей, стали значительно сложнее. В 1950 году оформилась новая научная дисциплина «эргономика». Унифицированное определение самой эргономики давать долгое время не спешили, опасаясь ограничить развитие новой научной дисциплины [2].

Во второй половине 60-х назрела необходимость создания организации для глобального продвижения науки и практики эргономики. В 1961 году в Стокгольме, в Швеции, состоялось первое заседание Международной ассоциации эргономики или IEA (The International Ergonomics Association). В настоящее время совет IEA состоит из представителей федеративных обществ 51-го государства. Основная миссия IEA заключается в разработке и продвижении эргономической науки и практики, а также в расширении ее сферы применения с целью глобального улучшения качества жизни, в ходе тесного сотрудничества ее учредительных обществ и соответствующих международных организаций [3].

На текущий момент IEA определяет эргономику как научную дисциплину, изучающую взаимодействие человека и других элементов системы, а также сферу деятельности по применению теории, принципов, данных и методов этой науки для обеспечения благополучия человека и оптимизации общей производительности системы [2, 4].

Ключевым понятием эргономики является понятие человеческого фактора, в эргономике под этим понятием подразумевается комплексный показатель связи человека, машины, предмета деятельности и среды, проявляющиеся при деятельности человека с системой и ее функционировании, связанные с достижением конкретных целей [5]. Человеческий фактор в эргономике характеризуется рядом особенностей: во-первых, он как показатель присущ всей системе человек-машина в целом, но не свойственен входящим в состав системы элементам. Во-вторых, человеческий фактор не существует статично во времени, возникая, как результат взаимодействия различных по природе элементов (человек, среда, техника), пребывающих в динамичном развитии своих качеств, постоянно изменяется. В-третьих, человеческий фактор является косвенным показателем, поскольку значение имеет именно влияние, которое он оказывает на деятельность человека. В-четвертых, набор человеческих факторов для каждой конкретной изучаемой системы типа человек-машина, определяется исходя из ее особенностей и стоящих перед исследователем задач.

Эргономика возникла на стыке многих наук. Багаж таких дисциплин как социология, экономика, психология, физиология, антропология применяется для изучения соответствующих факторов взаимодействия человека и техники. Не менее важное значение имеет изучение технологических и гигиенических факторов.

Определений понятию интерфейс в литературе можно встретить много. В соответствии с действующим на территории Российской Федерации стандартом термин «интерфейс», определяется как совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие устройств вычислительной машины или системы обработки информации и (или) программ [6].

В условиях использования компьютерных информационных технологий актуальны вопросы организации взаимодействия человека с техническими и программными средствами. Такое взаимодействие обеспечивает пользовательский интерфейс.

Пользовательский интерфейс (интерфейс пользователя) (user interface) – все компоненты интерактивной системы (программное обеспечение или аппаратное обеспечение), которые предоставляют пользователю информацию и являются инструментами управления для выполнения определенных задач[7].

Обобщая накопленный многолетний опыт создания пользовательского интерфейса, который был проанализирован в работе при обзоре литературы, материалов сети интернет, работе с разнообразными программными продуктами, а также при разработке интерфейсов своих приложений, становится очевидным, что главной тенденцией развития технологий разработки современного интерфейса пользователя прикладными программами является стремление создать незаметный для потребителя интерфейс настолько, насколько это возможно.

Вычурный дизайн, многообразие сложных форм элементов управления, анимация «ради анимации» уже давно не являются признаками современного прогрессивного программного продукта. От интерфейса пользователи сегодня ожидают прежде всего естественность. Разработчики определяют естественный интерфейс как интерфейс, который не вынуждает пользователя существенно изменять привычные для него способы решения задачи.

Частой ошибкой начинающих разработчиков является использование специализированных (технических) терминов в интерфейсе пользователя, которые в лучшем случае ничего не скажут конечному пользователю, специалисту в своей области, и не знакомым с терминологией разработки программных средств.

Успешность использования графического интерфейса во многом связана с тем, что он позволил по-новому раскрыть метод применения метафор. Среди разработчиков программных средств метафорами называют знакомые пользователю понятия и образы, емко моделирующие действия и объекты, которыми приходится манипулировать пользователю при его работе на компьютере. Самыми яркими примерами метафор пользовательского интерфейса, пожалуй, являются «Корзина», «Папка», «Пуск» (рис. 2.)

Для реализации естественного незаметного интерфейса разработчики стремятся следовать принципу согласованности. Основная суть принципа согласованности в отсутствии противоречий интерфейса приложения привычным пользователю формам, объектам и процессам. При разработке приложений, автоматизирующих работу с бумагами, одним из вариантов является реализация в интерфейсе структуры бумажных форм. Согласованность интерфейса основана на использовании имеющихся у пользователя навыков и знаний. Выделяют согласованность в пределах продукта, рабочей среды и в использовании метафор.

От современного интерфейса приложений пользователи ждут нечто больше, чем сформулированное ранее как «дружелюбность». Понятие «дружелюбный интерфейс» включает в себя как правило то, что за пользователем всегда остается право на ошибку. Помимо всепрощения современные интерфейсы обладают способностью предугадывать желания пользователя, подстраиваться под его нужды и уровень знаний о системе. Обычно интерфейс с такими возможностями определяют как интеллектуальный интерфейс.

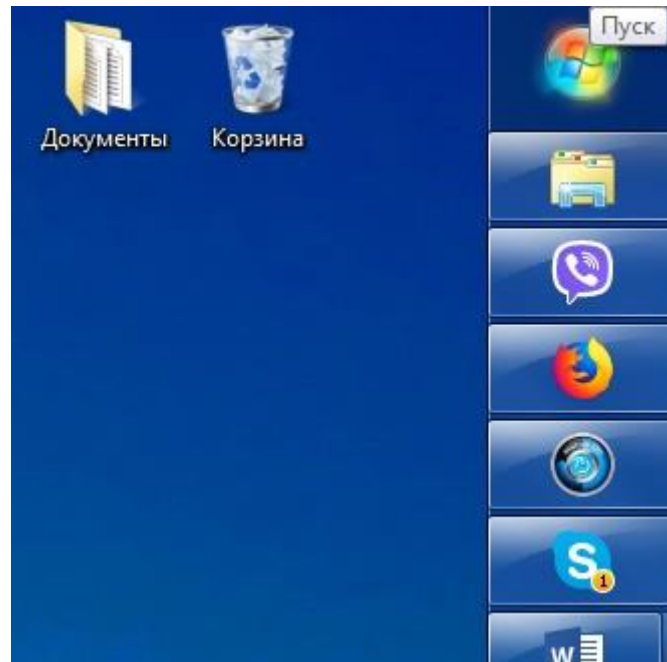


Рис. 2. Метафоры в интерфейсе пользователя

Главной задачей интеллектуального интерфейса является обеспечение неподготовленного пользователя всем необходимым для решения стоящих перед ним задач с минимальными временными затратами. Для реализации подобных интерфейсов применяются известные в области искусственного интеллекта модели, методы и технологии: модели построения баз знаний и технологии их использования для различных прикладных задач, методы машинного обучения, анализа данных и другие.

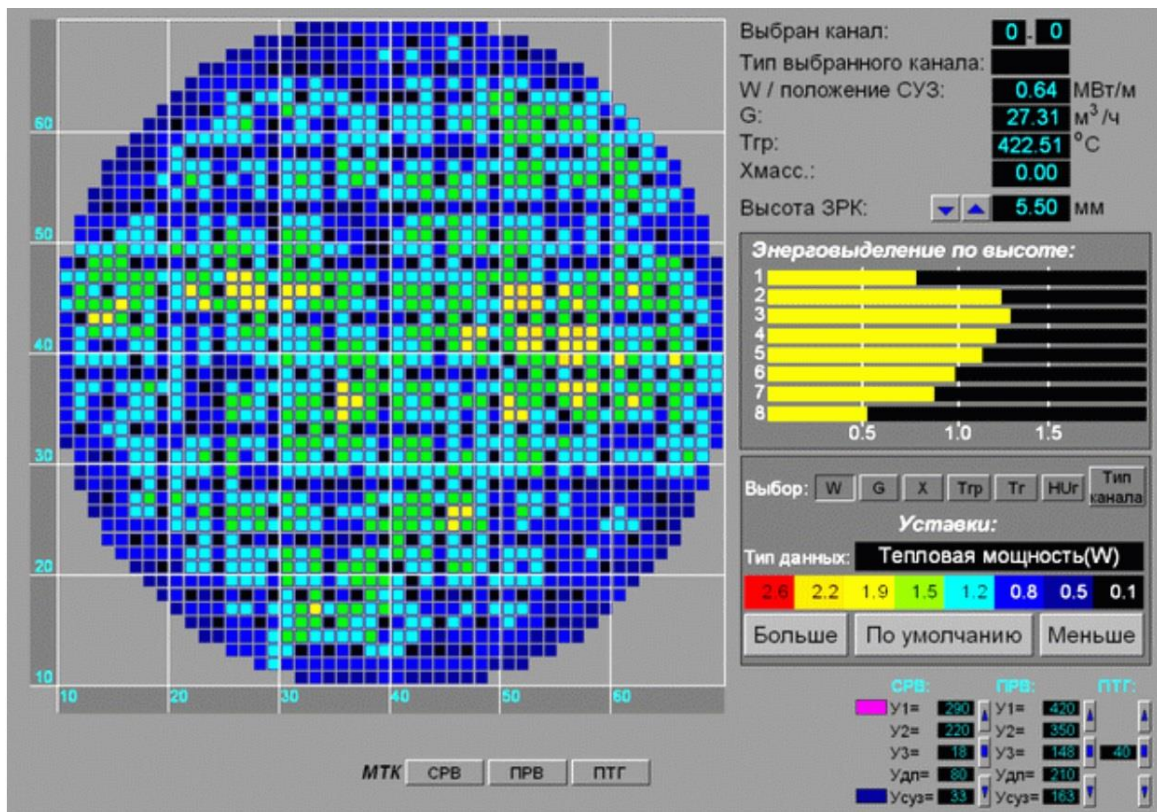


Рис. 3. Когнитивный образ активной зоны энергоблока с реактором типа РБМК.

Идеи применения указанных выше методов к построению взаимодействия пользователя с вычислительной системой появились еще во второй половине XX века [8,9], но только в современном

мире данные идеи стали широко воплощаться в жизнь, что, прежде всего, можно объяснить потребностью при реализации подобных проектов в высокой производительности вычислительных систем и их доступности целевому пользователю.

В интерфейсах современных программных средствах реализуются такие технологии как интерактивный перевод текстового сообщения, перевод надписей объектов реального мира, дополненной реальности, распознавание речи (речевой интерфейс), когнитивная компьютерная графика.

Когнитивная компьютерная графика сравнительно новое направление в развитии методов и средств реализации взаимодействия пользователя с вычислительной системой.

В соответствии с работами Д.А. Поспелова когнитивная компьютерная графика призвана решать следующие задачи: создание таких моделей представления знаний, в которых была бы возможность однообразными средствами представлять как объекты, характерные для логического мышления, так и образы картины, с которыми оперирует образное мышление; визуализация тех человеческих знаний, для которых пока невозможно подобрать текстовые описания; поиск путей перехода от наблюдаемых образов картин к формулировке некоторой гипотезы о тех механизмах и процессах, которые скрыты за динамикой наблюдаемых картин [10,11].

На рис. 3 представлен пример применения когнитивной компьютерной графики в интеллектуальном пользовательском интерфейсе оператора энергоблока АЭС [12].

Литература

1. Чудинов В.А. Палеолит, дописьменная эпоха, письменность [Электронный ресурс] / Институт древнеславянской письменности и древнеевразийской цивилизации. – 2018. – Режим доступа: <http://www.runitsa.ru/publications/562/>
2. Березкина, Л. В. Эргономика : учеб. Пособие / Л. В. Березкина, В. П. Кляуззе. – Минск : Выш. шк., 2013. – с.: ил.
3. About IEA [Электронный ресурс] / The International Ergonomics Association. – 2018. – Режим доступа: <http://www.iea.cc/about/index.html>
4. Definition and Domains of Ergonomics [Электронный ресурс] / The International Ergonomics Association. – 2018. – Режим доступа: <http://www.iea.cc/whats/index.html>
5. Мунипов, В. М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды : Учеб. для студентов высш. учеб. заведений / В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. — М. : Логос, 2001. — 356с.
6. ГОСТ 15971-90 Системы обработки информации. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1991. – 13с.
7. ГОСТ Р ИСО 9241-210-2012 Эргономика взаимодействия человек – система. Часть 210. Человеко-ориентированное проектирование интерактивных систем (ISO 9241-210:2010 Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centered design for interactive systems (IDT)).
8. Человеко-машинные обучающие системы // под ред. . – М.: На-учный Совет по комплексной проблеме «Кибернетика» АН СССР, 1979.
9. Бабиков -машинные обучающие системы. – М.: ИПУ, 1985.
10. Поспелов Д.А. Когнитивная графика - окно в новый мир. // Программные продукты и системы. 1992.
11. Поспелов Д.А. Десять «горячих точек» в исследованиях по искусственному интеллекту. В сб. Интеллектуальные системы» – М.: МГУ. 1996. Т.1, вып. 1-4.
12. Башлыков А.А. Когнитивные образы как средство образного представления состояния энергоблоков атомных электростанций. // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2008. № 12. С. 15-24

РАЗРАБОТКА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ МЕДИКАМЕНТОВ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИНТЕГРАЦИИ С МОБИЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ И ПРОТОКОЛИРОВАНИЕМ КУРСА ПРИЕМА ЛЕКАРСТВ

Тарасов Д.А., Приходько В.В.
Ульяновск, ФГБОУ ВО УлГУ
+79176183690, did.agt@gmail.com

Предложено устройство, облегчающее соблюдение курса приема лекарств в условиях динамичной жизни. Форм-фактор устройства – персональная таблетница с подключаемыми дополнительными модулями-ячейками с возможностью настройки индивидуальных таймеров для

каждой ячейки через смартфон, световой и звуковой индикацией, протоколированием времени открытия крышки ячейки.

Ключевые слова: таблетница, таблетки, медикаменты, курс приема лекарств, контейнер, обратная связь, таймер, световая индикация, звуковая индикация, смартфон, bluetooth, модульная конструкция, программное обеспечение, микроконтроллер.

Development of a personal container for medicines on the basis of modular design with the possibility of integration with mobile devices and protocolling of the medication course. D.A. Tarasov, V.V. Prikhodko. Ulyanovsk, UISU.

A device is proposed that would help a person adhere to the medication course in a dynamic life. The form factor of the device is a personal tablet container with plug-in cells with the possibility of setting individual timers for each cell through the smartphone, light and sound indication, recording the opening time of the cell cover.

Keywords: smart pill box, tablets, medicines, medication, container, feedback, timer, light indication, sound indication, smartphone, bluetooth, modular design, software, microcontroller.

По данным Всемирной организации здравоохранения, более 80% людей старше 60 лет вынуждены принимать медицинские препараты с периодичностью 2-4 раза в день [1]. С увеличением сердечно-сосудистых заболеваний и диабета регулярный прием медикаментов в данной возрастной группе становится необходимостью. Эффективность действия медикаментов, принимаемых внутрь, зависит от точности соблюдения правил приема указанных в инструкции к препарату. По статистике в отсутствие строгого контроля со стороны медицинских работников 40-60% людей пренебрегает точностью соблюдения графика приема, что может привести в некоторых случаях к серьезным последствиям для здоровья, в крайних случаях – к летальному исходу.

С другой стороны, в современном мире появляются специализированные устройства, предназначенные для контроля различных показателей здоровья. Примером подобных устройств могут выступить фитнес-трекеры или смарт-часы. Их популярность связана, в том числе с возможностью отображения и анализа результатов мониторинга состояния здоровья на экране смартфона.



А) Б)
Рис.1. А) Таблетница «Пилюля»; Б) аптечка Бокс 4.

Среди устройств, позволяющих контролировать прием лекарств, на текущий момент на рынке представлены как простые контейнеры для медикаментов, оснащенные таймером, так и чуть более «умные» таблеточные диспенсеры. К простым устройствам относятся:

1. Таблетница «Пилюля» (рис. 1 А) [2] с таймером в различном исполнении: для одного, двух и трех видов продуктов (производитель: Ningbo Suntem Industry & Trading Co., Ltd. (Китай)). Таблетница содержит 1, 2 или 3 отделения для различных видов лекарственных средств. Можно настроить встроенный таймер: звуковой сигнал напомнит о том, что пора принимать лекарство.

2. Таблетница с таймером «Напоминатель» [3] (производитель – Bradex (Китай)) представляет собой небольшой пластиковый тубус, на корпусе которого имеются маленький электронный прибор, отсчитывающий время до следующего приёма лекарства. Таймер имеет жидкокристаллический дисплей, на котором высвечиваются крупные чёткие цифры. Управление устройством осуществляется с помощью трёх кнопок.

3. Таблетница с таймером «Неделька» [4] (производитель – Bradex (Китай)) контейнер из семи блоков по 4 ячейки. Имеет возможность установки 4 различных таймеров для приема лекарства.

4. Аптечка Бокс [5] – контейнер для таблеток с 2, 3, 7 или 14 отделениями, с общим таймером для всех отделений (производитель – Pill Bird (Китай)).

5. Аптечка Бокс 4 (рис. 1 Б) [6] – контейнер для таблеток с 4 отделениями, с независимым программируемым таймером для каждого отделения.

Все упомянутые таблетницы имеют фиксированное количество ячеек и не дают пользователю возможность настройки времени приема различных таблеток в определенное время. Представленные устройства имеют только звуковую индикацию необходимости приема лекарства, что ограничивает эффективность напоминания в случае плохой слышимости.

За рубежом на рынке представлены так называемые таблеточные диспенсеры (органайзеры) – устройства, которые помогают пациенту настроить график выдачи таблеток на неделю или месяц. Наиболее типичными представителями таких диспенсеров являются e-GMS Med-e-lert Automatic Pill Dispenser, MedCenter System Monthly Pill Organizer, MedMinder Maya, SammyLife Vita Caddy, MedReady 1700FL Medication Dispenser, and LiveFine Automatic Pill Dispenser. Устройства чаще всего имеют фактор вращающегося диска с лотками для медикаментов, на которых указаны дни недели или время дня (утро, день, вечер). На рис. 2 А и Б показаны типичные таблеточные диспенсеры.



Рис.2. Таблеточные диспенсеры: А) GMS Med-e-lert Automatic Pill Dispenser; Б) MedCenter System Monthly Pill Organizer.

К достоинствам большинства подобных устройств относятся [7]:

- простота использования, включая загрузку, программирование и выдачу таблеток;
- способность дистанционно контролировать взаимодействие с устройством;
- простые и громкие уведомления.

Ряд моделей имеют дополнительные функции, такие как блокировка ячеек или подключение к Интернету.

К основным недостаткам диспенсеров можно отнести:

- громоздкая конструкция, не позволяющая постоянно носить устройство с собой;
- высокая цена для отечественного рынка (порядка сотен долларов США).

Учитывая вышесказанное, представляется перспективным создание портативного контейнера для медикаментов со расширенным функционалом:

- 1) возможность настройки индивидуального времени уведомления для каждой ячейки через смартфон;
- 2) отправка на смартфон уведомлений о необходимости приема лекарства;
- 3) звуковой сигнал и подсветка ячейки (моргание) для уведомления о необходимости приема лекарства.
- 4) фиксация факта открытия крышки;
- 5) протоколирование на смартфоне времени приема лекарств;
- 6) модульная конструкция с возможностью установки дополнительных отсеков для лекарств с теми же функциями.

Целевой аудиторией изделия являются люди, ведущие достаточно активную жизнь, но вынужденные принимать лекарства в строго отведенное время (примером такого заболевания является ВИЧ, гепатит), а также люди, осуществляющие постоянный уход за больными, нуждающимися в контроле приема лекарственных средств (например, с болезнью Альцгеймера, рассеянным склерозом или иными дегенеративными заболеваниями ЦНС).

В настоящее время устройство находится в стадии разработки. Форм-фактор устройства – персональная таблетница с подключаемыми дополнительными модулями-ячейками с возможностью настройки индивидуальных таймеров для каждой ячейки через смартфон, световой и звуковой индикацией, протоколированием времени открытия крышки ячейки и выводом информации на экран смартфона. У существующих аналогов отсутствует возможность настройки индивидуальных таймеров для разных ячеек, протоколирование, световая индикация, возможность соединения со смартфоном и возможность изменять количество ячеек контейнера. Внешне продукт будет сопоставим по размерам с обычными контейнерами для медикаментов с таймерами (при аналогичном количестве ячеек).

Технические параметры разрабатываемого устройства:

- корпус из АБС-пластика,
- габариты базового модуля: 65 x 60 x 15 мм;
- размер подключаемого модуля: 30 x 60 x 15 мм;
- размер ячейки: 25 x 27 x 12 мм;
- количество ячеек в модуле: 2 ячейки в ряду;
- прозрачная крышка для 2-х отсеков с герконовым сенсором открытия;
- светодиодная подсветка ячеек 3-мя цветами;
- взаимодействие со смартфоном по протоколу Bluetooth v.4;
- микроконтроллер с тактовой частотой не менее 15 МГц и объемом оперативной памяти не менее 4 кБ;
- возможность автономного хранения данных о времени и дате открытия крышки ячейки в оперативной памяти микроконтроллера: не менее 20-и записей;
- объем хранимых данных в памяти смартфона: не менее 1000 записей;
- питание: встроенный Li-Ion-аккумулятор напряжением 3.7В с возможностью зарядки от стандартного зарядного устройства для мобильного телефона.

Программное обеспечение для смартфона обеспечивает следующие функции:

- установление соединения с устройством;
- настройка даты и времени на устройстве;
- визуальное схематичное отображение ячеек устройства с возможностью выбора нужной ячейки и настройки индивидуальных таймеров для нее;
- прием и хранение данных протоколирования приема лекарств от устройства;
- отображение истории приема лекарств в удобном виде: табличном и графическом.

Необходимость контроля открытия/закрытия каждой ячейки подразумевает применение, кроме центрального микроконтроллера, также микроконтроллеров ячеек. Разработаны соответствующие протоколы с учетом задач, стоящих перед микроконтроллерами:

1) центральный микроконтроллер:

- прием данных о времени активации ячейки со смартфона, посредством bluetooth – модуля;
- хранение данных о времени активации ячейки;
- хранение фактических данных об активации ячеек (информация от геркона);
- передача архивных данных на смартфон, посредством bluetooth – модуля;
- передача данных на микроконтроллеры ячеек;
- прием данных от микроконтроллеров ячеек;
- определение уникального адреса для каждого микроконтроллера ячеек;
- передача сигнала об ошибке контроллерам ячеек и смартфону;
- контроль целостности конструкции;
- контроль изменения положения модуля в конструкции;

2) микроконтроллер ячейки:

- управление светодиодами ячеек модуля;
- хранение собственного уникального номера;
- прием сигнала от геркона;
- прием сигнала от предыдущего микроконтроллера;
- анализ полученного сигнала;
- передача сигнала от предыдущего микроконтроллера дальше по цепи.

Работа выполняется при поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (договор № 13608ГУ/2018)

Литература

1. Aakash Sunil Salgia, K. Ganesan and Ashwin Raghunath. Smart Pill Box // Indian Journal of Science and Technology, Vol 8(S2), 189–194, January 2015.

2. <http://bolear.ru/catalog/gigiena-i-zashchita/tabletnitsy/tabletnitsa-pilyulya-elektronnaya-s-taymerom-s-tremya-otdeleniyami/>
3. <https://agmashop.ru/products/1831-kontejner-dlya-tabletok-s-tajjmerom-napominatel>
4. <https://bodypro.ru/tovary-dlya-zdorovya/pribory-dlya-zdorovya/tabletnitsa-na-7-dney-s-taymerom/>
5. <https://zdrav-shop.tiu.ru/p339084281-elektronnaya-aptechka-tabletnitsa.html>
6. <http://ecokupol.ru/elektronnye-tabletnitsy/2029-elektronnaja-tabletnitsa-s-tajmerom.html>
7. https://thewirecutter.com/reviews/best-smart-pill-dispenser/?utm_source=engadget&utm_medium=referral&utm_campaign=syndication&utm_content=smart-pill-dispenser.

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ХМАО-ЮГРЫ

Устюжанцева А.Н.

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»
8 (982) 208-31-32, promise1479@mail.ru

В статье отражены результаты исследования влияния поведенческих аспектов на уровень экономической безопасности предприятия топливно-энергетического комплекса ХМАО-Югры. Проведен обзор моделей оценки экономической безопасности предприятий различных отраслей; приведено обоснование важности экономической безопасности предприятий топливно-энергетического комплекса и предложена модель оценки экономической безопасности для данных предприятий.

Ключевые слова: экономическая безопасность, топливно-энергетический комплекс, поведенческая экономика, модель экономической безопасности.

The model to assess economic security of fuel and energy complex enterprises of the KHMАО-Yugra, Ustyuzhantseva A.N., Yugra State University

The article reflects the research results of the influence of behavioral aspects on the level of economic security of the fuel and energy complex enterprises of the KHMАО-Yugra. The author conducted review of models to assess the economic security of enterprises in various industries; substantiated the importance of economic security of the fuel and energy complex enterprises, and proposed the model of economic security assessment for these enterprises.

Key words: economic security, fuel and energy complex, behavioral economy, model of economic security.

В современных условиях функционирования хозяйствующих субъектов, характеризующихся нестабильностью внешней среды, угрозами со стороны конкурентов, введением международных экономических санкций актуальным остается вопрос об обеспечении экономической безопасности предприятий. На всех этапах экономического развития предприятия являются основным элементом экономики и представляют собой открытую динамическую систему [1], действующую под влиянием многочисленных факторов. Следовательно, от их успешного функционирования зависит экономическая безопасность остальных уровней (отрасли, региона, страны).

Важность экономической безопасности предприятия топливно-энергетического комплекса ХМАО-Югры обусловлена множеством факторов:

1. Топливо-энергетический комплекс – один из самых стратегически важных комплексов [2], имеющий производственные связи со всеми отраслями реального сектора экономики: электротехнической, металлургической, химической, обрабатывающей, легкой и другими отраслями промышленности.

2. Удельный вес топливно-энергетического комплекса в структуре ВРП ХМАО-Югры составляет более 70% [3].

3. Доля ХМАО-Югры в общероссийской добыче нефти в 2017 году составила 43% [4].

4. Ханты-Мансийский автономный округ занимает лидирующие позиции по показателю мощности электростанций (уступает лишь Красноярскому краю), которая имеет положительную динамику, и абсолютный прирост которой с 2001 года составил 5,8 млн. кВт [5].

5. Югра является лидером по производству электроэнергии в России [3].

Ввиду того, что Ханты-Мансийский автономный округ является одним из крупнейших нефтедобывающих регионов мира, относится к регионам-донорам России и лидирует по ряду основных экономических показателей – добыча нефти, производство электроэнергии, объёмы промышленного

производства, добыча газа [4], практически значимым представляется обеспечение экономической безопасности предприятий топливно-энергетического комплекса северного ресурсодобывающего региона.

Для достижения данной цели необходимо предложить оптимальную модель оценки экономической безопасности предприятий топливно-энергетического комплекса с целью своевременного предупреждения и нейтрализации угроз с учетом достижений современной экономической науки.

Для обеспечения экономической безопасности хозяйствующего субъекта многими авторами предлагаются различные модели, позволяющие оценить уровень экономической безопасности предприятия в целях предотвращения и нейтрализации наиболее опасных и/или вероятных угроз. Так, совокупный показатель корпоративной безопасности предприятия (СП_{КБП}) определяется как средневзвешенное сводных показателей безопасности функциональных составляющих (1), таких как финансовая, кадровая, технико-технологическая, информационная, правовая, коммерческая, экологическая, силовая и интеллектуальная:

$$\text{СП}_{\text{КБП}} = \sum_{i=1}^9 \text{ЧП}_{\text{БФС}} \times d_i, \quad (1)$$

где: ЧП_{БФС} – значение сводных показателей безопасности функциональных составляющих предприятия;
 d_j – удельный вес функциональных составляющих корпоративной безопасности предприятия,
 $\sum_{i=1}^9 d_i = 1$ [6].

Для определения состояния экономической безопасности приводится её градация на 5 уровней (критический, минимальный, средний, высокий, максимальный) по шкале от 0 до 100 баллов.

Преимуществом использования интегрального показателя экономической безопасности предприятия является системный подход к её рассмотрению. Оценить уровень экономической безопасности на основе расчета интегральной оценки можно по формуле (2):

$$P = (\sum_{j=1}^m a_j L_j) / m, \quad (2)$$

где: P – интегральный показатель экономической безопасности;

L_j – значение j показателя экономической безопасности;

a_j – весовой коэффициент, определяющий значимость того или иного показателя;

m – количество показателей, выбранных для оценки [7].

Для того чтобы определить уровень экономической безопасности предприятия, полученная оценка сравнивается с интегральным показателем пороговых значений региона.

Еще одна модель интегрального показателя экономической безопасности предприятия по функциональным составляющим, которые помимо внутренних компонент включают внешние компоненты имеет вид (3):

$$I_i^{\Sigma} = \sqrt{w_j \sum_{j=1}^k (1 - \frac{\bar{x}_j}{x_{max}})^2}, \quad (3)$$

где: I_i^{Σ} – интегральная оценка отдельного индикатора по i -й функциональной составляющей компоненте;
 w_j – удельный вес значимости j -го индикатора i -й функциональной составляющей компоненты;
 k – количество индикаторов i -й функциональной составляющей компоненты экономической безопасности предприятий [8].

Вывод об уровне экономической безопасности делается путем сравнения полученного значения с эталонным (например, средним по отрасли, району).

Также для определения уровня экономической безопасности предприятий предлагается применять формулы для расчета показателей операционной деятельности [1], что позволит своевременно принимать меры по повышению эффективности производства и совершенствованию технологий. К таким индикаторам относятся: объем производства, запас финансовой прочности, операционный рычаг.

По мнению автора, применение данных моделей на практике имеет некоторые сложности и недостатки. Например:

- чем руководствоваться при определении удельных весов функциональных составляющих в модели (1);
- как определить значимость того или иного показателя в моделях (2), (3);
- расчет показателей операционной деятельности затрагивает лишь финансовую и производственную безопасность.

Учитывая важность бесперебойного функционирования предприятий ТЭК для обеспечения экономической безопасности руководство компаний должно своевременно выявлять угрозы с целью минимизации возможных негативных последствий, то есть уровень экономической безопасности предприятия напрямую зависит от того, какие управленческие решения будут приняты менеджерами.

Исходя из этого, предлагается включить в модель помимо традиционных индикаторов показатели, отражающие поведенческие факторы, которые в большей степени оказывают влияние на составляющие экономической безопасности предприятия (Таблица 1).

Таблица 1 – Система индикаторов экономической безопасности предприятия

Традиционные показатели		Показатели, учитывающие поведенческий аспект	
Индикатор	Пороговые значения	Индикатор	Пороговые значения
Финансовая безопасность			
Коэффициент износа основных средств	<0,5	Плечо финансового рычага	<1
Рентабельность активов	>0,13		
Рентабельность продукции	>0,1	Коэффициент финансовой напряженности	<0,5
Коэффициент оборачиваемости активов	>5		
Коэффициент покрытия	≥2	Соотношение дебиторской и кредиторской задолженности	1
Коэффициент финансирования	≥1		
Коэффициент платежеспособности	>1		
Кадровая безопасность			
Удельный вес инженерно-технических и научных сотрудников	0,9	Коэффициент внутренней мобильности	10%
Коэффициент текучести кадров	5%	Наличие стажировок	да
Показатель изобретательской активности	0,75		
Показатель образовательного уровня	1	Наличие социальных программ	да
Показатель уровня оплаты труда	1		
Производственно-сбытовая безопасность			
Фондоотдача	>5	Соотношение коэффициентов обновления и выбытия основных средств	>1
Уровень загрузки производственных мощностей, %	85		
Темп роста продаж продукции	100		
Качество продукции	1	Уровень диверсификации производства	1
Темп изменения доли рынка предприятия	1		
Показатель адаптационных возможностей предприятия к изменениям рынка	1		
Энергетическая безопасность			
Степень сбалансированности цен на рынке, %	≥100	Наличие программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности	да
Доля собственной генерации и использование вторичных энергетических источников, %	>65		
Удельная энергоемкость продукции предприятия, %	≤3		
Доля энергетической составляющей в себестоимости продукции на энергетическую безопасность, %	≥30		
Экологическая безопасность			
Степень загрязнения окружающей среды	<1	Сумма штрафов за экологические правонарушения	нет

Разработано автором на основании [8, 9, 10]

Так, индикаторы финансовой составляющей в модели (3) предлагается дополнить такими показателями как плечо финансового рычага, коэффициент финансовой напряженности, соотношение дебиторской и кредиторской задолженности, которые напрямую зависят от решений менеджеров высшего звена относительно источников финансирования деятельности компании.

Группа индикаторов кадровой составляющей будет дополнена показателями внутренней мобильности и социальных программ (пакетов), учитывающих уровень мотивации сотрудников. Также, по мнению автора, целесообразно включить в модель показатель наличия стажировок, что позволит

минимизировать такую угрозу для кадровой безопасности как принятие менеджером на вакантную должность претендента, основываясь лишь оценкой его потенциала стандартными методами (анкетирование, собеседование), которые не всегда позволяют выявить «работоспособность» претендента. Соответственно, если хозяйствующий субъект организывает стажировки для претендентов, то данный показатель будет равен 1, в противном случае – 0.

Показатель суммы штрафов за экологические правонарушения предлагается включить в группу индикаторов экологической безопасности, так как превышение лимитов загрязнения окружающей среды по причине отсутствия природосберегающих технологий на предприятии может обусловлено убеждениями менеджеров относительно наибольшей дороговизны такого оборудования относительно сумм начисленных штрафов.

Производственно-технологическая и маркетинговая составляющие будут относиться к одному виду безопасности – производственно-сбытовому – и дополняться показателями диверсификации производства и соотношения коэффициентов выбытия и обновления основных средств.

Ввиду того, что наибольшая доля в структуре электропотребления ХМАО-Югры приходится на промышленных потребителей – более 86,3% [4], целесообразным считается включение в модель такой специфической составляющей экономической безопасности предприятий ТЭК как энергетическая безопасность. В модели предлагается рассматривать часть показателей, предложенных М. Гайфуллиной и др. [9] так как некоторые из них подходят для оценки безопасности исключительно нефтяных предприятий, а также добавить показатель наличия программы энергосбережения и повышения энергоэффективности, реализация которой позволит меньше использовать энергетических ресурсов сохраняя при этом показатели эффективности деятельности хозяйствующего субъекта.

Расчет интегрального показателя экономической безопасности будет проводиться на основе индикаторного подхода. Уровень каждого из видов экономической безопасности (S_t) будет рассчитываться по формуле (4):

$$S_t = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (4)$$

где: x_i – значение показателя-индикатора;

t – вид безопасности;

n – количество показателей-индикаторов, отражающих тот или иной вид безопасности предприятия.

Чем ближе значение S_t к 1, тем выше уровень того или иного вида экономической безопасности предприятия.

Общий уровень экономической безопасности предприятия ТЭК (ES) по формуле (5):

$$ES = \sum_{t=1}^N S_t, \quad (5)$$

где: N – количество видов безопасности.

Вывод об уровне экономической безопасности предприятия ТЭК предлагается делать на основе 5-ти бальной шкалы (исходя из числа видов безопасности предприятия), представленной в таблице 2.

Таблица 2 – Градация уровней экономической безопасности предприятий ТЭК

№ п/п	Интервал	Уровень	Меры
1.	От 0 до 1	Критический уровень экономической безопасности.	Предприятие нуждается в срочном применении мер по устранению угроз всех видов безопасности. Требуется пересмотреть компетентность менеджеров предприятия.
2.	От 1 до 2	Опасный уровень экономической безопасности.	Предприятие нуждается в срочном применении мер по устранению угроз отдельных видов безопасности. Требуется пересмотреть компетентность менеджеров, ответственных за определенную сферу деятельности предприятия.
3.	От 2 до 3	Тревожный уровень экономической безопасности.	Предприятие нуждается в ближайшем будущем в применении мер по устранению угроз отдельных видов безопасности. Требуется пересмотреть отдельные решения менеджеров, ответственных за определенную сферу деятельности предприятия.
4.	От 3 до 4	Стабильный уровень экономической безопасности.	Необходимо поддержание большинства видов экономической безопасности на данном уровне. Требуется пересмотреть принятие решений менеджерами, ответственными за те виды безопасности, показатели которых не достигли пороговых значений.
5.	От 4 до 5	Высокий уровень	Необходимо поддержание экономической безопасности на

	экономической безопасности.	данном уровне. Менеджеры оперативно реагируют на вызовы внешней среды, принимают объективные управленческие решения.
--	-----------------------------	--

Разработано автором на основании [11]

Заключение

Обзор моделей оценки экономической безопасности предприятий показал, что существующие модели не учитывают специфику предприятий топливно-энергетического комплекса и имеют ряд сложностей и недостатков в их применении на практике. Автором были рассмотрены факторы, обуславливающие необходимость обеспечения экономической безопасности предприятий топливно-энергетического комплекса ХМАО-Югры, а также усовершенствована модель оценки уровня экономической безопасности для данных хозяйствующих субъектов. В модель, помимо основных, были включены индикаторы, отражающие уровень энергетической безопасности, а также показатели, учитывающие поведенческий аспект, что является актуальным для современной экономической науки. Перечень индикаторов экономической безопасности предприятий, рассмотренный в модели, не является закрытым и может быть дополнен другими показателями, в том числе, учитывающими специфику каждой отрасли в отдельности.

Благодарности

Исследование проведено при финансовой поддержке ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», грант №13-01-20/7 "Разработка методики повышения экономической безопасности предприятий топливно-энергетического комплекса северного ресурсодобывающего региона на основе достижений поведенческой экономики".

Литература

1. Ianioglo, A., Indicators of enterprise operating activity and levels of its economic security // CBU International conference on innovations in science and education, PRAGUE, CZECH REPUBLIC, March 23-25 2016, pp. 36-41.
2. Указ Президента РФ от 13.05.2017 №208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» // «Собрание законодательства РФ», – 2017, – № 20, – ст. 2902.
3. Регионы России. Социально-экономические показатели. Стат. сб. / Росстат. –М., 2017.
4. Итоги социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры за 2017 год. Режим доступа: <https://depeconom.admhmao.ru/deyatelnost/sotsialno-ekonomicheskoe-razvitiye/itogi-razvitiya-okruga/itogi-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-khanty-mansiyskogo-avtonomnogo-okruga-yugry/2017-god/1152487/predvaritelnye-itogi-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-khanty-mansiyskogo-avtonomnogo-okruga-yugry-za-yanvar-dekabr-2017-goda>
5. Исследование эволюции, институциональных условий и факторов развития отраслей экономики северного ресурсодобывающего региона (на примере Ханты-Мансийского автономного округа-Югры) / П.В. Большаник, Е.А. Евланов, В.Ф. Исламутдинов, Д.Ф. Исламутдинова, В.З. Ковалев, В.Б. Рыбина, Д.В. Санников, В.М. Татьянкин, Д.О. Тей, А.Н. Устюжанцева, В.И. Шубина. Под. науч. ред. д.э.н., доцента В.Ф. Исламутдинова – Ханты-Мансийск: ООО «Печатный мир г. Ханты-Мансийск», 2017. – 446 с.
6. Левковец, Н.П., Комплексная оценка корпоративной безопасности автотранспортного предприятия // Известия МГТУ «МАМИ», № 4 (18), с. 306-312, 2013.
7. Светлаков, А.Г., Васев, С.В., Современное состояние и оценка экономической безопасности организаций АПК // Экономика региона, № 1, с. 256-260, 2011.
8. Шашло, Н.В., Модель интегральной оценки экономической безопасности как отражение эффективности деятельности предприятий АПК // Russian journal of agricultural and socio-economic sciences, №4 (64), с. 58-64, 2017.
9. Гайфуллина, М.М., Халиуллина, Д.Р., Хафизова, Л.К. Оценка энергетической безопасности и энергоэффективности нефтяной компании // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/14EVN317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
10. Овечкина, О.Н., Понятие и методика оценки финансовой безопасности // Вопросы экономики и права. – 2013. – № 3. – С. 87-92.
11. Примакин, А.И., Большакова, Л.В., Модель оценки уровня экономической безопасности хозяйствующего субъекта // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России, №4 (56), с. 139-145, 2012.

АВТОМАТНЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Шамров М.И.

Российский университет транспорта (МИИТ)

Статья посвящена вопросам формализации построения имитационных моделей транспортных систем. Рассматривается способ представления узлов транспортной системы в виде графа смены технологических режимов и способы их реализации в виде программных модулей с применением автоматных моделей. Приводятся принципы объединения модулей для построения имитационной модели транспортной системы.

Ключевые слова: транспортная система, имитационное моделирование, автоматные модели.

An automaton approach to constructing an simulation model of a transport system. Shamrov M.I. Russian University of Transport (MIIT).

The article is devoted to the questions of formal construction of simulation models of transport systems. The way of representation of the nodes of the transport system in the form of a graph of technological modes change and ways of their implementation in the form of program modules with the use of automatic models is considered. The principles of uniting modules for constructing an imitation model of a transport system are given.

Key words: transport system, simulation modeling, automata models

Транспортная система состоит из стационарных объектов (станции, перегоны, блок-участки и т.п.), подвижных объектов, осуществляющих перевозку (поезда, вагоны, контейнеры и т.п.) и источников входных и приемников выходных транспортных потоков.

Стационарные объекты объединяются в транспортную сеть, состоящую из транспортных узлов, связанных друг с другом в соответствии с заданной топологией сети. Узлом будем называть стационарный объект транспортной инфраструктуры, осуществляющий прием подвижных объектов от соседних узлов или входных транспортных потоков от внешних источников, их обработку в соответствии с технологией функционирования узла и передачу подвижных объектов в соседние узлы или выходных транспортных потоков во внешние приемники. Для задания формальной модели транспортной сети может быть использован граф [1].

В данной работе для исходного описания узла предлагается использовать граф смены технологических режимов (ГСТР) [2]. ГСТР относится к классу операторных схем алгоритмов с двухуровневым представлением: первый уровень - совокупность операторов, осуществляющих непосредственную обработку входной информации и формирование выходной информации, второй уровень задает последовательность, в которой исполняются операторы в зависимости от условий, определенных на множестве входных переменных. Каждая вершина графа смены технологических режимов задает один из допустимых технологических режимов стационарного объекта узла, а переходы от одного технологического режима к другому определены на множестве значений переменных, характеризующих состояние объекта и управляющих воздействий на объект.

Назовем графом смены технологических режимов взвешенный связанный граф $G = \langle V, U \rangle$, где $V = \{v_i / i = \overline{0, d}\}$ - множество вершин, каждая из которых отмечена идентификатором одного из технологических режимов работы объекта $P_i / i = \overline{0, l}$, а U - множество дуг, отмеченных логическими условиями, определенными на множестве переменных $X = \{x_i / i = \overline{1, n}\}$, характеризующих состояние объекта и внешние управляющие воздействия на объект.

Множество вершин ГСТР включает три подмножества $V = V_1 \cup V_2 \cup V_3$ где:

V_1 - подмножество, состоящее из одной начальной вершины v_0 , отмеченной пустым P_0 и не имеющей входящих дуг;

V_2 - подмножество внутренних вершин ГСТР;

V_3 - подмножество конечных вершин ГСТР, каждая из которых имеет петлю и не имеет других исходящих дуг.

Будем полагать, что $V_i \cap V_j = 0 / i \neq j$. Возможно так же, что $V_3 = 0$.

Каждая дуга U_{ij} ГСТР, ведущая из вершины v_i к вершине v_j отмечена логическим условием $f_{ij} = f_{ij}(X_i)$, где $X_i \subseteq X$. Будем считать, что переменные $X_i \subseteq X$ являются двоичными, а условия f_{ij} - булевыми, причем условия $f_{ij} / j = \overline{1, k_i}$, на дугах, исходящих их i -ой вершины, отвечают требованиям полноты $\bigvee_{j=0}^{j=k_i} f_{ij} = 1$ и ортогональности $f_{ij} \& f_{ik} = 0 / j \neq k$. Для вершины v_i , имеющей одну исходящую дугу или петлю, будем полагать $f_{ij} = 1$.

ГСТР, как модель непрерывного технологического процесса, в соответствии с определением является циклическим графом и исполняется теоретически бесконечно долго.

Формализованный подход к построению модели узла ТС включает следующие этапы:

– Построение ГСТР узла. Данный этап может быть частично формализован с использованием стандартных вопросов и ответов анкетных языков и других методов (эта задача в данной статье не рассматривается).

– Получение по графу ГСТР автоматных операторов (АО) с использованием одной из автоматных моделей и их оптимизация на абстрактном уровне.

– Программирование автоматных операторов и технологических режимов, реализующих модель узла.

При переходе от ГСТР к автоматным операторам будем полагать, что объект узла состоит из двух частей (рис. 1):

– Совокупность операционных элементов, которые реализуют различные технологические режимы функционирования объекта. В процессе исполнения технологических режимов операционные элементы могут подключаться к соседним узлам.

– Блок управления объектом, формирующий выходные переменные $Y = \{y_i / i = \overline{1, m}\}$, управляющие операционными элементами в соответствии с внешними управляющими воздействиями X' и состояниями операционных элементов X'' .

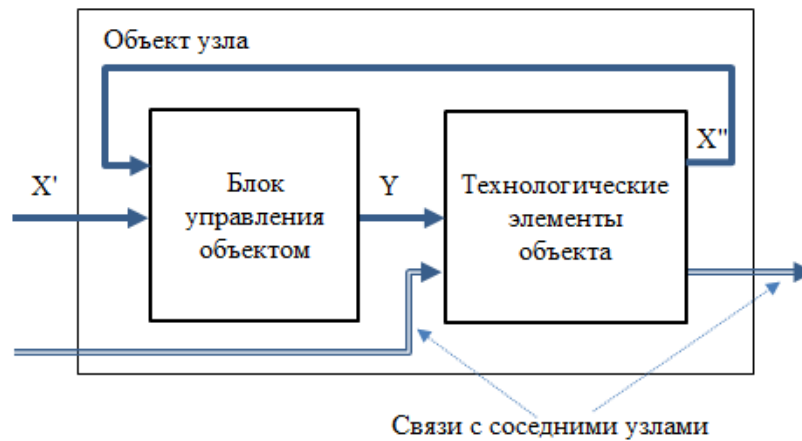


Рисунок.1 - Структура узла объекта

Для получения автоматных операторов, описывающих блок управления объектом, для каждой вершины $v_i / i = \overline{0, d}$ определим формулу переходов

$$v_i \rightarrow v_{j=1}^{j=r_i} f_{ij} v_{ij}, \quad (1)$$

где: r_i – число вершин v_{ij} , являющихся концами дуг, инцидентных вершине v_i .
 f_{ij} – условие перехода на дуге $\overline{U_{ij}}$.

Символами $Q_i / i = \overline{0, \delta}$ состояний АО отметим вершины ГСТР, причем вершины, помеченные одним и тем же ТО и, имеющие одинаковые правые части в (1), помечаются одинаковыми состояниями. Символом Q_0 отметим начальную вершину v_0 . Состояние Q_0 будем считать начальным состоянием автоматного оператора.

Для получения функций переходов АО будем использовать следующий алгоритм:

1. Перейти к очередному состоянию $Q_j / j = \overline{1, \delta}$.
2. Выделить все вершины ГСТР, помеченные Q_j , и для них определить все предшествующие состояния Q_{ij} .
3. Перейти к очередному состоянию Q_{ij} , выделенному в п.2.
4. Для выделенной вершины Q_{ij} в соответствующую ей формулу переходов (1) в правую часть подставить $v_{ij} = 1$ для вершин, помеченных Q_j (п.2), и $v_{ij} = 0$ для других вершин. Полученная правая часть определяет условие S_{ij} перехода из Q_{ij} в состояние Q_j .
5. Если определены все условия S_{ij} , перейти к п. 6, в противном случае – к п. 3.
6. Записать условия перехода в состояния Q_j в виде

$$Q_j \leftarrow v_{i=1}^{i=s_j} Q_{ij} S_{ij}$$

где: s_j – число вершин, предшествующих Q_j .

7. После обработки всех состояний (п.2), записать функции переходов в виде:

$$Q_i \leftarrow \bigvee_{j=1}^{i=s_j} Q_{ij} C_{ij} / j = \overline{1, l} \delta. \quad (2)$$

Функции выходов АО могут быть получены с использованием следующего алгоритма:

1. Перейти к очередному оператору технологического режима $P_i \in \{P_j | j = \overline{1, l}\}$
2. Выделить множество вершин v_{ij} , помеченных P_i .
3. Определить совокупность состояний Q_{ik} , которыми помечены выделенные вершины v_{ij} .
4. Записать условие исполнения оператора P_i в виде:

$$P_i = \bigvee_{k=1}^{k=t_i} Q_{ik}$$

где: t_i - число вершин, помеченных Q_{ik} .

5. Если все операторы обработаны, записать функции выходов в виде:

$$P_i = \bigvee_{k=1}^{k=t_i} Q_{ik} / i = \overline{1, l} \quad (3)$$

Степень формализации построения программного модуля, реализующего функции узла, зависит от способа задания технологических режимов P_i . В том случае, если ТО режима задан вектором значений выходных переменных Y , в выражении (3) вместо P_i подставляется значение вектора, что допускает полную формализацию. Аналогично можно рассмотреть полную формализацию, если ТО задан комбинационным преобразованием $X \rightarrow Y$, автоматным оператором или другим формальным способом.

При неформализованном задании ТО будем полагать, что он реализуется отдельной программой и в выражении (3) в качестве P_i формируется адрес перехода к соответствующей программе ТО.

В программном модуле (ПМ), реализующем функции узла (рис.2), будем выделять операционную часть (ОЧ), включающую программы технологических режимов $P_i | i = \overline{0, l}$, и управляющую часть, реализующую автоматный оператор, задающий последовательность исполнения режимов.

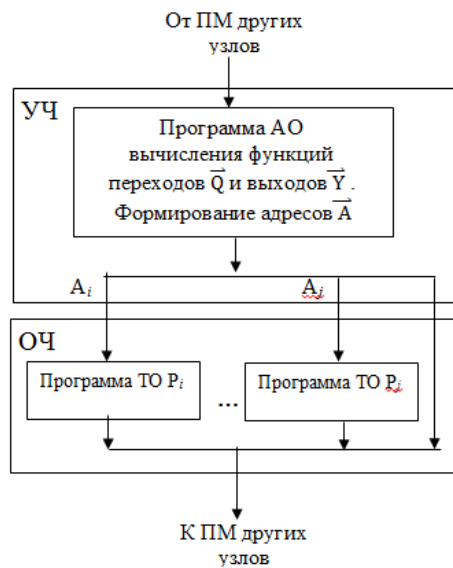


Рисунок 2 – Структура программного модуля узла объекта

В состав ОЧ включаются только ТО с неформализованным заданием в виде программы. Остальные ТО реализуются в УЧ при вычислении функций выходов.

Имитационная модель транспортной системы включает программные модули всех узлов. Совместное функционирование модулей осуществляется по принципу дискретно-событийного процесса, когда модельное время разбивается на интервалы (такты) фиксированной длительности («принцип Δt ») [1]. В каждом цикле имитации, соответствующем такту Δt , все модули исполняются последовательно, после чего между ними одновременно осуществляется обмен результатами.

Литература

1. Вакуленко С.П., Шамров М.И. Универсальная имитационная модель транспортной системы. Сборник трудов XIV международной научно-практической конференции «Инновационные, информационные и коммуникационные технологии», 2017
2. Захаров В.Н., Поспелов Д.А., Хазацкий В.Е. Системы управления. М., Энергия, 1977.

АПРОБАЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФЕРХЮЛЬСТА-ПИРЛА В СИСТЕМЕ AD LIBITUM/ГОЛОД В ЭКСПЕРИМЕНТЕ *IN VIVO*

Тимонин А.Н., Никитин Н.С., Раджабкадиев Р.М.
ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Москва
+7(985)281-10-07, andrey8407@mail.ru

Целью исследования являлась апробация модифицированной математической модели Ферхюльста-Пирла (ММФП) при биомоделировании голодания мышей линии ICR-1. Было установлено, что при биомоделировании голодания для систем «сутки–ad libitum/сутки – голод» (система 1-1) и «сутки–ad libitum/сутки – голод/сутки–ad libitum/двое суток – голод» (система 1-1-2) расчетные коэффициенты предложенной модели не имели достоверных отличий. Для системы «сутки–ad libitum/двое суток – голод» (система 1-2) расчетный коэффициент достоверно отличался как от системы 1-1, так от системы 1-1-2. Полученный результат подтвердил устойчивость расчетного коэффициента к различным режимам голодания в определенном диапазоне. Сравнительный анализ коэффициентов голодания для соответствующих режимов кормления не выявил достоверных отличий между самцами и самками мышей линии ICR-1. Установлен эффект реверсии коэффициента для системы 1-2 при восстановлении нормального режима кормления соответствующей опытной группы. Установлена достоверно большая смертность опытной группы для системы кормления 1-2 по сравнению с системой 1-1 и контрольной группой ad libitum при действии токсиканта СС14 в расчетной дозе 12мг/кг. При этом реверсии коэффициента после токсического действия СС14 не установлено для всех испытуемых групп.

Ключевые слова: математическая модель Ферхюльста-Пирла, мыши линии ICR-1, голодание, смертность.

Approbation of the modified mathematical model of Ferhulst-Piral in the ad libitum / hunger system in vivo Timonin AN, Nikitin NS, Radzhabkadiev RR. Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

The aim of the study was to test the modified mathematical model of Verhulst-Pirl (MMVP) in the biomodelling of fasting ICR-1 mice. It was found that with biomodelling of fasting for systems "day-ad libitum / day-hunger" (system 1-1) and "day-ad libitum / day-hunger / day-ad libitum / two days-hunger" (system 1-1-2) the calculated coefficients of the proposed model did not have significant differences. For the system "day-ad libitum / two days-hunger" (system 1-2), the calculated coefficient was significantly different from both the 1-1 system and the 1-1-2 system. The obtained result was confirmed the stability of the calculated coefficient to various fasting regimes in a certain range. A comparative analysis of the fasting rates for the corresponding feeding regimens was revealed no significant differences between male and female ICR-1 mice. The effect of the coefficient reversion for system 1-2 was established upon the restoration of the normal feeding regime of the corresponding experimental group. A significantly higher mortality of the experimental group for the feeding system was found in comparison with the system 1-1 and the control group ad libitum under the toxicant CCl4 action at a calculated dose of 12 mg / kg. In this case, the reversion of the coefficient after the CCl4 toxic effect was not established for all experimental groups.

Keywords: mathematical model of Verhulst-Pirl, ICR-1 mice, starvation, mortality.

Введение

Для большинства исследований в медико-биологической области аппарат математической статистики является ведущим и, зачастую, единственным методом анализа данных [1-6]. Поэтому одним из ключевых вопросов повышения информативности экспериментального исследования, для которого статистические методы – это единственный объективный метод анализа данных, является согласование статистических выводов со значимыми медико-биологическими результатами исследования [5-9]. Сочетание методов биомоделирования и статистики представляется перспективным направлением для успешного решения этой проблемы [1]. Например, широко известная и апробированная математическая модель Ферхюльста-Пирла, разработанная для исследования динамики популяции, может быть взята за основу модели, описывающей механизмы регуляции некоторых особенностей питания лабораторных животных по принципу отрицательной обратной связи на примере аппетита.

Целью настоящей работы является апробация модифицированной математической модели Ферхюльста-Пирла при биомоделировании голодания мышей аутбредной линии ICR-1 в качестве перспективного аналитического метода в теории планировании медико-биологического эксперимента.

Методика исследования

Эксперимент длительностью 170 дней проводили на самцах и самках мышей аутбредной линии ICR-1 с исходной массой тела 25 ± 2 граммов. Эксперимент был разделен на два этапа. На первом этапе

животные были произвольно разделены на 4 группы (по 10 самцов и 10 самок в каждой группе): мыши контрольной группы (К-группа) получали стандартизованный сбалансированный лабораторный корм для грызунов производства фирмы ООО «Лабораторкорм» (Россия) ad libitum. 1-ой опытной группе (О-1-группа) корм давали по схеме: первые сутки – корм ad libitum, вторые сутки – голодание (система кормления 1-1), 2-ой опытной группе (О-2-группа) корм давали по схеме: первые сутки – корм ad libitum, вторые сутки – голодание, третьи сутки – корм ad libitum, четвертые сутки – двое суток голодания (система 1-1-2), 3-ей опытной группе (О-3-группа) корм давали по схеме: первые сутки – корм ad libitum, вторые и третьи сутки – двое суток голодания (система 1-2). Далее, в соответствии с модифицированной моделью Ферхюльста-Пирла (ММФП), рассчитывались коэффициенты аппетита А (коэффициенты ММФП). На втором этапе эксперимента группы самцов и самок были объединены в три группы: контрольная – режим кормления ad libitum, опытная 1 - режим кормления 1-1, опытная 2 - режим кормления 1-2. Осуществлялось внутрибрюшинное введение тетрахлометана (СС14) в дозе 12 мг/кг [10] с последующим анализом выживаемости мышей, а также исследованием влияния подобного воздействия на поведение коэффициента ММФП. ппетита А (коэффициенты ММФП). пективным использованием. Статистическую обработку результатов измерений всех исследованных показателей проводили по единому плану с использованием пакета приложений MsExcel. Различия принимались за достоверные при вероятности принятия нуль-гипотезы (уровне значимости) $p < 0,05$ [6, 9].

Результаты исследования

Для вычисления коэффициента ММФП была разработана следующая формула: $A = m^2 \cdot (k \cdot e^{\Delta t} - 1) / (e^{\Delta t} - 1)$, где $k = (m_0/m)^2$, Δt – продолжительность голодания, m – удельное потребление корма животным в сутки после голодания известной продолжительности, m_0 – удельное потребление корма животным в сутки при ad libitum. Условием стабильности коэффициента ММФП является нахождение хотя бы двух режимов кормления опытных групп, при которых значения коэффициентов не имеют достоверных отличий. Нарушение принципа стабильности коэффициента ММФП следует интерпретировать как биологически неблагоприятное.

При сравнении коэффициентов ММФП между самцами и самками мышей линии ICR-1 статистически не установлено достоверных отличий между соответствующими группами сравнения. Следовательно, влияние пола на значение коэффициента ММФП несущественно в рамках данной модели.

При сравнительном анализе коэффициентов ММФП на первом этапе эксперимента с использованием t-критерия и F-критерия было установлено, что между режимами голодания системы 1-1 и 1-1-2 достоверных отличий нет, но между режимами голодания системы 1-2 наблюдаются достоверные отличия как для системы 1-1, так и для системы 1-1-2 (табл.1). Перед началом второго этапа был проведен однофакторный дисперсионный анализ в отношении реверсии коэффициента ММФП. Было установлено, что коэффициент ММФП для О-3-группы статистически не отличался от сравниваемых групп, как для самцов, так и для самок соответственно, что указывает на реверсию коэффициента (табл. 1).

Таблица 1. Коэффициенты ММФП для самцов и самок мышей линии ICR-1 первого этапа эксперимента

Пол	Режим голодания		
	Система 1-1 *10 ³	Система 1-1-2 *10 ³	Система 1-2 *10 ³
самцы	8,44±0,20	8,30±0,21	11,69±0,46 ^{1,2,3,4}
самки	8,52±0,25	8,43±0,22	11,29±0,41 ^{1,2,3,4}
Анализ реверсии коэффициента ММФП			
	О-1 *10 ³	О-2 *10 ³	О-3 *10 ³
самцы	8,17±0,80	8,89±0,77	8,22±0,96
самки	8,68±1,37	8,52±1,01	8,01±1,02

¹-достоверное отличие при использовании t-критерия (уровень значимости 0,05) при сравнении с системой 1-1

²- достоверное отличие при использовании F-критерия (уровень значимости 0,05) при сравнении с системой 1-1

³- достоверное отличие при использовании t-критерия (уровень значимости 0,05) при сравнении с системой 1-1-2

⁴- достоверное отличие при использовании t-критерия (уровень значимости 0,05) при сравнении с системой 1-1-2

На втором этапе эксперимента анализ выживаемости осуществлялся с использованием χ^2 -критерия. Было установлено, что контрольная и опытная группа 1 характеризовались достоверно большей выживаемостью по сравнению с опытной группой 2 (табл. 2).

Таблица 2. Анализ выживаемости и реверсии коэффициента ММФП второго этапа эксперимента

Выживаемость	Анализируемые группы		
	Контрольная	Опытная 1	Опытная 2 ^{1,2}
живые	13	10	3
мертвые	12	15	20
Анализ реверсии коэффициента ММФП			
	Контрольная*10 ³	Опытная 1*10 ³	Опытная 2*10 ³
Коэффициент А	10,97±0,11	10,94±0,23	11,14±0,17

¹-достоверное отличие при использовании χ^2 -критерия (уровень значимости 0,05) при сравнении с Контрольной группой

²-достоверное отличие при использовании χ^2 -критерия (уровень значимости 0,05) при сравнении с группой Опытная 1

Также в отношении выживших мышей был проведен однофакторный дисперсионный анализ при изучении реверсии коэффициента ММФП. Установлено, что между выжившими мышами сравниваемых групп коэффициенты ММФП не имели достоверных отличий. При сравнении со средним арифметическим коэффициентом ММФП первого этапа эксперимента, полученным для системы 1-1 коэффициенты анализируемых групп имели достоверное отличие. Таким образом, после острого токсического воздействия с использованием в качестве токсиканта ССL4 не наступает реверсии коэффициента ММФП для всех выживших мышей анализируемых групп (табл. 2).

Таким образом, при апробации ММФП было доказано условие стабильности коэффициента ММФП и однозначная интерпретация при нарушении этого условия как биологически неблагоприятное. Следовательно, данная модель является перспективным аналитическим методом в теории планировании медико-биологического эксперимента.

Литература

1. Владимирский Б.М., Горстко А.Б., Ерусалимский Я.М. Математика. Общий курс // СПб. изд-во Лань. 2008. С. 532-645.
2. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Литовченко О.Г. Проблема оценки эффективности лечения на основе кинематической характеристики вектора состояния организма // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т.22.№1. С.143-151.
3. Жминченко В.М., Гаппаров М.М. Г. Современные тенденции исследований в нутрициологии и гигиене питания // Вопросы питания. 2015. том 84. №1. С. 4-15.
4. Жминченко В.М., Соколов А.И., Тарасова И.Б., Сафронова А.М. Питание и взаимосвязь между интенсивностями клеточного обновления и метаболизма внутренних органов крыс.// Материалы X Всероссийского Конгресса диетологов и нутрициологов «Питание и здоровье». Москва, 1-3 декабря. 2008. 34 с.
5. Каркищенко Н.Н. Основы биомоделирования. // М.: Изд-во ВПК. 2004. 608 с.
6. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение прикладных программ STATISTICA // М.: Медиа-Сфера. 2006. 21 с.
7. Тышко Н.В., Жминченко В.М., Пашорина В.А., Селяскин К.Е., Мельник Е.А., Мустафина О.К., Сото С.Х., Трушина Э.Н., Гаппаров М.М.Г. Сравнительная характеристика влияния экспериментальных рационов на рост и развитие крыс // Вопросы питания. 2011. Т. 80. № 5. С. 30-38.
8. Элиот В., Элиот Д. Биохимия и молекулярная биология // М.: МАИК «Наука/Интерпериодика». 2002. С. 150-230.
9. Norusis M.J. SPSS statistics 17.0 guide to data analysis // Upper Saddle River: Prentice Hall. 2009. 672 p.
10. Xiao-Ling Wu, Wei-Zheng Zeng, Ming-De Jiang, Jian-Ping Qin, Hui Xu Effect of Oxymatrine on the TGFbeta-Smad signaling pathway in rats with CCl4-induced hepatic fibrosis // World J Gastroenterol. 2008. Vol. 14(13). P. 2100-2105.

НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКТОВАНИЯ, УЧЕТА, ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОКУМЕНТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В РАМКАХ ОТДЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ, С РАЗРАБОТКОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

Ветрова В.В., Козлов В.В., Нефедов В.И., Гургов Б.Ш., Серпилин П.А., Козлов А.Л.
МИРЭА - Российский технологический университет
8-916-188-07-85, Vetrova@Mirea.ru

В рамках статьи рассматриваются вопросы обеспечения комплектования, учета, хранения и использования документов на основе разработанных нормативно-методических и информационно-технических решений, отвечающих современному уровню развития архивного дела.

Ключевые слова: архивная отрасль, архивные документы; хранение, учет, технические средства; информационные ресурсы в архивном деле; информационные технологии.

Normative-methodical supply of set, accounting, storage and use of documents, forming in the framework of a separate industry, with development of the information-technical solution. Vetrova V.V., Kozlov V.V., Nefedov V.I., Gurgov B.Sh., Russian Technological University – MIREA.

Within the framework of the article, issues of ensuring the acquisition, accounting, storage and use of documents on the basis of the developed normative-methodical and information-technical solutions that meet the contemporary level of development of archive business are considered.

Keywords: archival branch, archival documents; storage, accounting, technical means; information resources in the archives; Information Technology.

Формирование нормативно-методической базы на первом этапе разработки функционального модуля информационной системы

В соответствии с известным федеральным законом Российской Федерации в области архивного дела от 22 октября 2004 г. № 125-ФЗ, ст. 23 «Федеральные органы государственной власти, иные государственные органы Российской Федерации разрабатывают и утверждают перечни документов, образующихся в процессе их деятельности, а также в процессе деятельности подведомственных им организаций, с указанием сроков их хранения по согласованию с уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в сфере архивного дела и делопроизводства» [1], и другими нормативными правовыми актами федеральные органы государственной власти и иные государственные органы Российской Федерации должны разрабатывать и утверждать перечни документов, образующихся в процессе их деятельности, а также в процессе деятельности подведомственных организаций.

В Положении о Минобрнауки России, утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 3 июня 2013 г. № 466 закреплено, что «Минобрнауки России осуществляет свою деятельность непосредственно и через подведомственные ему организации...», а также что «Минобрнауки России и подведомственные организации образуют единую систему с вертикальным подчинением».

Согласно Правилам делопроизводства, в федеральных органах исполнительной власти (раздел «Документальный фонд федерального органа исполнительной власти», п. 26.) «федеральный орган исполнительной власти разрабатывает и утверждает по согласованию с федеральным органом исполнительной власти в области архивного дела Перечень документов, которые образуются в процессе его деятельности, а также в процессе деятельности подведомственных организаций, с указанием сроков хранения» [1-5].

На расширенном заседании коллегии Росархива в 2017 г. отмечалось, что одной из причин, препятствующих повышению качества комплектования архива, является разный уровень организации делопроизводства в организациях-источниках [6-8]. В ходе коллегии также было отмечено, что на качество работы с документами оказывает влияние наличие/отсутствие перечней документов со сроками хранения.

До настоящего времени в Минобрнауки России отсутствовал свой перечень документов. В соответствии с инструкцией по делопроизводству структурные подразделения Минобрнауки России ежегодно разрабатывали проект номенклатуры дел соответствующего подразделения на следующий год, руководствуясь номенклатурой дел Минобрнауки России, утвержденной Росархивом в 2013 году [5]. Методическая основа, которая могла быть использована при создании и обновлении номенклатур дел как структурных подразделений Минобрнауки России, так и подведомственных организаций, отсутствовала.

В 2017 г. были начаты работы по созданию Перечня документов Минобрнауки России, которые осуществлялись в несколько рабочих этапов[6]:

- 1-й этап - Создание рабочей группы.
- 2-й этап - Работа по сбору нормативных документов.
- 3-й этап - Разработка Схемы построения Перечня документов.
- 4-й этап - Определение звенности Перечня документов.
- 5-й этап - Работа над составлением Перечня документов.

Создание Перечня документов ведомства является необходимым и обязательным условием обеспечения эффективной работы по комплектованию, учету, хранению и использованию документов, образующихся в процессе деятельности ведомства и подведомственных ему организаций.

Создаваемый Перечень документов – основной нормативный документ в рамках ведомства при определении состава документов, сроков хранения и отбора документов на хранение или определении документов к уничтожению, подготовке номенклатур дел и, соответственно, основной документ, на основе которого готовится техническое задание по разработке и созданию соответствующего функционального модуля информационной системы.

Общественное обсуждение проекта Перечня документов в рамках отрасли

Одним из завершающих этапов работы над проектом Перечня документов стала организация и проведение общественного обсуждения. Разработанный проект Перечня документов был направлен в структурные подразделения ведомства (департаменты) и в подведомственные организации с использованием информационно-аналитической системы ИАС «Мониторинг» с просьбой представить свои предложения по полноте состава включенных в проект Перечня документов, предполагаемых сроках хранения, уточнению формулировок статей в рамках имеющихся компетенций.

В целях повышения эффективности обработки данных и сокращения временных затрат на этапе подготовки сводных материалов проект Перечня документов был переведен в формат программы Excel.

Перевод проекта Перечня документов в формат xlsx был обусловлен обеспечением условий для оперативного представления предложений и замечаний со стороны подведомственных организаций (возможность осуществления ввода замечаний по каждой статье Перечня документов в дополнительной колонке), а также обработки полученной информации с подготовкой сводной таблицы в автоматизированном режиме. Последнее обстоятельство носит приоритетный характер ввиду большого количества подведомственных организаций.

Параллельно осуществлялась обработка телефонных звонков сотрудниками технической поддержки и сотрудниками Минобрнауки России отдела архива, которые поступали из подведомственных организаций в рамках обсуждения проекта Перечня документов.

В настоящее время закончена аналитическая обработка поступивших замечаний и предложений по итогам прошедшего общественного обсуждения проекта Перечня документов с внесением отдельных изменений в проект Перечня документов.

Информационно-техническое решение процесса комплектования, учета, хранения и использования документов в рамках процесса информатизации архивной отрасли

В соответствии с утвержденной единой Программой информатизации Федерального архивного агентства и подведомственных ему учреждений на 2011-2020 гг в рамках реализации Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации среди основных задач выделяют автоматизацию и информатизацию основных направлений деятельности архивов с созданием информационных ресурсов.

Приоритетными направлениями реализации программы являются: повышение уровня внедрения и использования прикладных информационных систем с автоматизированным учетом фондов, реализацией новых подходов к вопросам учета, хранения цифровой информации; получение преимуществ от использования информационных и телекоммуникационных технологий с развитием цифрового контента; методическое обеспечение внедрения и использования систем электронного документооборота, в том числе межведомственного электронного документооборота, электронного взаимодействия; обеспечение условий приема на хранение, условий дальнейшего использования документов в электронной форме и др. [7].

Разработка информационно-технического решения, обеспечивающего процесс комплектования, учета, хранения и использования документов, образующихся в процессе деятельности Минобрнауки России и подведомственных организаций, на основе созданной нормативно-методической базы [6] полностью соответствует основным направлениям по информатизации архивной отрасли и обеспечивает процесс создания ведомственных информационных архивных систем с возможностью интеграции с инфраструктурой Росархива.

Разработка и использование функционального модуля

Разработка и использование функционального модуля «Номенклатура дел» в рамках уже действующей информационно-аналитической системы, обеспечивающей автоматизацию различных направлений деятельности в рамках работы Департаментов Минобрнауки России, направлены на автоматизацию и унификацию процессов составления и ведения номенклатур дел в структурных подразделениях Минобрнауки России и в подведомственных организациях.

Разрабатываемый функциональный модуль «Номенклатура дел» позволяет оптимизировать работу с документами, обеспечивая реализацию архивных функций, связанных с осуществлением процесса комплектования, учета, хранения и использования документов, образующихся в процессе деятельности ведомства в целом, а также в подведомственных организациях (рис. 1).

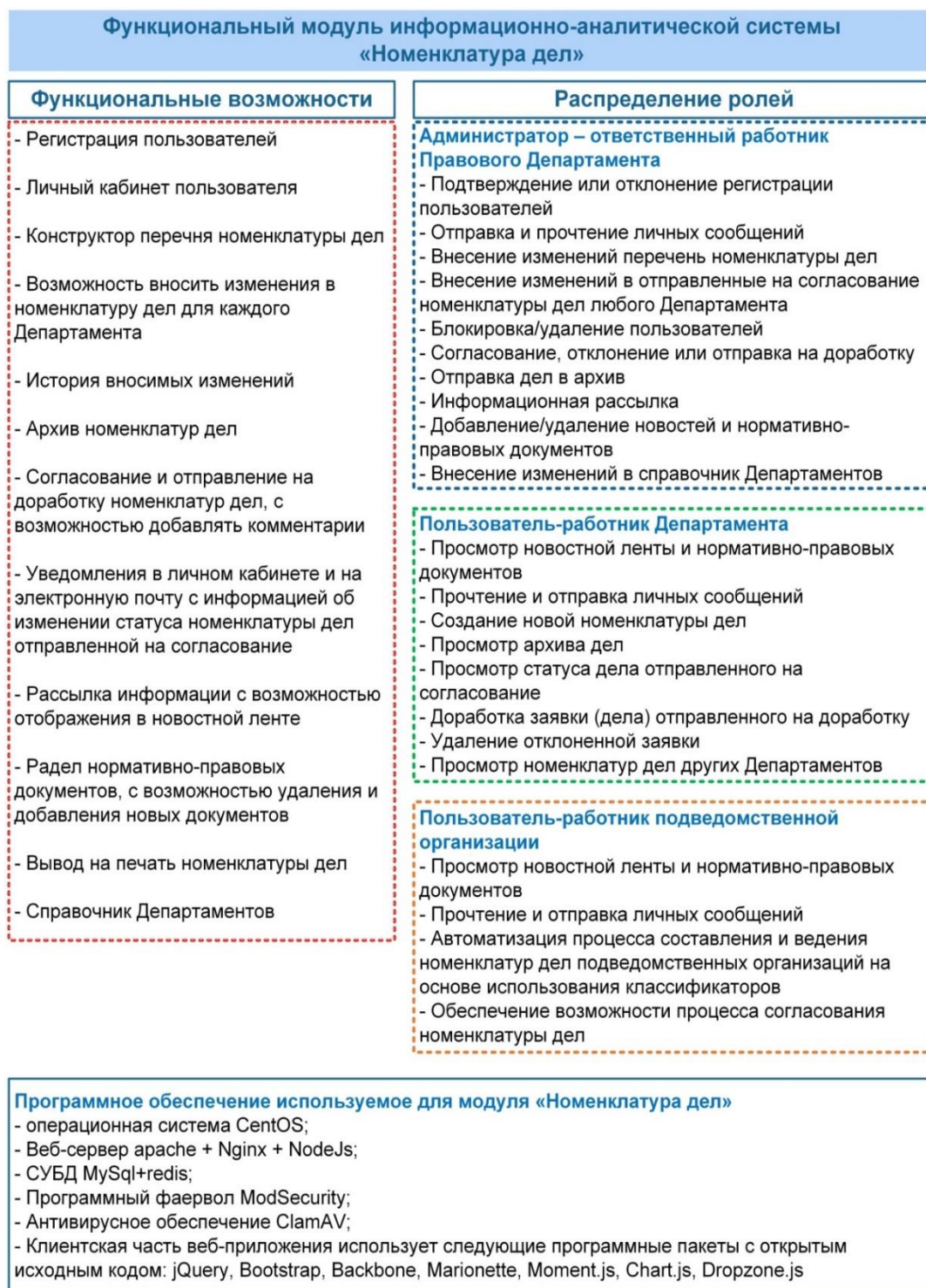


Рис.1. Разрабатываемый функциональный модуль «Номенклатура дел»

Использование данного функционального модуля унифицирует процесс создания и обновления номенклатур дел как в структурных подразделениях Минобрнауки России, так и в подведомственных организациях. Разработанный Перечень документов выступает в роли классификатора документированной информации.

Использование функционального модуля «Номенклатура дел» информационно-аналитической системы с функциями архива позволит проводить ежегодную актуализацию номенклатур дел структурными подразделениями Минобрнауки России и подведомственными организациями непосредственно через систему, а также позволит сотрудникам Минобрнауки России осуществлять в случае необходимости мониторинг по данному направлению.

Литература

1. Федеральный закон от 22 октября 2004 г. № 125-ФЗ «Об архивном деле в Российской Федерации»
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 15 июня 2009 г. № 477 «Об утверждении Правил делопроизводства в федеральных органах исполнительной власти».
3. Федеральный закон от 22 октября 2004 г. № 123-ФЗ «Об архивном деле в Российской Федерации».
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 03 июня 2013 г. № 466 «Об утверждении Положения о Министерстве образования и науки Российской Федерации».
5. Приказ Минобрнауки России от 30 декабря 2011 г. № 2917 «Инструкция по делопроизводству в Министерстве образования и науки Российской Федерации».
6. Ветрова В.В., Козлов В.В., Гургов Б.Ш., Самохвалов Р.А. Разработка нормативно-методического и информационно-технического обеспечения комплектования, учета, хранения и использования документов, образующихся в процессе деятельности Минобрнауки России и подведомственных организаций/Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции (ИНФО-2017)/ под ред. С.У. Увайсова – Москва: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2017, 720 с.
7. <http://statearchive.ru/831>.
8. Приказ Федерального архивного агентства от 2 декабря 2011 г. №104 «Об утверждении Программы информатизации Федерального архивного агентства и подведомственных ему учреждений на 2011-2020 годы».

МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ ПО
МОНИТОРИНГУ ГОТОВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ К НАЧАЛУ НОВОГО
УЧЕБНОГО ГОДА

Козлов В.В., Ветрова В.В., Гургов Б.Ш.
Российский технологический университет – МИРЭА
8-916-188-07-85, Vetrova@Mirea.ru

Перед началом нового учебного года все образовательные организации проходят проверку готовности к ведению образовательного процесса. Эту проверку осуществляют представители, МВД, МЧС, Роспотребнадзора и других заинтересованных органов власти.

Ключевые слова: методическое обеспечение, мониторинг, образовательные организации, органы исполнительной власти и муниципального контроля.

Methodical and information-analytical support work on monitoring the readiness of educational organizations at the beginning of the new educational year. Kozlov VV, Vetrova VV, Gurgov B.Sh., Russian Technological University - MIREA

Before the start of the new academic year, all educational organizations are tested for readiness to conduct the educational process. This check is carried out by representatives, the Ministry of Internal Affairs, the Ministry of Emergency Measures, Rospotrebnadzor and other interested authorities.

Keywords: methodical support, monitoring, educational organizations, executive authorities and municipal control.

Перед началом каждого нового учебного года все образовательные организации проходят проверку готовности к ведению обучения. Эту проверку осуществляют представители МЧС, МВД, Роспотребнадзора и других заинтересованных органов власти. Минобрнауки в Письме от 16.06.2017 № ТС-186/08 довело Методические рекомендации по организации проведения приемки организаций, осуществляющих образовательную деятельность, к началу учебного года [1].

Рекомендации разработаны Минобрнауки совместно с МЧС, МВД, Роспотребнадзором в соответствии с Федеральным законом от 26.12.2008 № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля», Они определяют порядок взаимодействия указанных структур и других заинтересованных федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ и органов местного самоуправления при организации и проведении приемки организаций, осуществляющих образовательную деятельность, к началу учебного года.

Подготовка учебных организаций к началу учебного года проводится в соответствии с планом финансово-хозяйственной деятельности в текущем году и завершается не позднее 20-25 августа [1].

При подготовке должен быть выполнен комплекс мероприятий, направленных на обеспечение:

- требований к состоянию защищенности организаций от угроз криминального характера и террористических угроз;
- необходимости проведения текущего и капитального ремонта и других хозяйственных работ;
- безопасности в случае чрезвычайных ситуаций;
- санитарных норм и правил;
- других мероприятий, непосредственно связанных с подготовкой организации к началу учебного года.

Типовой перечень (план) мероприятий по подготовке организации, осуществляющей образовательную деятельность, к началу учебного года представлен в приложении 7 к Рекомендациям. Считаем необходимым привести его полностью. Все мероприятия разделены на группы.

В ходе подготовки организации к учебному году руководители органов исполнительной власти субъектов РФ, осуществляющих государственное управление в сфере образования, и органов местного самоуправления, осуществляющих управление в сфере образования, и организаций:

- организуют и проводят объективную оценку готовности организаций к началу учебного года с обоснованием дальнейшего принятия решения о функционировании или приостановлении деятельности образовательных организаций;
- проводят мероприятия по разработке, утверждению и согласованию с соответствующими структурами МЧС, МВД, Роспотребнадзора, других заинтересованных федеральных органов исполнительной власти и организаций нормативных правовых актов, устанавливающих порядок организации и проведения приемки организаций к началу учебного года;
- докладывают о результатах приемки вверх по подчиненности.

Работа комиссии по приемке [1-2].

Приемка организаций, их филиалов к началу учебного года осуществляется ежегодно до 20 августа комиссией по организации и проведению оценки готовности образовательных организаций к началу учебного года (далее – комиссия). Срок работы комиссии определяется назначившим комиссию руководителем органа (организации). В состав комиссии включаются (п. 3.2 Рекомендаций):

- руководитель органа (организации), осуществляющего функции и полномочия учредителя образовательных организаций, или его заместитель (председатель комиссии);
- представители МЧС, МВД и Роспотребнадзора.

Кроме этого, к приемке организаций к началу учебного года могут также привлекаться представители:

- заинтересованных органов исполнительной власти;
- коммунальных служб по направлениям энерго-, тепло-, водоснабжения и водоотведения;
- комиссий по делам несовершеннолетних.

Перечень представителей, привлекаемых к приемке организаций, может быть расширен исходя из особенностей субъекта РФ и самой организации и определяется непосредственно при создании комиссии.

Персональный состав комиссий утверждается совместным приказом органов местного самоуправления, осуществляющих управление в сфере образования, территориальных органов МВД, МЧС и Роспотребнадзора (п. 3.4 Рекомендаций).

Основными задачами комиссии являются (п. 3.5 Рекомендаций):

а) организация своевременного представления сведений в Минобрнауки по подготовке к учебному году:

- сведения о назначении должностного лица представляются к 1 июня текущего года по форме в соответствии с приложением 1 к Рекомендациям;
- сведения о составе комиссии представляются в срок до 1 июля текущего года по форме в соответствии с приложением 2 к Рекомендациям;

б) определение порядка, форм и сроков представления сведений о результатах работы комиссий органов местного самоуправления, муниципальных районов и городских округов, осуществляющих управление в сфере образования;

в) организация приемки и оценки готовности организаций, находящихся в ведении органа исполнительной власти субъекта РФ, осуществляющего государственное управление в сфере образования;

г) организация контроля и оказание помощи руководителям подведомственных организаций в устранении недостатков, выявленных в ходе приемки;

д) координация деятельности работы комиссий органов местного самоуправления, муниципальных районов и городских округов, осуществляющих управление в сфере образования, по приемке подведомственных им организаций;

е) сбор, анализ, обобщение сведений о результатах приемки организаций субъекта РФ;

ж) ежедневное информирование Минобрнауки до 15 часов (время московское) по состоянию на 18 часов предыдущего дня с даты начала приемки образовательных организаций по 20 августа по форме в соответствии с приложениями 3, 4 к Рекомендациям.

Итоговый доклад о готовности организаций к учебному году представляется также к 20 августа по формам в соответствии с приложением 5.

Представление итогового доклада осуществляется только после его согласования со всеми уполномоченными представителями от МЧС, МВД, ФСБ, входящими в состав приемочной комиссии. Согласующие подписи должны быть приведены после подписи руководителя органа управления образования субъекта РФ в конце форм сбора сведений.

Комиссии управления в сфере образования на уровне местного самоуправления, муниципального района и городского округа должны осуществлять:

- организацию приемки и оценки готовности образовательных организаций, находящихся в их ведении;
- организацию контроля и оказание помощи руководителям подведомственных организаций в устранении недостатков, выявленных в ходе приемки;
- сбор, анализ, обобщение сведений о результатах приемки подведомственных организаций;
- представление в орган исполнительной власти субъекта РФ, осуществляющий государственное управление в сфере образования, сведений о ходе работы комиссии по форме, срокам и в порядке, определенным органом управления образования субъекта РФ.

Мероприятия по приемке

Работа комиссий по оценке готовности организаций к учебному году проводится в соответствии с планом мероприятий конкретной организации по подготовке к началу учебного года и включает в себя **(п. 4 Рекомендаций)**:

Оформление результатов приемки

1) анализ результатов приемки и устранения нарушений, выявленных в ходе оценки готовности организации к предыдущему учебному году;

2) анализ выполнения мероприятий плана исходя из реального состояния дел с учетом перспективного планирования, исполнения мероприятий типового перечня (плана) по подготовке организаций к учебному году, изложенных в приложении 7 к Рекомендациям, включая вопросы финансового, материально-технического и иных видов обеспечения, в рамках бюджетного финансирования, реализации федеральных и региональных целевых программ и иных способов практической организации выполнения мероприятий перечня (плана);

3) проверку обеспечения доступности зданий и сооружений образовательных учреждений для лиц с ограниченными возможностями;

4) проверку вопросов организации безопасной эксплуатации энергоустановок (электротеплоустановок), их технического состояния, в том числе:

- обеспечение надежности схемы электроснабжения, ее соответствия категории энергоприемников;
- содержание энергоустановок в работоспособном состоянии и их безопасная эксплуатация;
- проведение своевременного и качественного технического обслуживания, ремонта, испытаний энергоустановок и энергооборудования;

5) соблюдение требований к персоналу и его подготовку;

6) соблюдение требований охраны труда электротеплотехнического и электротехнологического персонала;

7) укомплектование рабочих мест обязательной документацией;

8) укомплектование рабочих мест средствами индивидуальной защиты, пожаротушения и инструментом;

9) проверку вопросов организации мероприятий в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны;

10) работоспособность и обеспечение обслуживания систем автоматической противопожарной защиты;

11) наличие и исправность первичных средств пожаротушения;

12) проверку состояния путей эвакуации и эвакуационных выходов;

13) размещение наглядной агитации по вопросам соблюдения мер безопасности и умения действовать на случай возникновения чрезвычайных ситуаций;

14) выполнение предписаний органов государственного контроля (надзора).

В случае выявления в ходе работы комиссии нарушений принимаемая организация разрабатывает и согласовывает с комиссией мероприятия по устранению нарушений, выявленных в результате приемки, с указанием конкретных сроков их реализации. После выполнения названных

мероприятий принимаемая образовательная организация представляет в установленные комиссией сроки отчеты о принятых мерах по устранению нарушений.

Оформление результатов приемки

Результаты приемки готовности организации к учебному году оформляются актом приемки готовности организации по форме в соответствии с приложением 8 Рекомендаций (п. 5 Рекомендаций).

Акт приемки оформляется в двух экземплярах и регистрируется в принимаемой организации.

Первый экземпляр акта приемки хранится в образовательной организации. Второй – направляется в соответствующий орган исполнительной власти субъекта РФ, осуществляющий государственное управление в сфере образования, орган местного самоуправления, муниципального района и городского округа, осуществляющий управление в сфере образования.

Согласно Рекомендациям подготовка организаций к началу учебного года осуществляется с учетом:

- соблюдения санитарных норм и правил, а также требований по обеспечению безопасности в случае ЧС;
- требований к состоянию защищенности организаций от угроз криминального характера и террористических угроз;
- необходимости проведения текущего и капитального ремонта и других хозяйственных работ.

В ходе подготовки организации к учебному году руководители региональных и местных органов власти в сфере образования и образовательные организации:

а) осуществляют мероприятия по разработке, утверждению и согласованию с соответствующими структурами МЧС, МВД, Роспотребнадзора, других заинтересованных органов власти и организаций нормативных правовых актов, устанавливающих порядок организации и проведения приемки организаций к началу учебного года;

б) организуют и проводят объективную оценку готовности организаций к началу учебного года с обоснованием дальнейшего принятия решения о функционировании или приостановлении деятельности образовательных организаций;

в) докладывают о результатах приемок по подчиненности.

По решению руководителей органов власти в сфере образования создаются комиссии по организации и проведению оценки готовности образовательных организаций к началу учебного года.

Результаты приемки оформляются соответствующим актом установленной формы.

Минобрнауки в Письме от 16.06.2017 № ТС-186/08 довело Методические рекомендации по организации проведения приемки организаций, осуществляющих образовательную деятельность, к началу учебного года (далее – Рекомендации).

Подготовка образовательных организаций к началу учебного года проводится в соответствии с планом финансово-хозяйственной деятельности в текущем году и завершается не позднее 20 августа.

При подготовке должен быть выполнен комплекс мероприятий, направленных на обеспечение:

- санитарных норм и правил;
- безопасности в случае чрезвычайных ситуаций;
- необходимости проведения текущего и капитального ремонта и других хозяйственных работ;
- требований к состоянию защищенности организаций от угроз криминального характера и террористических угроз;
- других мероприятий, непосредственно связанных с подготовкой организации к началу учебного года.

Типовой перечень (план) мероприятий по подготовке организации, осуществляющей образовательную деятельность, к началу учебного года представлен в приложении 7 к Рекомендациям.

Следует обратить внимание, что для каждого мероприятия должны быть установлены исполнитель и срок исполнения, а также сделана отметка об исполнении.

В ходе подготовки организации к учебному году руководители органов исполнительной власти субъектов РФ и органов местного самоуправления, осуществляющих управление в сфере образования, и организаций:

а) проводят мероприятия по разработке, утверждению и согласованию с соответствующими структурами МЧС, МВД, Роспотребнадзора, других заинтересованных федеральных органов исполнительной власти и организаций нормативных правовых актов, устанавливающих порядок организации и проведения приемки организаций к началу нового учебного года;

б) организуют и проводят объективную оценку готовности организаций к началу учебного года с обоснованием дальнейшего принятия решения о функционировании или приостановлении деятельности образовательных организаций;

в) докладывают о результатах приемок по подчиненности.

Работа комиссии по приемке

Приемка организаций, их филиалов к началу учебного года осуществляется ежегодно до 20 августа комиссией по организации и проведению оценки готовности образовательных организаций к началу учебного года (далее – комиссия). Комиссия создается по решению руководителей органов исполнительной власти субъектов РФ и органов местного самоуправления, осуществляющих управление в сфере образования.

Срок работы комиссии определяется назначившим комиссию руководителем органа (организации).

В состав комиссии включаются (п. 3.2 Рекомендаций):

- руководитель органа (организации), осуществляющего функции и полномочия учредителя образовательных организаций, или его заместитель (председатель комиссии);
- представители МЧС, МВД и Роспотребнадзора.

Перечень представителей, привлекаемых к приемке организаций, может быть расширен исходя из особенностей субъекта РФ и самой организации и определяется непосредственно при создании комиссии.

Персональный состав комиссий утверждается совместным приказом органов местного самоуправления, осуществляющих управление в сфере образования, территориальных органов МВД, МЧС и Роспотребнадзора (п. 3.4 Рекомендаций).

Основными задачами комиссии являются (п. 3.5 Рекомендаций):

а) организация своевременного представления сведений в Минобрнауки по подготовке к учебному году:

- сведения о назначении должностного лица представляются к 1 июня текущего года по форме в соответствии с приложением 1 к Рекомендациям;
- сведения о составе комиссии представляются в срок до 1 июля текущего года по форме в соответствии с приложением 2 к Рекомендациям;

б) определение порядка, форм и сроков представления сведений о результатах работы комиссий органов местного самоуправления, муниципальных районов и городских округов, осуществляющих управление в сфере образования;

в) организация приемки и оценки готовности организаций, находящихся в ведении органа исполнительной власти субъекта РФ, осуществляющего государственное управление в сфере образования;

г) организация контроля и оказание помощи руководителям подведомственных организаций в устранении недостатков, выявленных в ходе приемки;

д) координация деятельности работы комиссий органов местного самоуправления, муниципальных районов и городских округов, осуществляющих управление в сфере образования, по приемке подведомственных им организаций;

е) сбор, анализ, обобщение сведений о результатах приемки организаций субъекта РФ;

ж) ежедневное информирование Минобрнауки до 15 часов (время московское) по состоянию на 18 часов предыдущего дня с даты начала приемки образовательных организаций по 20 августа по форме в соответствии с приложениями 3, 4 к Рекомендациям. Итоговый доклад о готовности организаций к учебному году представляется также к 20 августа по формам в соответствии с приложением 5.

Представление итогового доклада осуществляется только после его согласования со всеми уполномоченными представителями от МЧС (Госпожнадзора), МВД, ФСБ, Роспотребнадзора, входящими в состав приемочной комиссии. Согласующие подписи должны быть приведены после подписи руководителя органа управления образования субъекта РФ в конце форм сбора сведений.

Комиссии управления в сфере образования на уровне местного самоуправления, муниципального района и городского округа должны осуществлять:

- организацию приемки и оценки готовности образовательных организаций, находящихся в их ведении;
- организацию контроля и оказание помощи руководителям подведомственных организаций в устранении недостатков, выявленных в ходе приемки;
- сбор, анализ, обобщение сведений о результатах приемки подведомственных организаций;
- представление в орган исполнительной власти субъекта РФ, осуществляющий государственное управление в сфере образования, сведений о ходе работы комиссии по форме, срокам и в порядке, определенным органом управления образования субъекта РФ.

Мероприятия по приемке

Работа комиссий по оценке готовности организаций к учебному году проводится в соответствии с планом мероприятий конкретной организации по подготовке к началу учебного года и включает в себя (п. 4 Рекомендаций):

1) анализ результатов приемки и устранения нарушений, выявленных в ходе оценки готовности организации к предыдущему учебному году;

2) анализ выполнения мероприятий плана исходя из реального состояния дел с учетом перспективного планирования, исполнения мероприятий типового перечня (плана) по подготовке организаций к учебному году, изложенных в приложении 7 к Рекомендациям, включая вопросы финансового, материально-технического и иных видов обеспечения, в рамках бюджетного финансирования, реализации федеральных и региональных целевых программ и иных способов практической организации выполнения мероприятий перечня (плана);

3) проверку обеспечения доступности зданий и сооружений образовательных учреждений для лиц с ограниченными возможностями;

4) проверку вопросов организации безопасной эксплуатации энергоустановок (электротеплоустановок), их технического состояния, в том числе:

- обеспечение надежности схемы электротеплоснабжения, ее соответствия категории энергоприемников;

- содержание энергоустановок в работоспособном состоянии и их безопасная эксплуатация;

- проведение своевременного и качественного технического обслуживания, ремонта, испытаний энергоустановок и энергооборудования;

5) соблюдение требований к персоналу и его подготовку;

6) соблюдение требований охраны труда электротеплотехнического и электротехнологического персонала;

7) укомплектование рабочих мест обязательной документацией;

8) укомплектование рабочих мест средствами индивидуальной защиты, пожаротушения и инструментом;

9) проверку вопросов организации мероприятий в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны;

10) работоспособность и обеспечение обслуживания систем автоматической противопожарной защиты;

11) наличие и исправность первичных средств пожаротушения;

12) проверку состояния путей эвакуации и эвакуационных выходов;

При выявлении в ходе работы комиссии нарушений принимаемая организация разрабатывает и согласовывает с комиссией мероприятия по устранению нарушений, выявленных в результате приемки, с указанием конкретных сроков их реализации. После выполнения названных мероприятий принимаемая образовательная организация представляет в установленные комиссией сроки отчеты о принятых мерах по устранению нарушений.

Согласно Рекомендациям подготовка организаций к началу учебного года осуществляется с учетом:

- соблюдения санитарных норм и правил, а также требований по обеспечению безопасности в случае ЧС;

- требований к состоянию защищенности организаций от угроз криминального характера и террористических угроз;

- необходимости проведения текущего и капитального ремонта и других хозяйственных работ.

При подготовке организации к учебному году руководители региональных и местных органов власти в сфере образования и образовательные организации:

а) организуют и проводят объективную оценку готовности организаций к началу учебного года с обоснованием дальнейшего принятия решения о функционировании или приостановлении деятельности образовательных организаций;

в) докладывают о результатах приемки по подчиненности.

По решению руководителей органов власти в сфере образования создаются комиссии по организации и проведению оценки готовности образовательных организаций к началу учебного года.

Результаты приемки оформляются соответствующим актом установленной формы.

Литература

1. Методические рекомендации по организации проведения приемки организаций, осуществляющих образовательную деятельность, к началу учебного года.
2. Маркова О.В. Информационно-справочной система «Аюдар Инфо».

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ИМУЩЕСТВОМ
ПОДВЕДОМСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Ветрова В.В., Гургов Б.Ш, Козлов В.В., Самохвалов Р.А.
Российский технологический университет – МИРЭА
8-916-188-07-85, Vetrova@Mirea.ru

В статье рассматриваются вопросы информационного обеспечения управленческих процессов, направленных на повышение эффективности использования имущества подведомственных организаций, а также вопросы модернизации функционального модуля информационно-аналитической системы, отвечающего за осуществление полномочий собственника со стороны Минобрнауки России в отношении имущества подведомственных организаций.

Ключевые слова: имущественный комплекс, недвижимое имущество, банк данных, база данных, мониторинг имущественного комплекса, информационная система

Information support for management processes property of subsidiary organizations. Vetrova V.V., Gurgov B.Sh., Kozlov V.V., Samokhvalov R.A., Russian Technological University – MIREA.

The article discusses the issues of information support for management processes aimed at increasing the efficiency of using the property of subordinate organizations, as well as the modernization of the functional module of the information and analytical system responsible for exercising the powers of the owner on the part of the Ministry of Education and Science of Russia regarding the property of subordinate organizations.

Keywords: property complex, real estate, data bank, database, property complex monitoring, information system.

Управленческие процессы при реализации полномочий собственника в отношении имущества подведомственных организаций на основе использования информационных технологий

В соответствии с Концепцией осуществления Минобрнауки России полномочий собственника в отношении имущества подведомственных организаций (в отношении объектов движимого и недвижимого имущества) (далее – Концепция), которая была одобрена Коллегией Минобрнауки России, определены особенности осуществления полномочий собственника в отношении имущества организаций образования и науки.

Управление имуществом подведомственных организаций, согласно Концепции, основывается на принципе «имущество как базис для основной деятельности» [1]. Руководство страны высоко оценивает необходимость развития образования [2] и науки [3] в Российской Федерации, в том числе ставит задачи модернизации материально-технической базы в связи с чем эффективность управленческих процессов в отношении имущества подведомственных организаций [4] выступает как один из компонентов, обеспечивающих повышение уровня образования и науки в стране.

По состоянию на конец 2017 г. среди подведомственных организаций Минобрнауки России насчитывалось: федеральных государственных бюджетных учреждений порядка 300, федеральных государственных автономных учреждений порядка 60, федеральных государственных унитарных предприятий около 10. В том числе среди них: 293 образовательных учреждения, 41 научная организация, 17 организаций, в которых образовательная и научная деятельность не являются основными. Подведомственные организации Минобрнауки России представляют собой большой отдельный кластер, который нуждается в грамотном управлении.

При осуществлении полномочий собственника в отношении имущества подведомственных организаций Минобрнауки России руководствуется целевым назначением имущества, которое в большей массе подведомственных организаций связано с обеспечением образовательной и научной деятельности.

При сохранении в качестве основного принципа принятия управленческих решений в отношении имущества подведомственных организаций – имущество как основополагающее условие осуществления подведомственными организациями их основной деятельности – эффективность его использования определяется эффективностью принимаемых управленческих решений на основе совокупности ряда факторов. Одним из основных факторов при принятии управленческих решений в отношении имущества подведомственных организаций является факт наличия сведений об общем состоянии объектов имущественного комплекса: соответствие целевому назначению, техническое состояние, соответствие современной логистике организации. При принятии решений необходимо учитывать специфику состава объектов имущественного комплекса в системе образования и науки, который включает в себя помещения для проведения лекционных и практических занятий, лабораторные помещения, жилищный фонд, опытное производство и различные испытательные площадки и т.п.

При разработке и создании информационного обеспечения для осуществления мониторинга состава, состояния и способа использования имущества подведомственных организаций в целях

обеспечения единой системы управления федеральным имуществом и принятия эффективных управленческих решений необходимо сформировать общие принципы, показатели контроля и обеспечить реализацию процессов учета, оформления прав, управления использованием объектов, контроля достижения поставленных задач с учетом всей совокупности факторов, характеризующих объекты имущества подведомственных организаций. В соответствии с направлением государственной политики по управлению федеральным имуществом в 2014 г. была принята государственная программа «Управление федеральным имуществом», согласно которой должны быть реализованы в том числе следующие цели:

- достижение оптимального состава и структуры федерального имущества;
- контроль за управлением федеральным имуществом;
- учет и мониторинг через единую систему управления;
- обеспечение сбора и представления информации для принятия управленческих решений [5].

Обеспечение этих целей и было положено в основу при разработке структуры функционального модуля управления имуществом подведомственных организаций информационно-аналитической системы.

Цели создания, структура и возможности функционального модуля управления имуществом подведомственных организаций информационно-аналитической системы

Общая Концепция, принятая унификация документов и процессов по осуществлению управленческих функций со стороны Минобрнауки России в отношении имущества подведомственных организаций позволили эффективно использовать информационные технологии для реализации процессов обеспечения повышения эффективности использования имущества подведомственных организаций. Создание функционального модуля управления недвижимым имуществом в рамках информационно-аналитической системы «Мониторинг» реализовало возможность осуществления оперативного взаимодействия федерального центра и подведомственных организаций по всем рабочим вопросам.

Использование информационно-аналитической системы при обеспечении деятельности Департамента управления сетью подведомственных организаций в части осуществления полномочий собственника со стороны Минобрнауки России в отношении имущества подведомственных организаций является примером реализации на практике принятой государственной программы «Управление федеральным имуществом» [5] и обеспечивает реализацию оперативного контроля за управлением федеральным имуществом, его учет и мониторинг на основе единой системы управления, сбора и предоставления информации с целью принятия эффективных управленческих решений и, как следствие, достижение оптимального состава и структуры федерального имущества.

Цели создания функционального модуля управления имуществом подведомственных организаций:

- создание единого банка данных по объектам недвижимого имущества подведомственных организаций Минобрнауки России;
- оптимизация процесса мониторинга недвижимого имущества;
- повышение эффективности управления, распоряжения имуществом подведомственных организаций и его использования;
- поддержание федерального имущества в надлежащем состоянии;
- актуализация инвентаризации недвижимого имущества;
- автоматизация процессов управления и распоряжения недвижимым имуществом;
- обеспечение эффективного использования недвижимого имущества;
- непрерывное обновление данных по объектам недвижимого имущества подведомственных организаций;
- оптимизация контроля реализации бюджетных инвестиций в объекты капитального строительства, контроля оформления прав на имущество, контроля устранения нарушений и т.д.;
- оптимизация структуры;
- унификация форм отчетности и синхронизация периодов предоставления информации по запросам Минобрнауки России в отношении имущества подведомственных организаций; - интеграция с государственными информационными системами и ресурсами, содержащими юридически значимую информацию о текущей деятельности по управлению имуществом (АСУГИ Росимущества, ФАИП Минэкономразвития России, ГКН и др.);
- формирование единого информационного пространства центрального и регионального опорных центров компетенции в сфере управления недвижимым имуществом подведомственных Минобрнауки России организаций.

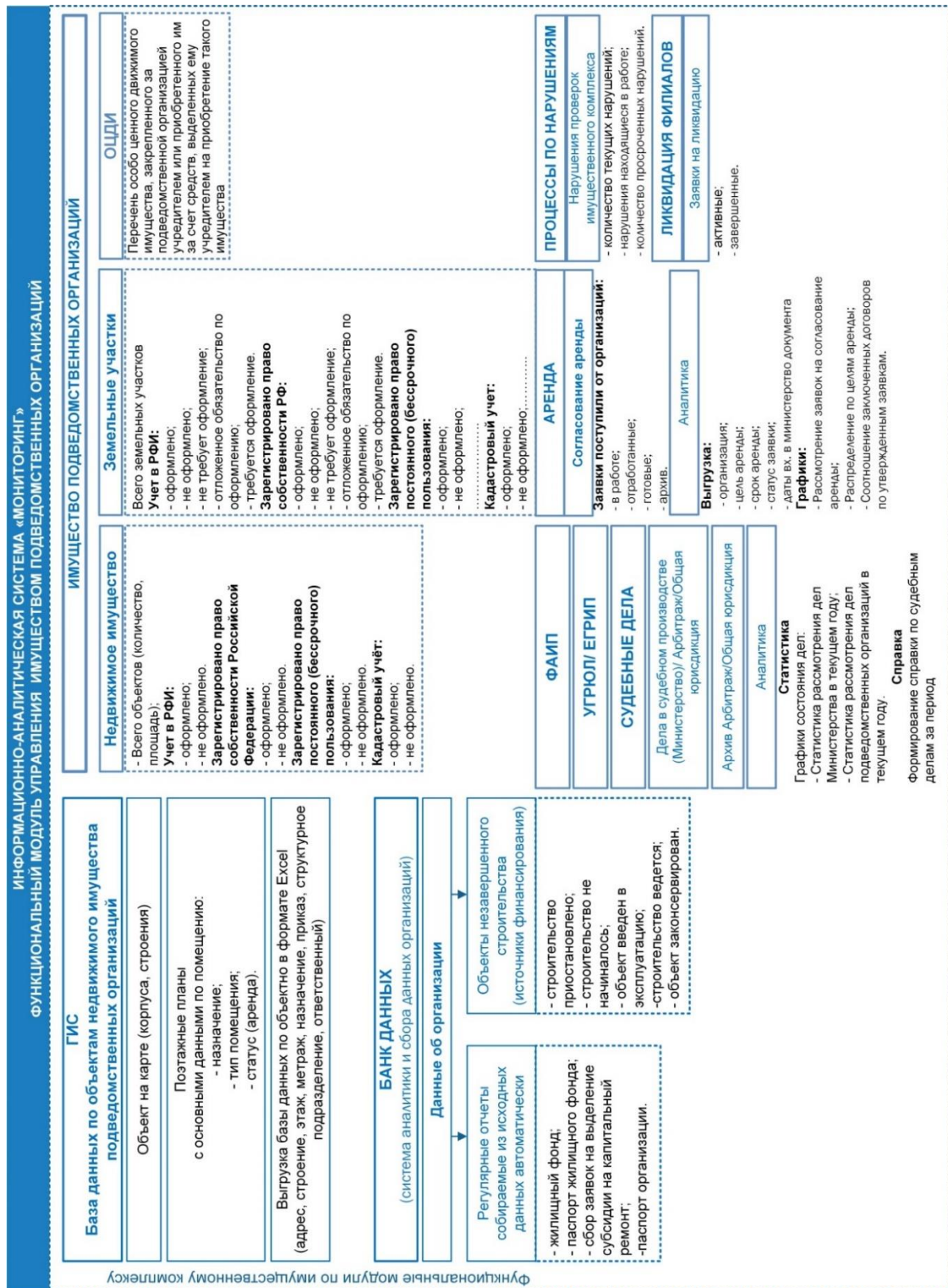


Рисунок 1 - Структура информационно-аналитической системы «Мониторинг» с отображением функциональных модулей обеспечивающих реализацию единой системы мониторинга и управления имуществом подведомственных организаций

В информационно-аналитической системе используются различные способы представления данных (в виде таблиц, списков, графиков и диаграмм), которые позволяют всесторонне изучить

полученную информацию, реализован эффективный аналитический аппарат, что позволяет обеспечить принятие эффективных управленческих решений в отношении федерального имущества.

Сбор и представление данных по объектам имущества подведомственных организаций через программный интерфейс дает возможность оперативно получать актуальную информацию по состоянию и использованию объектов на местах. Полученные данные в сочетании с данными других информационных систем позволяют обеспечивать многоуровневую экспертизу и, как следствие, оптимизацию структуры объектов имущественного комплекса подведомственных организаций, их эффективное вовлечение в хозяйственный оборот.

Функциональная структура системы дает возможность эффективно осуществлять контроль реализации бюджетных инвестиций в объекты капитального строительства, контроль оформления прав на имущество, вести реестр объектов, согласование сделок, т.е. обеспечивает общий контроль имущественного комплекса. Внутренняя структура функционального модуля управления имуществом подведомственных организаций состоит из отдельных функциональных модулей, обеспечивающих эффективную работу по осуществлению мониторинга и управления имуществом подведомственных организаций (рис.1).

Информационно-аналитическая система представляет собой универсальную платформу на основе совокупности разработанных методов получения и анализа информации по различным параметрам и сферам деятельности для принятия эффективных управленческих решений. Открытая функциональная структура платформы позволяет оперативно моделировать любые поставленные задачи.

Технико-экономический эффект разработанного прикладного решения информационно-аналитической системы – обеспечение эффективности процесса управления в рамках тех или иных задач за счет увеличения числа аналитических разрезов обработки информации, повышения качества информации при экономии бюджетных средств, выделяемых на ИТ-расходы по поддержке и сопровождению информационно-аналитического обеспечения.

Литература

1. Концепция осуществления Министерством образования и науки Российской Федерации полномочий собственника в отношении имущества подведомственных организаций (в отношении объектов движимого и недвижимого имущества). Одобрено Коллегией Министерства образования и науки Российской Федерации (протокол от 31 января 2012 года № ПК-2вн).
2. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования». Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2017 г. № 1642.
3. Государственная программа Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013-2020 годы. Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 301.
4. Нефедов В.И., Ветрова В.В., Гургов Б.Ш. Информационное обеспечение деятельности при управлении недвижимым имуществом/ InternationalScientific – PracticalConference«INFO-2014».
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 327 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Управление федеральным имуществом».

ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Палагута К.А., Львов Н.Ю., Львовский Т.А.
Московский политехнический университет
+7(909)6981615, ka129@yandex.ru

Статья посвящена исследованию влияния различных параметров системы управления на длительность переходных процессов в авиационном двигателе.

Ключевые слова: авиационный двигатель, система управления, моделирование, шаг квантования.

Hardware and software modeling of control system of aircraft engine. Palaguta K. A., Lvov N. Yu., Lvovsky T. A., Moscow Polytechnic University.

The article is devoted to the study of the influence of various parameters of the control system on the duration of transients in an aircraft engine.

Keywords: aircraft engine, control system, modeling, quantization step.

Введение

В значительной степени такие характеристики самолета, как экономичность, безопасность полета, маневренность и другие зависят от возможности реализации в двигателе предусмотренных при проектировании термодинамических и прочностных свойств, обеспечения газодинамической устойчивости рабочих процессов. Определяющим фактором этих возможностей является выбор способов управления рабочим процессом в нем, осуществляемых с помощью его системы автоматического управления, от которых в значительной степени зависит качество требуемых характеристик (высотных, скоростных, дроссельных).

В связи с этим целесообразным представляется выбор и учет способов регулирования двигателя с самого начала его проектирования, когда происходит формирование термодинамических характеристик и характеристик отдельных узлов, так как чем позднее разработчик двигателя начнет заниматься вопросами обеспечения регулирования, тем больше компромиссных решений ему придется принять и тем большими будут итоговые потери характеристик двигателя.

Немаловажный аспект формирования подхода к проектированию двигателя и вопросов его регулирования связан с проблемами построения его системы автоматического управления, реализующей принятый способ регулирования. Здесь крайне важно тесное сотрудничество разработчиков двигателя и системы управления с целью обеспечения устойчивости регулирования, точности регулирования на установившихся режимах, возможности аппаратурной реализации программ и алгоритмов управления.

Постановка проблемы

Разберем основные задачи автоматического регулирования авиационного двигателя:

1. Получение оптимальных характеристик силовой установки по тяге и экономичности на заданном режиме работы;
2. Обеспечение возможности изменения режимов работы двигателя при выполнении требований к качеству и длительности переходных процессов и поддержание заданного режима;
3. Обеспечение устойчивости рабочих процессов и прочности конструкции двигателя путем предупреждения недопустимых механических и тепловых нагрузок на ее элементы на установившихся и переходных режимах работы.

При этом следует учитывать, что выполнение задач должно быть обеспечено независимо от режима работы двигателя. Под режимом работы авиационного двигателя понимается состояние двигателя, определяемое сочетанием его характеристик и параметров, дающих представление о развиваемой им тяге (мощности), экономичности, напряженности рабочего процесса и требованиях, предъявляемых условиями полета (самолетом).

Более простыми с точки зрения подхода к регулированию считаются установившиеся режимы:

1. Максимальный – подразумевает получение максимальной в данных условиях тяги, что достигается при максимальных расходе воздуха (максимальной частоте вращения вала компрессора) и температуре газа в камере сгорания. На данном режиме тепловые и механические нагрузки на конструкцию близки к предельным, в связи с чем время работы двигателя ограничено 10-20% времени полета, такой режим используется при взлете самолета, разгоне и маневрировании.
2. Номинальный – характеризуется пониженными показателями тяги и рабочего процесса по сравнению с максимальным режимом: $0,85 \dots 0,95 R_{\max}$, применяется, например, при наборе высоты.
3. Крейсерский – наиболее экономичный из представленных, время работы на котором практически не ограничено вследствие достаточно щадящих нагрузок на конструкцию. Величина тяги при этом не превышает $0,5 \dots 0,8 R_{\max}$.
4. Земной малый газ – режим, характеризующийся минимальной устойчивостью и показателями тяги $0,03 \dots 0,05 R_{\max}$. Важным условием является обеспечение заданного времени приемистости двигателя при необходимых запасах газодинамической устойчивости компрессора и камеры сгорания.
5. Полетный малый газ – минимальный по уровню тяги режим в полете;
6. Полный форсированный режим – обеспечивает максимальную тягу двигателя, имеющего форсажную камеру сгорания. Использование такого режима ограничивается взлетом, разгоном и маневрированием.
7. Частичный форсированный режим – отличается от полного форсированного режима величиной тяги, применяется при длительном сверхзвуковом полете, маневрировании.
8. Минимально форсированный режим – обеспечивает минимально возможное отличие тяги от максимального режима при устойчивом режиме работы форсажной камеры.

Для моделирования работы цифрового регулятора системы автоматического управления частотой вращения ротора газотурбинного двигателя запишем общую передаточную функцию объекта управления вместе с исполнительным устройством:

$$G_0 = \frac{x(s)}{m(s)} = \frac{a(s+r)}{s(s^2+bs+a)(s+c)e^{-\tau_1 s}} \quad (1)$$

На рисунке 1 представлена схема автоматического управления вращением ротора ГТД:

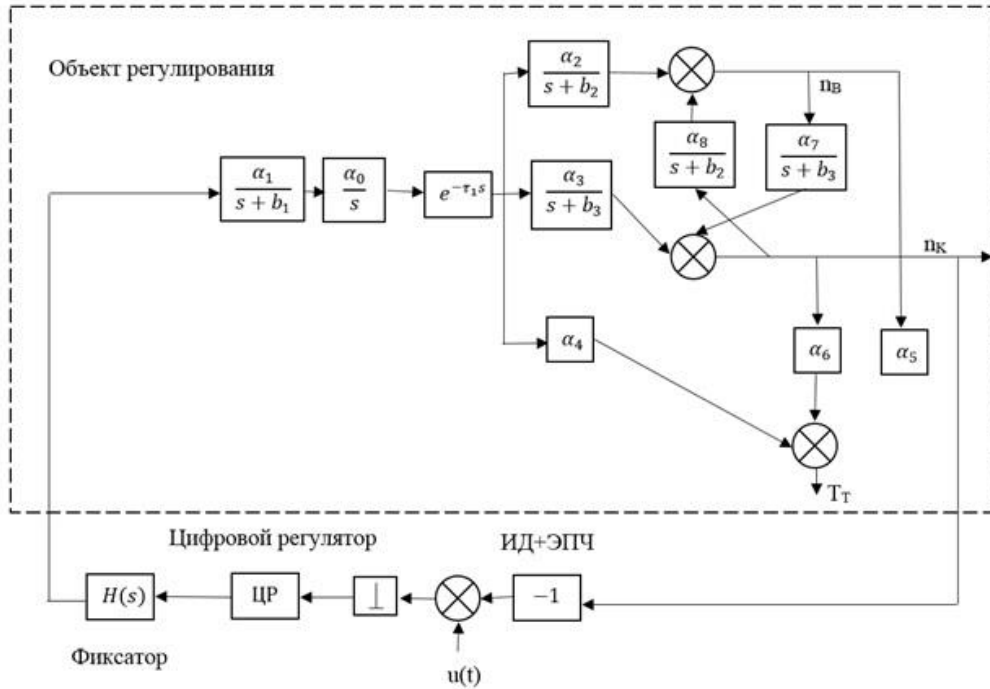


Рис. 1 Схема управления ГТД

На рисунках 2 - 4 изображены графики переходных процессов регулирования скорости вращения вала газотурбинного двигателя для максимального режима (рис. 2), крейсерского режима (рис. 3) и режима малого газа (рис. 4).

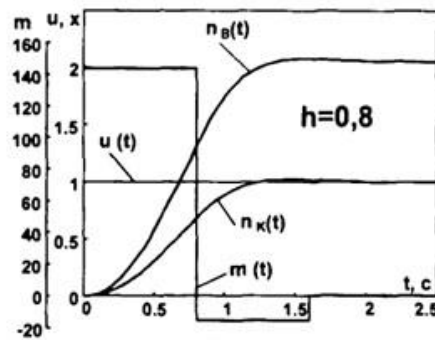


Рис. 2 График переходного процесса регулирования скорости вращения вала газотурбинной силовой установки в максимальном режиме

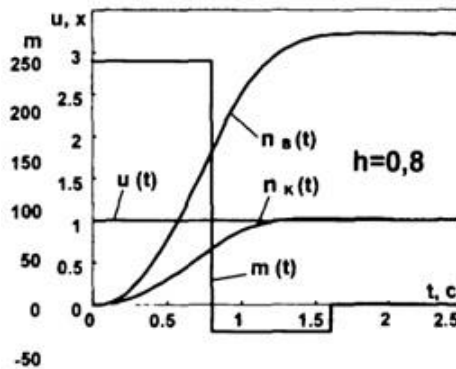


Рис. 3 График переходного процесса регулирования скорости вращения вала газотурбинной силовой установки в крейсерском режиме

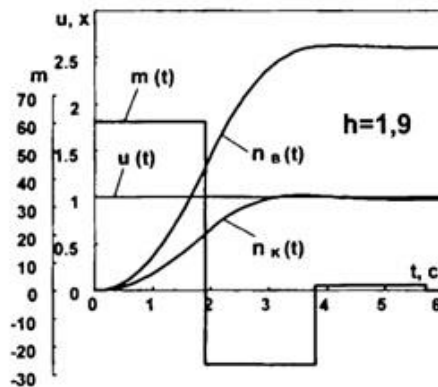


Рис. 4 График переходного процесса регулирования скорости вращения вала газотурбинной силовой установки в режиме малого газа

Заключение

На основании результатов моделирования можно заключить, что, во-первых, длительность переходных процессов зависит от величины шага квантования, что позволяет повысить быстродействие системы, ограниченное либо допустимым усилением, необходимым для формирования амплитуд сигналов управления, либо заданным перерегулированием переходных процессов; во-вторых, управление частотой вращения ротора газотурбинной силовой установки оказывает значительное влияние на изменение температуры газа за турбинным блоком.

Литература

1. Пат. RU 2006125866 А МПК F02C9/00 Полунатурный стенд для испытаний систем автоматического управления и контроля газотурбинных двигателей и стенд для его реализации 27.01.2008
2. Пат. RU 68070 U1 МПК F02C9/28 Полунатурный стенд для испытаний систем автоматического управления и контроля газотурбинных двигателей 10.11.2007
3. Пат. RU 2039963 C1 МПК G01M15/00 Способ полунатурного исследования системы автоматического управления силовой установкой 20.07.1995
4. Пат. RU 2340883 C1 МПК G01M15/14 Способ полунатурных испытаний систем автоматического управления и контроля газотурбинных двигателей и стенд для его реализации 10.12.2008
5. Пат. RU 2338992 C1 МПК F41G3/32 F41G7/22 Стенд для полунатурного моделирования системы самонаведения летательного аппарата 20.11.2008
6. Пат. RU 2331054 C2 МПК G01M15/14 Способ полунатурных испытаний систем автоматического управления и контроля газотурбинных двигателей и стенд для его реализации 10.08.2008
7. К.А. Палагута, С.М. Тройков, Г.Ю. Харпунен, Е.В. Шадян. «Модернизация учебного стенда «Электронная система управления ДВС»: Участие в разработке и реализации инновационных технологий: Сборник научных докладов международной конференции. – М.: МГИУ, 2006. 139 - 141
8. Палагута К.А., Чиркин С.Ю., Кузнецов А.В. Синтез системы управления двигателем внутреннего сгорания с использованием гибридных и нейронных сетей // Машиностроение и инженерное образование 2009. №4. с. 42-49.

ГЛАВА 2. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ, ПОИСКОВЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В НАУКЕ, ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ

АРХИТЕКТУРНАЯ УНИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СБОЕ- И ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МНОГОКОМПЛЕКСНЫХ БОРТОВЫХ ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЫ

Лобанов А.В., Ашарина И.В.
АО «НИИ «Субмикрон», Москва, Зеленоград
lav@se.zgrad.ru, asharinairina@mail.ru

Представлен подход архитектурной унификации методов и алгоритмов обеспечения сбое- и отказоустойчивости распределенных многокомплексных БЦВС, параллельно решающих совокупности взаимодействующих целевых задач. Метод применим на самом верхнем, архитектурном уровне проектирования таких БЦВС, осуществляемого по технологии «сверху-вниз». Предложены обобщенные модели верхнего, архитектурного уровня процесса проектирования подсистем диагностики, сбое- и отказоустойчивости многокомплексных БЦВС, а также архитектурный метод парирования проявлений допустимых совокупностей враждебных неисправностей в сбое- и отказоустойчивых самореконфигурируемых и самовосстанавливаемых многокомплексных БЦВС. Показано, что проектирование такой подсистемы диагностики, сбое- и отказоустойчивости для многокомплексной БЦВС должно начинаться на самом верхнем, архитектурном уровне процесса проектирования этой БЦВС.

Ключевые слова: сетцентрическое управление, многопроцессорные системы, репликация задачи, отказоустойчивость, взаимное информационное согласование, динамическая избыточность.

Architectural unification of the methods and algorithms ensuring the fault-tolerance of distributed multicomplex digital computer systems of the network structure. A.V. Lobanov, I.V. Asharina. JSC "Research Institute "Submicron", Moscow, Zelenograd.

The approach of architectural unification of methods and algorithms for providing failures and fault tolerance of distributed multi-core onboard central computer system (OCCS) in parallel solving the aggregate of interacting target tasks is presented. The method is applicable at the top, architectural level of design of such onboard central computer system, carried out by the technology of "top-down". The generalized models on the upper architectural level of the design process of the diagnostic subsystems, fault-tolerance of multi-complex OCCS, as well as the architectural method of parrying the manifestations of admissible sets of hostile faults in fault-tolerant self-reconfigurable and self-repairing multi-unit OCCS are proposed. It is shown that the design of such a subsystem of diagnostics, fault-tolerance for a multi-complex OCCS should begin at the highest, architectural level of the design process of this OCCS.

Keywords: network-centric control, multiprocessor systems, task replication, fault-tolerance, mutual information agreement, dynamic redundancy.

Введение

Бортовые цифровые вычислительные системы (БЦВС) современных бортовых комплексов управления перспективных *автоматических КА* и их группировок представляют собой многомашинные вычислительные системы (МВС), или мультимикомпьютеры, или компьютерные сети, или распределенные мультимикропроцессоры, или распределенные вычислительные системы [1, 2].

Критичность условий применения автоматических КА и их группировок, очень высокая стоимость ошибок их проектирования и эксплуатации предъявляют самые высокие требования к надежности, сбое- и отказоустойчивости их БЦВС, которые могут быть обеспечены только комплексным научно обоснованным подходом к построению этих БЦВС и применением технологии их проектирования «сверху-вниз», исключающих или значительно снижающих вероятность возникновения очень дорогостоящих негативных эффектов эмерджентности, вплоть до потери КА и их группировок, состоящих в возникновении в построенной и эксплуатируемой БЦВС трудно или вообще необъяснимых ошибок и нештатных ситуаций в поведении такой системы.

К настоящему моменту определены и исследованы системные механизмы, обеспечивающие заданные уровни сбое- и отказоустойчивости для параллельно выполняемых в БЦВС целевых задач, а также самоуправляемую деградацию проектируемой БЦВС при возникновении допустимых неисправностей и их последовательностей: базовые механизмы организации вычислений в многомашинных вычислительных системах с программно-управляемой сбое- и отказоустойчивостью (модели БЦВС, сбое- и отказоустойчивая синхронизация в БЦВС, взаимное информационное

согласование с обнаружением и идентификацией проявлений неисправностей). Также исследованы основные механизмы организации сбое- и отказоустойчивых вычислений в однокомплексных многомашинных БЦВС: тестовое диагностирование БЦВС, функциональное диагностирование в распределенном системном диагностировании многомашинных БЦВС, метод построения сбое- и отказоустойчивых однокомплексных распределенных многомашинных информационно-управляющих БЦВС, механизмы восстановления и самоуправляемая деградация в многомашинных сбое- и отказоустойчивых системах.

Унификация — это приведение проектируемых объектов к единообразной системе или форме. То есть унификация в технике — это управление многообразием. Принципы технической унификации направлены, в первую очередь, на устранение излишнего многообразия изделий, их составных частей и процессов изготовления [3], что положительно влияет как на сам процесс производства изделий, так и на его экономическую составляющую.

Под архитектурной унификацией методов и алгоритмов обеспечения сбое- и отказоустойчивости распределенных БЦВС сетевой структуры, используемых в бортовых комплексах управления перспективных КА и их группировках будем понимать достижение единообразия в используемых методах и алгоритмах, начиная с самого высокого архитектурного уровня процесса их проектирования, проводимого по единственно приемлемой для автоматических КА различных типов и их группировок технологии проектирования «сверху-вниз» (структурное проектирование [4]). Только такая технология может обеспечить процесс проектирования с приемлемой стоимостью и без возникновения отмеченных выше эффектов негативной эмерджентности.

Под сбое- и отказоустойчивостью системы в данной работе понимается способность такой БЦВС осуществлять в процессе ее целевой работы правильное исполнение предписанного алгоритма управления с формированием правильной выходной информации и правильных предусмотренных действий БЦВС при возникновении в ней каждой *допустимой совокупности неисправностей и каждой допустимой последовательности таких совокупностей*.

Имеются две принципиальные характеристики, которые определяют область требований к проектированию рассматриваемых сбое- и отказоустойчивых БЦВС [5]: 1) вычислительная целостность, определяющая возможность ошибки в вычислениях или недопустимой их задержки; для рассматриваемых сбое- и отказоустойчивых БЦВС ошибка в вычислениях или их задержка при возникновении допустимых неисправностей и их допустимых совокупностей не допускается; 2) покрытие неисправностей, определяющее меру хорошей работы используемых механизмов отказоустойчивости и означающее условную вероятность правильного восстановления БЦВС при возникновении неисправности. Только использование научно обоснованных и математически доказанных методов построения рассматриваемых сбое- и отказоустойчивых БЦВС, основанных на самой общей модели враждебной неисправности, покрывающей все другие известные модели неисправностей, гарантируют их требуемую сбое- и отказоустойчивость.

Вторая характеристика (покрытие неисправностей) непосредственно влияет и на первую характеристику, поскольку, чем меньше покрытие неисправностей, тем ниже вычислительная целостность БЦВС. Однако покрытие неисправности напрямую зависит от сложности принимаемой в методах проектирования сбое- и отказоустойчивости БЦВС модели неисправности. В исследованиях по построению сбое- и отказоустойчивых вычислительных систем используются следующие классы моделей неисправностей, перечисленных ниже в порядке от менее сложных поведенческих моделей неисправного элемента к более сложным [6,7]: 1) неисправности неправильной остановки (fail-stop faults): вычислитель (цифровая вычислительная машина – ЦВМ) или другой элемент системы прекращает работу и этим настораживает другие ЦВМ системы; 2) неисправность аварийного отказа (crash fault): ЦВМ "теряет" свое внутреннее состояние; 3) неисправность пропуска (omission fault): ЦВМ ошибается в крайнем сроке завершения или начала задачи (например, ошибка пропуска посылки (a send omission fault)); 4) временная неисправность (timing fault): ЦВМ завершает задачу или до или после ее определенных временных рамок или никогда; 5) неисправность неправильных вычислений (incorrect computation fault): ЦВМ вычисляет неправильный результат при правильных входных данных .

Необходимо отметить, что практически в современной космической отрасли РФ используются самые простые модели неисправности, что пагубно влияет на практическую надежность и долговечность используемых КА. Однако высокая степень интеграции элементной базы и сложность используемых аппаратурных и программных средств БЦВС перспективных КА и их группировок требует применения только следующих двух моделей неисправностей: 6) удостоверительная враждебная неисправность (authenticated Byzantine fault): ЦВМ посылает соседям в широкоэвещательной посылке удостоверенные сообщения, которые неисправные элементы системы не могут исказить незаметно; 7) самая общая модель «враждебной» (byzantine, rigorous, malicious) неисправности, при которой поведение неисправного элемента ЦВМ допускается полностью произвольным, в том числе и подобным «злонамеренному», включая его неодинаковость по отношению к другим элементам системы. Модель враждебной неисправности покрывает

все остальные модели, и методы организации сбое- и отказоустойчивых вычислений в условиях возникновения враждебных неисправностей будут обеспечивать защиту и от неисправностей всех других моделей. Модель враждебной неисправности отражает сложность нахождения причинно-следственной связи между видами проявлений неисправностей и имеющимися в действительности неисправностями таких сложных объектов как современная ЦВМ и их взаимодействующие совокупности. Все другие модели неисправности ЦВМ, исключая возможность неодинакового поведения неисправной ЦВМ по отношению к другим ЦВМ системы, называются «дружественными».

Требуемая надежность системы может достигаться за счет повышения качества и надежности входящих в нее элементов, качества конструирования, улучшения технологии изготовления, испытаний и т.п. Эти направления находятся в постоянном развитии. Однако, как показывает практика, их недостаточно при построении рассматриваемых в данном отчете БЦВС из-за их высокой сложности и критических условий применения. Другой путь достижения требуемой надежности рассматриваемых БЦВС - введение избыточности с целью обеспечения их сбое- и отказоустойчивости. Наиболее полная классификация понятий в области избыточности, соотношение между избыточностью и резервированием приводятся в [8]. Основной анализ понятий избыточности и резервирования, их соотношения и разновидностей приведен в [9]. В области вычислительной техники различают временную, информационную, аппаратную и алгоритмическую избыточность [10].

В рассматриваемых многомашинных БЦВС отказоустойчивость по второму пути может достигаться двумя взаимодополняющими способами: во-первых, обеспечением аппаратной отказоустойчивости входящих в нее ЦВМ (аппаратурная репликация), и, во-вторых, решением одной и той же задачи на нескольких ЦВМ с последующим обменом результатами и выбором из них правильного (программная репликация или репликация задачи) [1].

Применение только первого способа сталкивается с ограничением, состоящим в том, что при увеличении числа ЦВМ в системе должен расти уровень избыточности, вводимой в каждую ЦВМ, для сохранения постоянного уровня надежности БЦВС [1]. Поэтому для рассматриваемых БЦВС наиболее приемлемым является второй способ достижения сбое- и отказоустойчивости – репликации задач.

Назовем, как и в [11], *комплексом* совокупность ЦВМ, осуществляющих репликацию задачи и решающих одновременно одну и ту же задачу с целью обеспечения заданной сбое- и отказоустойчивости. БЦВС может содержать один комплекс (однокомплексная БЦВС), либо несколько комплексов (многокомплексная БЦВС), решающих одновременно различные задачи, которые должны обмениваться информацией. Распределение ЦВМ между комплексами может быть как статическим, сохраняющимся постоянно, так и динамическим, изменяющимся в зависимости от периода работы, технического состояния БЦВС, условий применения и др. Здесь рассматриваются многокомплексные БЦВС с динамическим распределением ЦВМ между комплексами.

Под *архитектурой подсистемы диагностики, сбое- и отказоустойчивости БЦВС* будем понимать совокупность методов и механизмов, их самых общих характеристик и параметров, определяющих функционально-логическую и структурную организацию этой подсистемы. Понятие архитектуры охватывает наиболее существенные принципы и методы построения и функционирования подсистемы диагностики, сбое- и отказоустойчивости, которыми должны руководствоваться разработчики таких БЦВС с целью наиболее эффективного, быстрого и дешевого достижения поставленных целей для каждого из уровней проектирования, начиная с самого верхнего архитектурного уровня процесса проектирования по технологии «сверху-вниз» – формирования технического задания, и учитывающего весь накопленный опыт и наработанные ранее научно-теоретически и технические достижения. Описание архитектуры подсистемы диагностики, сбое- и отказоустойчивости БЦВС на каждом уровне процесса проектирования БЦВС должно быть достаточно полным и подробным для реализации со стороны разработчиков всего требуемого функционала этой проектируемой БЦВС на следующих ниже лежащих уровнях процесса проектирования этой подсистемы диагностики, сбое- и отказоустойчивости. Кроме того, во избежание глобальных итераций процесса проектирования, когда практическая оценка целевых характеристик проекта БЦВС осуществляется после заключительного этапа этого процесса и при неудовлетворительной оценке осуществляется переход «вверх» на все или несколько уже выполненных уровней, на каждом уровне проектирования, в идеале, должны быть предусмотрены методы прогнозируемой оценки достижения требуемых целевых характеристик проектируемой БЦВС.

Широко распространены определения понятий сбоя и отказа в рассматриваемых системах в следующей трактовке [5]. В цифровой аппаратуре нередко происходят неожиданные изменения физических параметров, выходящие за допустимые пределы. Их принято называть сбоями, если изменения носят временный характер, и отказами, если изменения постоянны. Они вызывают неожиданные неблагоприятные изменения одной или нескольких логических переменных системы, которые называются *физической неисправностью* или просто неисправностью.

Для систем рассматриваемого класса, в которых обнаружение и идентификация проявлений неисправности некоторой ЦВМ осуществляется автоматически исправными ЦВМ системы, введем следующую новую градацию проявлений неисправности по типу, учитывающую необходимость и сложность их обработки в процессе целевой работы БЦВС и определяющую ее последующие действия:

1) сбой ЦВМ, предполагающий, что искажению подверглась информация, не влияющая на ход и последующие результаты ее вычислительного процесса; 2) программный сбой ЦВМ, внешним признаком которого считается проявление заранее оговоренной совокупности сбоев этой ЦВМ (критерий программного сбоя); в случае программного сбоя необходимы специальные действия по информационному восстановлению сбившейся ЦВМ; 3) отказ ЦВМ, объявляемый при проявлении заранее оговоренной совокупности ее программных сбоев (критерий отказа ЦВМ), либо обнаруживаемый при ее тестовом или системном самоконтроле; при отказе необходима изоляция неисправной ЦВМ и либо включение вместо нее запасной ЦВМ, если она имеется, информационное восстановление этой включенной запасной ЦВМ и втягивания ее в необходимую целевую работу системы, либо выполнение самоуправляемой деградации системы с переходом ее на более низкий уровень задаваемой сбое- и отказоустойчивости, либо переходом к другим видам самоуправляемой деградации БЦВС.

Для элемента БЦВС, отличного от ЦВМ, вводится понятие сбоя как однократно обнаруживаемое проявление его неисправности, выразившееся в искажении транслируемой этим элементом информации, и понятие отказа - как обнаружение заранее оговоренной совокупности его сбоев (критерий отказа этого элемента).

Необходимо заметить, что возможность предусмотренного изменения этих критериев программного сбоя и отказов со стороны самой БЦВС в процессе ее целевой работы в зависимости от изменения ее технического состояния и изменения условий ее применения является весьма важной особенностью предлагаемого метода обеспечения сбое- и отказоустойчивости БЦВС.

В настоящей работе рассматриваются необслуживаемые БЦВС со значительными сроками активного существования, допускающие возможность гибкого изменения степени вычислительной целостности в различные периоды своей работы. В определенные периоды вычислительная целостность и покрытие неисправностей должны быть максимально высокими, в другие периоды – могут быть снижены для повышения суммарной вычислительной мощности системы. Значительная длительность срока активного существования требует наличия в системе запасных элементов и механизмов автоматического управления ими.

Создание сбое- и отказоустойчивых БЦВС рассматриваемого класса, применение в них научно обоснованных формализованных методов обеспечения задаваемой сбое- и отказоустойчивости, гарантирующих получение требуемых результатов, должно быть основано на использовании строгих научно и практически обоснованных моделей как отдельных аппаратно-программных элементов таких БЦВС, так и всей БЦВС в целом, включая управляемую ими внешнюю среду (внешние управляемые целевые абоненты КА и их группировок).

Существует следующие два вида избыточности, вводимой и используемой в рассматриваемых БЦВС для реализации в них задаваемой сбое- и отказоустойчивости [5, 11]:

1. *Статическая избыточность*, обеспечивающая только правильность выходной информации проектируемой БЦВС при возникновении допустимых совокупностей неисправностей. При статической избыточности проявления неисправностей «маскируются» и правильный результат получается за счет избыточного числа его копий, например, путем их мажорирования или кворумирования, в предположении, что ошибочными может быть только меньшая часть этих результатов.

2. Требование достижения возможно более длительного срока существования КА и их группировок может быть достигнуто только при использовании в проектируемой целевой БЦВС управления КА и их группировок *динамической избыточности* для обеспечения ее задаваемой сбое- и отказоустойчивости, состоящей, во-первых в парировании проявлений неисправностей (ошибок) в выходной информации системы, а значит, в формировании правильных значений этой выходной информации, во-вторых, в одновременном и согласованном обнаружении случившихся проявлений неисправностей, в третьих, в непрерывной и сквозной идентификации обнаруженных проявлений неисправностей по месту их возникновения и по типу, в-четвертых, в информационном восстановлении элементов БЦВС, идентифицированных в состоянии программного сбоя, со стороны исправных элементов БЦВС, и втягивания восстановленных элементов в совместную целевую работу с другими исправными элементами БЦВС, в-пятых, в реконфигурации БЦВС, состоящей в изоляции элементов, идентифицированных в состоянии отказа, подключения вместо них запасных элементов, если они имеются, информационном восстановлении подключенных запасных элементов и втягивании их в совместную с другими исправными элементами целевую работу БЦВС, в-шестых, при идентификации отказов и отсутствии соответствующих запасных элементов осуществление предусмотренной самоуправляемой деградации БЦВС со снижением надежностных и/или функциональных характеристик

БЦВС, в-седьмых, при невозможности выполнения самоуправляемой деградации БЦВС перевод БЦВС или ее части в состояние безопасного останова, в котором выполняются все необходимые действия по обеспечению безопасности управляемого КА или их группировки с переходом этого КА или группировки к ожиданию указаний из внешней среды и последующему выполнению поступивших указаний.

Обобщенные модели верхнего, архитектурного уровня процесса проектирования по технологии «сверху-вниз» подсистемы диагностики, сбое- и отказоустойчивости многокомплексной БЦВС

В процессе выполнения системой целевой работы возможно возникновение неисправностей и их проявлений, что при использовании динамической избыточности требует выполнения диагностических операций. При этом в каждом исправном элементе системы должен обеспечиваться такой уровень обнаружения и идентификации всех допустимых неисправностей (неисправностей, на которые рассчитаны используемые механизмы применяемой динамической избыточности), который гарантировал бы принятие всеми вычислителями системы своевременных и согласованных распределенных решений по дальнейшему применению имеющихся механизмов динамической избыточности и необходимыми последующими действиями каждого вычислителя и всей системы в целом.

При построении многозадачной многокомплексной сбое- и отказоустойчивой на основе динамической избыточности БЦВС, выполняющей поступающие из внешней среды задания, каждое из которых содержит состав решаемых задач, функциональные требования по необходимой вычислительной мощности, объемам используемой памяти и др., предъявляемые каждой из задач, необходимо также определять требования по достоверности результатов вычислений для каждой задачи, выраженные или сводимые к терминам допустимых совокупностей неисправностей и их допустимых последовательностей. Также эти требования должны быть определены и для всех предусматриваемых траекторий возможной деградации проектируемой БЦВС.

Предположим, что в проектируемой БЦВС для решения каждой из параллельных целевых задач достаточно применение ЦВМ одного и того же типа с одинаковыми характеристиками по вычислительной мощности и объемам требуемой памяти, а для любого канала связи между задачами (между ЦВМ) – канала связи одного и того же типа.

На основании этих данных и сведений об используемой элементной базе вначале необходимо определить полную исходную функциональную графовую модель структуры БЦВС, вершинами отражающей функциональные целевые подсистемы исправной БЦВС и дугами – связи между функциональными подсистемами. Для этой модели также должны быть разработаны текущие функциональные графовые модели для допустимых траекторий самоуправляемой функциональной деградации БЦВС вплоть до перехода БЦВС в состояние безопасного останова с обеспечением возможности, при необходимости, выполнения последующих действий в БЦВС, находящейся в состоянии безопасного останова, по восприятию указаний из внешней среды о дальнейших действиях БЦВС и возможности последующего выполнения этих указаний.

Полная исходная обобщенная структурная графовая модель БЦВС отображает полностью исправную структуру БЦВС со всеми имеющимися в ней «холодными» и «горячими» запасами, в которой должна быть организована требуемая работающая полностью исправная проектируемая БЦВС.

Текущая исходная обобщенная структурная графовая модель БЦВС – это полная исходная обобщенная структурная графовая модель БЦВС, учитывающая текущее техническое состояние (структурную деградацию) этой БЦВС путем исключения элементов, относящихся к идентифицированным в состоянии отказа. *Текущая структурная конфигурация текущей функциональной графовой модели БЦВС* – это текущая функциональная графовая модель БЦВС, отображенная на текущую исходную обобщенную структурную графовую модель БЦВС. *Текущая реконфигурация БЦВС* – это выбор и реализация одной из возможных текущих структурных конфигураций текущей функциональной графовой модели БЦВС.

Для формирования текущей структурной конфигурации проектируемой БЦВС необходимо иметь, во-первых, текущую исходную обобщенную графовую структурную модель проектируемой сбое- и отказоустойчивой самореконфигурируемой самовосстанавливаемой БЦВС со сбое- и отказоустойчивостью на основе репликации задач и использования динамической избыточности. Эта текущая исходная обобщенная графовая структурная схема имеет полносвязный орподграф, представляющий текущую *вычислительную часть БЦВС* с вершинами, отображающими текущие исправные ЦВМ, с добавленными вершинами всех исправных абонентов, и дугами – возможность непосредственной передачи межмашинной информации между каждой парой ЦВМ (вершин), а также между каждой возможной парой (вершина абонента, вершина ЦВМ). Такая обобщенная графовая модель БЦВС обеспечивает свойство ее полной самореконфигурации – возможности отображения любой функциональной графовой модели БЦВС текущей деградации и всех требуемых для нее

функциональных графовых моделей траекторий возможной последующей деградации на *текущую исходную обобщенную структурную графовую модель БЦВС*, если это возможно.

Пусть проектируемая БЦВС должна решать множество $Z=\{Z_1, Z_2, \dots, Z_i\}$ взаимодействующих целевых задач, для каждой Z_i из которых должен быть сформирован комплекс K_i , решающий эту задачу на основе ее репликации. Обозначим через $|K_i|$ требуемое для комплекса K_i минимальное количество ЦВМ без учета вводимого горячего и холодного запасов, а через $|S_i|$ – количество запасных ЦВМ горячего и холодного запаса, добавляемых к этому комплексу K_i в соответствии с техническим заданием на проектирование рассматриваемой БЦВС. Тогда общее количество ЦВМ, включая запасные, в комплексе K_i будет составлять сумму $|K_i| + |S_i|$, а общее количество ЦВМ (вершин) в вычислительной части проектируемой БЦВС будет равно не менее $\sum_i^t (|K_i| + |S_i|)$.

Полная исходная обобщенная графовая структурная графовая модель проектируемой сбое- и отказоустойчивой самореконфигурируемой самовосстанавливаемой БЦВС со сбое- и отказоустойчивостью на основе репликации задач и использования динамической избыточности строится в виде полносвязного орподграфа, представляющего вычислительную часть БЦВС с не менее чем $\sum_i^t (|K_i| + |S_i|)$ вершинами, отображающими ЦВМ, и разнонаправленными дугами, отображающими возможность непосредственной передачи межмашинной информации между каждой парой ЦВМ (вершин), а также вершинами всех абонентов, каждая из которых отображает некоторого абонента, а все вершины абонентов отображают всех абонентов, и каждая вершина абонента связана парой разнонаправленных дуг с каждой вершиной ЦВМ вычислительной части проектируемой БЦВС. Текущее техническое состояние БЦВС учитывается в исходной обобщенной графовой структурной схеме БЦВС через исключение из нее вершин, соответствующих ЦВМ и абонентам, идентифицированных в состоянии отказа, и дуг, соответствующих симплексным или псевдосимплексным каналам связи, идентифицированных в состоянии отказа.

Архитектурный метод парирования проявлений допустимых совокупностей враждебных неисправностей в сбое- и отказоустойчивых самореконфигурируемых и самовосстанавливаемых многокомплексных БЦВС

Рассмотрим полносвязную систему, управляющую p абонентами A_1, A_2, \dots, A_p внешней среды, с отмеченной выше организацией межмашинных связей посредством передающих широкополосных каналов, содержащую s непересекающихся комплексов K_1, K_2, \dots, K_s , каждый K_t ($t=1, \dots, s$) из которых состоит не менее чем из четырех ЦВМ в соответствии с заданным уровнем сбое- и отказоустойчивости $\mu_t=1$ и требуемым количеством ЦВМ, равным $3\mu_t+1$, в полносвязном комплексе K_t . Каждая ЦВМ имеет собственный межмашинный канал широкополосной передачи сообщений как всем другим ЦВМ, так и всем абонентам внешней среды. Каждый абонент имеет собственный передающий широкополосный канал, обеспечивающий передачу сообщений от этого абонента в каждую ЦВМ системы. То есть, в рассматриваемой структуре передача сообщений из ЦВМ к абоненту осуществляется по тому же широкополосному передающему каналу, по которому передаются сообщения другим ЦВМ системы, а сообщение от каждого абонента всем ЦВМ системы передается по передающему широкополосному каналу связи этого абонента. Орграфовая модель рассматриваемой системы, вершинами отображающая ЦВМ и абоненты, а дугами – возможность непосредственной передачи сообщений, содержит полносвязный орподграф из всех вершин, соответствующих ЦВМ (между каждой парой вершин имеется пара разнонаправленных дуг), а также p вершин абонентов, каждая из которых связана парой разнонаправленных дуг с каждой вершиной, соответствующей ЦВМ.

Пусть каждое сообщение, переданное по любому передающему широкополосному каналу связи и поступающее по этому каналу связи в другие элементы системы (ЦВМ или абоненты), содержит все необходимые атрибуты для его идентификации и анализа этими элементами системы, запоминается в этих элементах и становится доступным в них для чтения и анализа непосредственно после его получения. Этим реализуется системный режим всеобщего «подслушивания» передаваемых в системе сообщений, когда общий трафик системы становится доступным для его анализа в каждой ЦВМ системы. Подобное подслушивание может быть реализовано в системе небольшого размера, например, применением протокола *MIL-STD-1553B* (ГОСТ 26765.52-87) за счет имеющегося в нем режима монитора. Реализация сбое- и отказоустойчивости в такой системе может потребовать значительных ресурсов этой системы, возможно, неприемлемых для некоторых систем реального времени. Однако ее анализ позволяет определить механизмы, требуемые для обеспечения сбое- и отказоустойчивости систем подобной архитектуры, и возможные ограничения, которые могут сделать эти механизмы более практичными.

Предположим, что все время работы рассматриваемой многокомплексной системы разбито на пронумерованные целевые циклы работы. Предлагаемый метод целевой сбое- и отказоустойчивой работы системы состоит в следующем. Предположим, что каждый r -й ($r=1, 2, \dots$) целевой цикл состоит из трех последовательных периодов: 1) абонентского внутрикомплексного периода, 2) периода межкомплексного взаимодействия, и 3) периода согласования и обработки системной диагностической

информации. Пусть каждой исправной ЦВМ системы известна структура этой системы и структура каждого из входящих в систему комплексов.

В абонентском периоде r -го целевого цикла каждая i -я ЦВМ каждого t -го ($t=1, \dots, s$) комплекса (обозначим ее через M_{it}), если это требуется, получает посредством алгоритма АРМ-1 [12] необходимую для этого комплекса входную информацию данного целевого цикла от заданных абонентов внешней среды, вычисляет достоверное значение требуемой выходной информации данного целевого цикла и передает эту информацию требуемым абонентам внешней среды, а также формирует одинаковую в каждой исправной ЦВМ M_{it} комплекса K_t диагностическую информацию: результат внутрикомплексного функционального диагностирования в виде логического выражения $(F)_t^{r,a}$ подозреваемой области враждебной неисправности, в своих терминах отображающего всевозможные одиночные враждебные неисправности данного комплекса, при каждой из которых возможно имеющее место поведение t -го комплекса в абонентском периоде данного r -го целевого цикла. В случае, когда в абонентском периоде проявлений неисправностей выявлено не было, выражение $(F)_{i/t}^{r,a} = 1$.

В периоде межкомплексного взаимодействия r -го целевого цикла каждая исправная i -я ЦВМ каждого t -го комплекса-получателя межкомплексного сообщения применяет метод АРМ-2 межкомплексного взаимодействия r -го целевого цикла, в котором каждая ЦВМ каждого комплекса-получателя принимает межкомплексное сообщение от каждой ЦВМ каждого комплекса-отправителя и посредством мажорирования этих сообщений, полученных от всех ЦВМ одного и того же комплекса-отправителя, вычисляет достоверное значение этого межкомплексного сообщения. Затем аналогично этому в алгоритме АРМ-1, в методе АРМ-2 каждая исправная ЦВМ каждого комплекса-получателя строит на основе построенных заранее выражений подозреваемых неисправностей, подобных таковым выражениям подозреваемых неисправностей в алгоритме АРМ-1, но учитывающих также возможность допустимых неисправностей ЦВМ из комплексов-отправителей, одинаковое во всех исправных ЦВМ данного комплекса-получателя логическое выражение $(F)_t^{r,e}$ всевозможных подозреваемых совокупностей враждебных неисправностей этого комплекса-получателя и всех его комплексов-отправителей, при каждой из которых могут иметь место имеющиеся фактические результаты каждого межкомплексного обмена данного t -го комплекса-получателя и всех его комплексов-отправителей в периоде межкомплексного взаимодействия r -го целевого цикла. При этом каждая исправная ЦВМ каждого комплекса-получателя строит конъюнкцию выражений $(F)_t^{r,a}$ и $(F)_t^{r,e}$, одинаковую во всех исправных ЦВМ этого t -го комплекса-получателя, которую преобразует к виду дизъюнкции конъюнкций, из которой исключает каждый терм, отображающий недопустимую совокупность неисправностей. В результате формируется логическое выражение подозреваемых неисправностей $(F)_t^{r,a,e}$, каждый терм которого определяет допустимую совокупность одиночных неисправностей одного или нескольких комплексов, а все термы – всевозможные такие допустимые совокупности, при каждой из которых возможно наблюдаемое поведение данного комплекса системы и в абонентском периоде, и в периоде межкомплексного обмена рассматриваемого r -го целевого цикла. Это выражение является диагностической информацией данного t -го комплекса в r -м целевом цикле для его абонентского периода и периода межкомплексного взаимодействия.

В периоде согласования и обработки системной диагностической информации (СДИ) r -го целевого цикла каждая исправная ЦВМ M_{it} каждого комплекса-получателя K_t ($t=1, \dots, s$) посредством предлагаемого алгоритма АРМ-3 получает от каждого другого q -го комплекса ($q=1, \dots, s$; $q \neq t$) системы его достоверную диагностическую информацию. Алгоритм АРМ-3 обеспечивает получение в ЦВМ M_{it} при помощи алгоритма АРМ-2 копии межзадачного сообщения (СДИ) $_{j/q}^{r,c}$ с системной диагностической информацией от каждой j -й ЦВМ M_{jq} каждого другого q -го ($q=1, \dots, s$; $t \neq q$) комплекса-отправителя, содержащего логическое выражение $(F)_q^{r,a,e}$ подозреваемых неисправностей, а также логическое выражение $(F)_{j/q}^{r-1,c}$ подозреваемых неисправностей и, во-первых, определяет достоверные значения этих логических выражений в виде логических выражений $(F)_q^{r,a,e}$ и $(F)_q^{r-1,c}$, которые будут одинаковыми во всех исправных ЦВМ M_i ($i=1, \dots, n$) системы, а, во-вторых, строит тем же способом, что и выражение $(F)_{i/t}^{r,e}$ в приведенном выше описании алгоритма АРМ-2, логическое выражение $(F)_q^{r,c}$ подозреваемых неисправностей для периода согласования и обработки системной диагностической информации (СДИ) r -го целевого цикла, одинаковое во всех исправных ЦВМ этого комплекса K_t . Затем каждая исправная ЦВМ $M_{i/t}$ каждого комплекса K_t ($t=1, \dots, s$) строит логическое выражение совокупностей подозреваемых враждебных неисправностей в виде конъюнкции выражений $(F)_q^{r-1,a,e}$ и выражений $(F)_q^{r-1,c}$ для каждого комплекса K_q ($q=1, \dots, s$) системы. Это выражение, приведенное к виду дизъюнкции конъюнкций с исключением из нее каждого термина, отображаемая совокупность неисправностей которого не удовлетворяет принятому критерию допустимости таких совокупностей, будет одинаковым во всех исправных ЦВМ системы и каждый терм этого выражения будет определять допустимую совокупность враждебных неисправностей системы, при которой возможно имеющее место поведение системы в $(r-1)$ -м целевом цикле ее работы, а все термы – всевозможные такие совокупности.

После этого в каждой исправной ЦВМ системы в соответствии с принятыми критерием программного сбоя ЦВМ и отказа передающего УС (например, идентификация сбоев некоторой ЦВМ в двух соседних целевых циклах), строится требуемое критерием логическое выражение всевозможных совокупностей подозреваемых программных сбоев ЦВМ и отказов передающих УС, при каждой из которых возможно имеющее место поведение системы в $(r-2)$ -м и $(r-1)$ -м целевых циклах системы.

Заключение

Приведенные обобщенные модели архитектурного уровня процесса проектирования по технологии «сверху-вниз» подсистемы диагностики, сбое- и отказоустойчивости многокомплексной БЦВС, а также архитектурный метод парирования проявлений допустимых совокупностей враждебных неисправностей в сбое- и отказоустойчивых самореконфигурируемых и самовосстанавливаемых многокомплексных БЦВС показывают, что проектирование такой подсистемы диагностики, сбое- и отказоустойчивости для многокомплексной БЦВС должно начинаться на самом верхнем, архитектурном уровне процесса проектирования этой БЦВС, проводимого по технологии «сверху-вниз», и на следующих ниже лежащих уровнях эти общие представления и предложения должны все более детализироваться и уточняться, чтобы на заключительном уровне процесса проектирования были получены все необходимые обоснованные аппаратно-программные решения.

В заключение необходимо отметить, что одновременность и согласованность во всех исправных ЦВМ многокомплексной системы результатов ее системного функционального диагностирования являются основой для гарантированной своевременности и согласованности возможно различающихся последующих действий всех исправных ЦВМ системы (что очень важно!) по ее автоматической реконфигурации, восстановлению целевой работы, самоуправляемой деградации или переходу в состояние безопасного останова. Научная область организации таких последующих действий для многокомплексных систем в условиях допустимости враждебных неисправностей пока проработана не полностью.

Другой важной открытой областью научных исследований является снижение вычислительной сложности предлагаемых методов и повышение их практической эффективности.

Литература

1. Kuhl J.G., Reddy S.M. Fault-tolerance considerations in large, multiple-processors systems//Computer. 1986. V.19. N3, P.56-67.
2. Генинсон Б.А., Панкова Л.А., Трахтенгерц Э.А. Отказоустойчивые методы обеспечения взаимной информационной согласованности в распределенных вычислительных системах//Автоматика и телемеханика. 1989.N10. С.5-25.
3. <https://ru.wikipedia.org>
4. <http://www.market-journal.com/metodyekonomiki/38.html>
5. Авиженис А. Отказоустойчивость - свойство, обеспечивающее постоянную работоспособность цифровых систем // ТИИЭР. 1978. Т.66. N10. С.5-25.
6. Barborak M., Malek M. The consensus problem in fault-tolerant computing // ACM Computing Surveys. 1993. V. 25. No. 2. Pp. 171-220.
7. Мамедли Э.М., Самедов Р.Я., Соболев Н.А. Метод локализации "дружественных" и "враждебных" неисправностей // Автоматика и телемеханика. 1992. №5. С.126-138.
8. Пархоменко П.П. О классификации понятий в области избыточности. - В кн.: Принципы обеспечения отказоустойчивости многопроцессорных вычислительных систем. М., Институт проблем управления. 1987,С.5-7.
9. Максимов В.И. Интеграция видов избыточности в отказоустойчивых системах управления. - В кн.: Принципы обеспечения отказоустойчивости многопроцессорных вычислительных систем. М., Институт проблем управления. 1987. С.74-80.
10. Каган Б.М., Мкртумян И.Б. Основы эксплуатации ЭВМ. М.: Энергоатомиздат. 1988.
11. Мамедли Э.М., Соболев Н.А. Механизмы операционных систем, обеспечивающие отказоустойчивость в управляющих многомашинных вычислительных системах // Автоматика и телемеханика. 1995. N8. С.3-63.
12. Лобанов А. В. Обнаружение и идентификация неисправностей в распределенных управляющих вычислительных системах с программно-управляемой сбое- и отказоустойчивостью // Автоматика и телемеханика. 1998. № 1. С. 155–164.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСА ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ В МНОГОЗАДАЧНОЙ
РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ МНОГОМАШИНОЙ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЫ

Ашарина И.В., Лобанов А.В.
АО «НИИ «Субмикрон», Москва, Зеленоград
asharinairina@mail.ru, lav@se.zgrad.ru

Рассматривается способ построения автоматической необслуживаемой многозадачной распределенной многомашиной вычислительной системы, выполняющей набор целевых функций, необходимых внешним пользователям этой системы. Система характеризуется параллельным выполнением большого количества целевых задач, исполняемых на отдельных цифровых вычислительных машинах и в совокупности обеспечивающих выполнение задаваемых извне пользователями функций.

Ключевые слова: сетевое управление, многопроцессорные системы, репликация задачи, отказоустойчивость, взаимное информационное согласование, динамическая избыточность.

The organization of interface for a fault-tolerance in multi-tasking distributed informational and control multi-computers system of the network structure. I.V. Asharina, A.V. Lobanov. JSC "Research Institute "Submicron", Moscow, Zelenograd.

Abstract

A method of constructing an automatic maintenance-free multitasking distributed multi-machine computing system that performs a set of target functions required by external users of this system is considered. The system is characterized by the parallel execution of a large number of target tasks performed on separate digital computers and in the aggregate providing the performance of functions set from the outside by users.

Keywords: network-centric control, multiprocessor systems, task replication, fault-tolerance, mutual information agreement, dynamic redundancy.

Программа "Цифровая экономика Российской Федерации", утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р, своей конечной, но все же, к сожалению, четко не сформулированной в Программе целью должна иметь автоматизацию на цифровой основе всех сторон положительной деятельности как отдельных граждан РФ и их организованных сообществ, так и общества РФ в целом. Такая всесторонняя, всепроникающая и всеобъемлющая автоматизация недостижима без создания и практического внедрения во все отрасли человеческой деятельности взаимосвязанных и взаимодействующих распределенных многомашиных систем сетевой структуры. Одной из таких распределенных многомашиных вычислительных систем является Интернет и, например, поисковая система Яндекс на его основе. Такой системой является, например, автоматизированная система управления (АСУ) атомной электростанцией, а также АСУ вооруженными силами.

В данной работе рассматривается автоматическая необслуживаемая (замкнутая) многозадачная распределенная многомашиная вычислительная система (PMBC), выполняющая набор целевых функций, необходимых внешним пользователям этой системы, которая характеризуется параллельным выполнением многих целевых задач, исполняемых на отдельных цифровых вычислительных машинах (ЦВМ) и в совокупности обеспечивающих выполнение задаваемых извне пользователями функций. Взаимодействие между этими целевыми задачами осуществляется путем обмена сообщениями между соответствующими ЦВМ по каналам связи между ними. Основой таких PMBC являются многомашиные вычислительные системы (MBC) сетевой структуры. Создание PMBC из-за их сложности является бесполезным и, более того, весьма опасным без теоретически обоснованного решения в них вопросов сбоя- и отказоустойчивости, а также информационной безопасности. Игнорирование или недостаточное внимание проектировщиков PMBC к этим вопросам обязательно приведет к появлению эффектов негативной эмерджентности, состоящих в трудно обнаруживаемом или объяснимом, либо вообще необнаруживаемом или необъяснимом ошибочном ее поведении или ошибочном результате. В данной работе предлагаются теоретически обоснованные решения, использующие репликацию задач: параллельное решение копий одной и той же задачи на нескольких ЦВМ, составляющих комплекс этой задачи, с обменом результатами между ними и выбором в каждой ЦВМ комплекса из полученных копий результатов правильного, в предположении, что только меньшая часть этих копий результатов может быть ошибочной.

Предлагается четырехуровневая архитектура PMBC. На нижнем, первом уровне располагаются отдельные ЦВМ с их аппаратно- программным обеспечением, обеспечивающим реализацию всех вышележащих архитектурных уровней PMBC.

На втором уровне находится подсистема системного самодиагностирования, осуществляющая также организацию подсистемы ведения единого системного времени РМВС. Кроме того функцией подсистемы системного самодиагностирования является создание диспетчерского комплекса формируемой РМВС. При этом вся анализируемая исходная совокупность ЦВМ и каналов связи между ними, а также между ЦВМ и внешней средой, предназначенная для реализации требуемой РМВС, рассматривается как исходная система (ИС), обладающая необходимыми качествами (допустимым количеством неисправных элементов, наличием подсистемы единого системного времени, физической нумерацией всех ее элементов) для ее системного самодиагностирования, определения всех исправных и неисправных элементов (ЦВМ и каналов связи между ними, а также каналов связи между ЦВМ и внешней средой) и формирования начальной конфигурации РМВС. Подсистема системного диагностирования начинает действовать при начальном включении ИС и ее диагностирующие механизмы строят в каждой исправной ЦВМ из ИС при помощи механизмов взаимного информационного согласования одинаковые таблицы технического состояния исходной системы (ТСИС) с указанием всех исправных ее элементов. Затем все исправные ЦВМ из ИС на основе информации из ТСИС согласованно выбирают одну и ту же группу исправных ЦВМ, которая, исходя из заданного для нее уровня требуемой сбое- и отказоустойчивости, является достаточной по количеству ЦВМ и связям между ними, а также между этими ЦВМ и внешней средой, (например, группу ЦВМ с младшими порядковыми номерами). Эта группа согласованно в ИС образует диспетчерский комплекс (ДК) формируемой РМВС, имеющий требуемый уровень своей сбое- и отказоустойчивости и являющийся четвертым, высшим архитектурным уровнем создаваемой РМВС. Затем созданному ДК передается управление действиями по дальнейшему формированию РМВС, а также по управлению этой РМВС в процессе ее целевой работы.

Первой задачей, решаемой ДК, является формирование всех необходимых комплексов целевых задач, которые составляют третий архитектурный уровень создаваемой РМВС. Это формирование, основанное на использовании необходимых структурно-диагностических, диагностических, алгоритмически-диагностических моделей, а также моделей процессов идентификации проявлений неисправностей, моделей процесса деградации РМВС и модели описания РМВС, включает, во-первых, выделение структур всех комплексов целевых задач, их внутрикомплексных и межкомплексных связей, соответствующих заданным уровням их сбое- и отказоустойчивости, и отображаемых в таблице рабочей конфигурации системы (ТРКС), хранимой в каждой исправной ЦВМ создаваемой РМВС), во-вторых, сценариев и временных диаграмм внутрикомплексных и межкомплексных взаимодействий, в-третьих, определение всех необходимых алгоритмов внутрикомплексных и межкомплексных действий по реализации в создаваемой РМВС ее целевой работы, а также по созданию в РМВС интерфейса ее сбое- и отказоустойчивости и управлению работой этого интерфейса.

Суть интерфейса сбое- и отказоустойчивости РМВС состоит в реализации метода парирования допустимых неисправностей (получение правильных значений выходной информации РМВС на основе репликации решаемых задач в комплексах задач), а также использования динамической избыточности, обеспечивающей обнаружение и идентификацию проявлений допустимых неисправностей и их допустимых последовательностей как по месту их возникновения, так и по типу (сбой, программный сбой, отказ). При идентификации допустимых сбоев (эти сбои парируются за счет избыточного количества копий результатов и целевая работа комплекса продолжается) они одинаково фиксируются в ТРКС всех исправных ЦВМ данного комплекса и проверяется соответствие обнаруженных проявлений неисправностей заданным критериям программных сбоев или отказов идентифицированных элементов РМВС. Если обнаруженные проявления неисправностей некоторой ЦВМ соответствуют критерию ее программного сбоя, то исправные ЦВМ данного комплекса фиксируют в своих ТРКС программный сбой этой ЦВМ, осуществляют реализованную в системе возможность (аппаратную, программную или аппаратно-программную) ее изоляции и сообщают об этом в ДК. В свою очередь ДК определяет временной период, на который комплекс с неисправностью может быть исключен из целевой работы РМВС, например, приостанавливая целевую работу некоторой части РМВС, и передает комплексу указание на проведение им в этот период восстанавливающих действий, состоящих в восстановлении в памяти восстанавливаемой ЦВМ необходимой информации из памяти других исправных ЦВМ комплекса и затем втягивания этой ЦВМ в совместную с другими исправными ЦВМ комплекса целевую работу.

Комплекс после положительного или отрицательного завершения всех этих действий по восстановлению сообщает результаты в ДК, который предпринимает последующие необходимые действия по восстановлению целевой работы всей РМВС. В случае идентификации отказа ЦВМ в некотором комплексе диспетчерский комплекс предпринимает все необходимые действия по реконфигурации этого комплекса или путем включения в него запасной ЦВМ или, при отсутствии таковой, по переводу этого комплекса на целевую работу со сниженным уровнем его сбое- и отказоустойчивости. Такое взаимодействие в процессе реализации интерфейса сбое- и

отказоустойчивости РМВС верхнего архитектурного уровня ДК с нижележащим архитектурным уровнем целевых комплексов обеспечивает самоуправляемую деградацию РМВС вплоть до ее критического уровня с последующим переходом в режим безопасного останова РМВС и сообщения об этом ее внешнему пользователю.

Целевая работа РМВС и ее взаимодействие с реализуемым в этой РМВС интерфейсом сбое- и отказоустойчивости, кратко и частично описанные выше, должны основываться на теоретически доказанных методах и механизмах по системному самодиагностированию РМВС, парированию допустимых проявлений неисправностей с их идентификацией по месту возникновения и по типу (сбой, программный сбой, отказ), реконфигурации РМВС и восстановления целевой работы РМВС при сбоях и программных сбоях, самоуправляемой деградации РМВС при отказах, переходом в режим безопасного останова РМВС при исчерпании запасных ресурсов РМВС или возникновении недопустимых совокупностей неисправностей или недопустимых последовательностей таких совокупностей. Сложность этих методов и механизмов, а также их теоретического обоснования напрямую зависит от принимаемой при этом модели неисправностей элементов РМВС. Из всех известных и используемых моделей неисправностей наиболее общей является модель враждебной неисправности, при которой поведение неисправной ЦВМ может быть полностью произвольным, неодинаковым по отношению к другим ЦВМ РМВС и даже подобным злонамеренному. При этом обоснованные методы и механизмы защиты от враждебных неисправностей будут гарантировано защищать и от неисправностей всех других моделей. Такие теоретически обоснованные методы построения механизмов сбое- и отказоустойчивых РМВС в условиях возможности возникновения враждебных неисправностей имеются и приводятся в работах прилагаемого списка литературы.

Описанная работа создаваемой сбое-и отказоустойчивой РМВС может быть достигнута только при многоуровневой организации исполняющих ее механизмов. На нижнем уровне находятся базовые механизмы, обеспечивающие сбое- и отказоустойчивые синхронизацию и взаимное информационное согласование выполняемых вычислительных процессов. На следующем уровне находятся основные механизмы парирования неисправностей и динамического резервирования: репликации задач, тестового и функционального диагностирования, восстановления после сбоев и программных сбоев, самореконфигурации и самоуправляемой деградации при отказах. Все остальные механизмы организации параллельного выполнения взаимодействующих целевых задач, планирования многозадачных режимов работы комплексов, построения их временных диаграмм и т. п. составляют следующий уровень механизмов системы, полностью опирающийся на нижележащие уровни. При этом весьма желательно, чтобы для разработчиков механизмов последнего уровня механизмы нижележащих уровней были как можно более скрыты.

Применение модели враждебной неисправности требует использования в создаваемой РМВС значительной аппаратной, программной и временной избыточности, и снижение этой избыточности при сохранении теоретической обоснованности принимаемых архитектурно-алгоритмических, аппаратных и программных решений является актуальным направлением дальнейших научных исследований. Другим актуальным направлением научных исследований в области создания рассматриваемых РМВС является построение и всесторонние исследования макетного образца такой РМВС с целью получения практических оценок принимаемых алгоритмических, аппаратных и программных решений. Кроме того, создание макетного образца РМВС потребует разработки среды и технологий практической отработки и испытаний макетного образца РМВС, что само по себе является открытой весьма важной и сложной научно-технической проблемой.

Литература

1. Лобанов А.В., Ашарина И.В., Гришин В.Ю., Сиренко В.Г. Макетный образец высокоадаптивной распределенной сетцентрической многокомплексной сбое- и отказоустойчивой управляющей системы – актуальная проблема// Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2018. Т. 10. № 1. С. 48–55.

2. Ашарина И.В., Лобанов А.В. Построение алгоритмов системного взаимного информационного согласования в системах управления группировками КА ДЗЗ и сокращение их временной избыточности // Специальный выпуск журнала "Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ", М: АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2017. – 196 с., стр. 45-54.

3. Ашарина И.В., Лобанов А.В., Гришин В.Ю., Сиренко В.Г. Проблемы создания живучих сетцентрических систем управления группировками космических аппаратов // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции ИНФО-2017. / под.ред. С.У. Увайсова – Москва: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2017, 720с. ISSN 2500-1248 Стр. 325-332.

4. Ашарина И.В., Лобанов А.В. Выделение комплексов, обеспечивающих достаточные структурные условия системного взаимного информационного согласования в многокомплексных системах // Автоматика и телемеханика. 2014. № 6. С. 115-131.
5. Ашарина И.В., Лобанов А.В. Выделение структурной среды системного взаимного информационного согласования в многокомплексных системах // Автоматика и телемеханика. 2014. № 8. С. 146-156.
6. Ашарина И.В., Лобанов А.В. Взаимное информационное согласование в неполносвязных гетерогенных многомашинных вычислительных системах // Автоматика и телемеханика. 2010. № 5. С. 133-146.
7. Лобанов А.В. Модели замкнутых многомашинных вычислительных систем со сбое- и отказоустойчивостью на основе репликации задач в условиях возникновения враждебных неисправностей // Автоматика и телемеханика. 2009. № 2. С. 171-189.
8. Сиренко В.Г. Метод локализации “враждебных” неисправностей в многомашинных вычислительных системах // Известия вузов. Электроника. 2006. № 3. С.38-43.
9. Сиренко В.Г. Функциональное диагностирование процессов посылки информации в вычислительных системах при неизвестном исходном значении передаваемой информации”. Автоматика и телемеханика. 2005. № 11. С. 135-154.
10. Лобанов В.А., Гришин В.Ю., Сиренко В.Г. Распределенное системное диагностирование враждебных неисправностей в неполносвязных многомашинных вычислительных системах. // Автоматика и телемеханика. 2005. № 2. С. 148-157.
11. Лобанов А.В. Взаимное информационное согласование с обнаружением и идентификацией враждебных неисправностей в неполносвязных многомашинных вычислительных системах // Автоматика и телемеханика. 2003. № 6. С. 175-186.
12. Лобанов А.В., Ашарина И.В., Мищенко И.Г. Взаимное информационное согласование в неполносвязных многомашинных вычислительных системах // Автоматика и телемеханика. 2003. № 5. С. 190-198.
13. Лобанов А.В., Сиренко В.Г., Гришин В.Ю. Взаимное информационное согласование в многомашинных вычислительных системах с обнаружением и идентификацией кратных враждебных неисправностей // Автоматика и телемеханика. 2003. № 4. С. 123-133.
14. Лобанов А.В., Сиренко В.Г., Гришин В.Ю. Функциональное диагностирование в распределенном системном диагностировании многомашинных вычислительных систем // Автоматика и телемеханика. 2002. № 1. С. 152-158
15. Лобанов А.В. Организация сбое- и отказоустойчивых вычислений в полносвязных многомашинных вычислительных системах // Автоматика и телемеханика. 2000. № 12. С.138-146.
16. Лобанов А.В., Сиренко В.Г. Распределенные методы системного диагностирования // Автоматика и телемеханика. 2000. № 8. С. 165-172.
17. Лобанов А.В. Обнаружение и идентификация “враждебных” неисправностей путем одновременного сочетания функционального и тестового диагностирования в многомашинных вычислительных системах // Автоматика и телемеханика. 1999. №1. С. 159-165.
18. Лобанов А.В. Организация сбое- и отказоустойчивой работы двухкомплексной многомашинной вычислительной системы. // Автоматика и телемеханика. 1998. № 2. С. 143-152.
19. Лобанов А.В. Обнаружение и идентификация неисправностей в распределенных управляющих вычислительных системах с программноуправляемой сбое- и отказоустойчивостью // Автоматика и телемеханика. 1998. № 1. С. 155-164.
20. Лобанов А.В. Синхронизация и взаимное информационное согласование // Программирование. 1997. № 2. С. 76-80.
21. Лобанов А.В. Процессы восстановления и управляемая деградация в многомашинных отказоустойчивых вычислительных системах // Электронная техника. Сер.3. Микроэлектроника-М. ЦНИИ “Электроника”. Вып.1(151). 1997. С. 35-41.
22. Лобанов А.В. Распределенное мажорирование информации с обнаружением и идентификацией неисправностей // Автоматика и телемеханика. 1997. № 1. С. 145-149.
23. Лобанов А.В. Взаимное информационное согласование с идентификацией неисправностей на основе глобального синдрома // Автоматика и телемеханика. 1996. № 5. С. 150-159.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИЛОСНОГО ХРАНИЛИЩА МУКИ

Орманбекова А.А., Джунисбеков М.Ш., Тургынбеков Е.С.
Таразский Государственный университет им. М.Х.Дулати, г.Тараз
+77011315559, ainura.alibekovna@mail.ru

Статья посвящена исследованию разработки системы автоматического управления хранения муки в силосах. Силосное хранение способствует внедрению автоматического контроля и управления, что обеспечивает более оперативное смешивание сортов муки и ингредиентов для формирования заданного ассортимента и качества, снижает степень заражения продукции насекомыми-вредителями и облегчает борьбу с ними. Достоинства и преимущества данного способа хранения очевидны. Однако до сих пор имеются затруднения, связанные со слеживанием и водообразованием, которые препятствуют свободному выпуску продукции из силосов. Предотвратить или ослабить эти явления можно применяя современные средства автоматизации.

Ключевые слова: силос, контроллер, терморегулятор, регулятор, мука, автоматизация.

Automation of silous storage of flour. Ormanbekova A.A., Dzhunisbekov M.Sh., Turgynbekov Y.S. Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Republic of Kazakhstan.

The article is devoted to the investigation of the development of the automatic control system for the storage of flour in silos. Silo storage facilitates the introduction of automatic control and control, which ensures more rapid mixing of varieties of flour and ingredients to form a given range and quality, reduces the level of infection of products by insect pests and facilitates the fight against them. The advantages and advantages of this method of storage are obvious. However, there are still difficulties associated with caking and water formation, which prevent the free production of products from silos. To prevent or weaken these phenomena can be using modern means of automation.

Keywords: silo, controller, thermoregulator, regulator, flour, automation.

Автоматизация складов бестарного хранения муки одновременно предусматривает полностью автоматизированное весовое дозирование, а также учет жидких компонентов и сыпучих продуктов, оснащение весов автомобильных и производственных бункеров.

Автоматизированная система управления силосного хранения муки обеспечивает: соблюдение технологии при транспортировке сырья и производства готового продукта за счет максимального исключения влияния человеческого фактора; получение качественной смеси с заданными показателями; автоматическое дозирование муки; автоматическая поддержка и контроль уровня в производственных бункерах; оптимизация работы линии дозирования и транспортных систем; контроль над состоянием технологического оборудования; отображение технологического процесса и его параметров на экране; обработку аварийных и внештатных ситуаций и своевременное предупреждение оператора о них; учет сырья, которое транспортируется; накопление данных о состоянии компонентов сырья и его расхода;

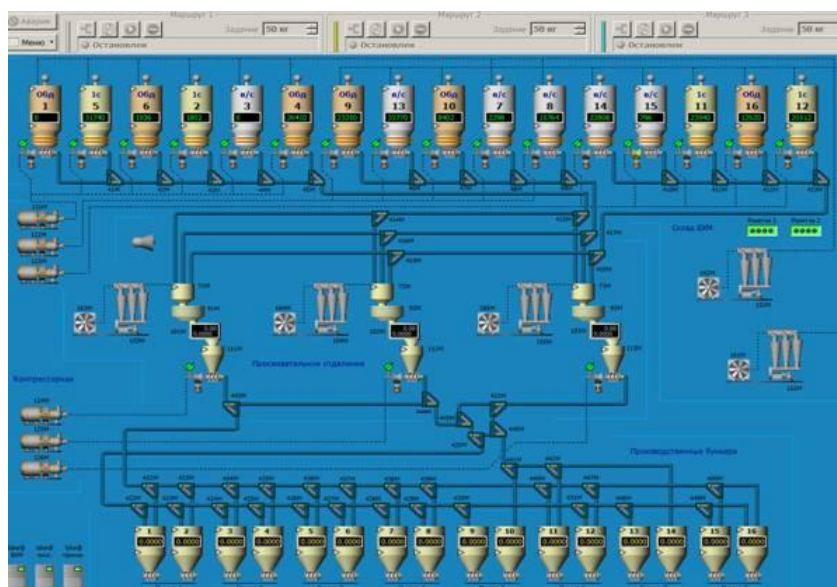


Рисунок 1 - Визуализация автоматизации складов хранения муки

Выбор элементов. Регулирование температуры - контроллер «PSTAB» является специализированным прибором, реализованным на базе универсального контроллера «РТ200Е», предназначенным преимущественно для управления системами, имеющих значительную инерциальность к изменению температуры (например, трубопроводы большого диаметра, емкости большого размера и т.д.). Контроллер PSTAB поддерживает установленную температуру контролируемого объекта, тратя при этом ровно столько электроэнергии, сколько это необходимо. «PSTAB» стабилизирует температуру обогреваемого объекта на требуемом уровне, исключая ее резкие колебания от минимальной до максимальной. Контроллер «PSTAB» состоит из электронного блока управления с четырьмя встроенными реле (8 А макс) укомплектованного датчиком температуры воздуха и датчиком температуры обогреваемой поверхности. На лицевую панель прибора выведен ж/к дисплей с подсветкой и четыре кнопки управления. Датчики температуры представляют собой цифровые термометры, помещенные в герметичный корпус. Принцип работы контроллера заключается в регулировании мощности обогрева в зависимости от температуры окружающего воздуха. Мощность регулируется путем квантования единицы времени на время, когда обогрев включен и время, когда обогрев выключен, согласно расчетной величине в процентах. За единицу времени берется 1 час. Вычисление текущего процента требуемой мощности осуществляется по температурно-мощностной кривой, граничные условия которой задаются пользователем.



Рисунок 2 - Контроллер PSTAB

Кроме того, контроллер осуществляет дополнительный независимый контроль за температурой трубы с целью предотвращения выхода температуры за установленный диапазон.

Технические характеристики

- Допустимая температура окружающего воздуха от +5 до +50°C
- Максимальная относительная влажность воздуха (при +35°C) 80%
- Электропитание ~ 220 +10% / -11% В 50 Гц
- Максимально допустимый ток нагрузки через контакты реле 8 А
- Диапазон регулирования температуры от -50 до +120°C

Терморегулятор РТ320 предназначен для управления системами поддержания температуры. Диапазон регулирования температуры устанавливается пользователем в интервале от 5° до 35°C. Терморегулятор может использоваться в ситуации, когда Прибор постоянно контролирует температуру при помощи внешнего датчика. В случае если текущее значение температуры вписывается в установленный температурный диапазон, регулятор коммутирует встроенное реле или управляемые пускатели. Если значение температуры выходит за пределы установленного температурного диапазона, контакты реле размыкаются.



Рисунок 3 - Терморегулятор РТ320

Регулятор оснащен системой световой индикации: при наличии питающего напряжения и включении обогрева загорается зеленый/красный светодиод. Монтируется в шкафу управления на стандартную DIN-рейку.

Технические характеристики

- Пределы регулирования температуры: от +5° до + 35°С
- Максимальный ток нагрузки: 16 А
- Напряжение питания: ~ 220 В (+10% / -15%) 50 Гц
- Масса: 110 г
- Габариты (ВхШхГ): 35 х 90 х 58 мм
- Датчик температуры*: терморезистор
- Длина соединительного кабеля датчика: до 2 м

Регуляторы давления SPC. Воздушный редуктор с манометром от компании SPC предназначен для регулирования давления воздуха в пределах 0,5 ÷ 9,5 бар. Общий диапазон производительности сжатого воздуха, в зависимости от выбранной модели, может колебаться в пределах от 0,3 м³/мин до 10 м³/мин.



Рисунок 4 - Регуляторы давления SPC

В конструкции всех редукторов заложена возможность фиксации регулировочной ручки, что предохраняет устройство от случайного сбоя настроек, установленных оператором. Предназначен для подключения датчиков во взрывоопасных зонах. Использован в качестве многозонного регулятора, многопороговой сигнализации.



Рисунок 5 - Универсальный измеритель-регулятор восьмиканальный ОВЕН ТРМ138В

Схема автоматизации силосного хранения муки. Все операции с связанные с хранением и перевозкой продукции в таре (затаривание, укладка и штабеля, разборка штабелей, загрузка в транспорт и т.д.) связаны как с большими расходами на приобретение, ремонт и доставку в тары, так и с потерями при ее перевозках. Бестарное хранение муки в силосах и перевозка муки позволяют избавиться от данных недостатков и получить значительную экономию, также улучшаются санитарно-гигиенические условия и увеличивается производительность труда. Схема силосного хранения и отпуска муки очень проста (рис. 28). Мука проходит через автоматические весы и при помощи цепного конвейера или аэрожелоба направляется в склад бестарного хранения, где ее размещают в силосах. В бункерах для промежуточного хранения измеряются уровень для предотвращения переполнения бункера, также предусмотрено автоматическое управление задвижкой бункера. В основном бункере предусмотрено автоматическое поддержание уровня муки в бункере, температуры и влажности зерна. Из силосов муку с помощью конвейеров направляют в разгрузочное устройство. Качество муки в силосе проверяет производственно-технологическая лаборатория. Для улучшения хранения муки в силосах предусматривается ее аэрация. Для этого к нижней части силосов подведены трубы, по которым внутрь силоса подается воздух, температура и давление которого поддерживается при помощи соответствующих регуляторов.

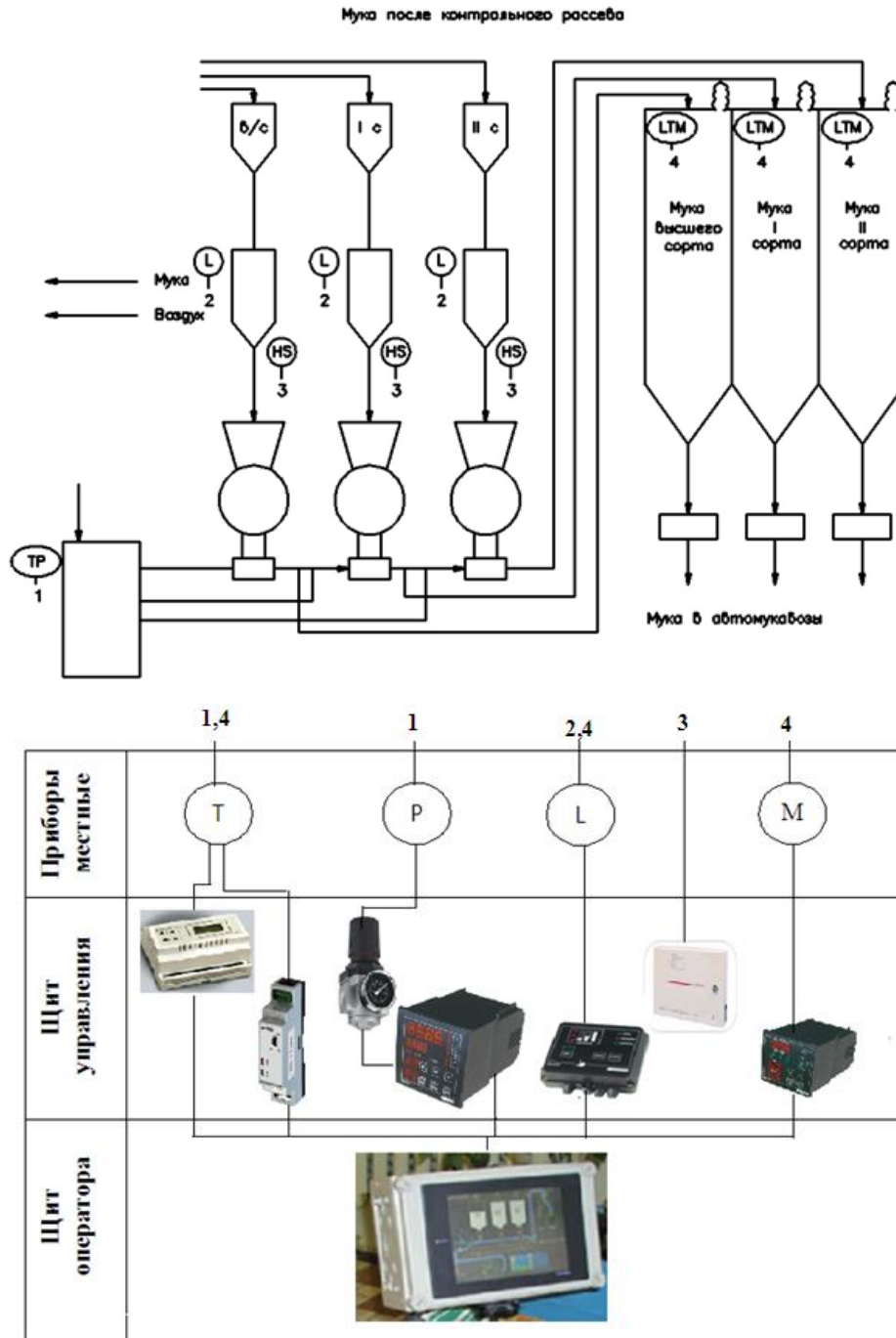


Рисунок 6 – Схема бестарного хранения муки

Система автоматического управления ленточным весовым дозатором. Основные параметры дозатора. Производительность дозатора определяется из условия

$$Q_d = qv_T b, \quad (1.1)$$

где: q – погонная нагрузка в кг/м; v_T – скорость транспортера в м/сек; Q_d – производительность дозатора в кг/сек.

Так как

$$q = \frac{P_T}{L_T},$$

то имеем

$$Q_d = 3.6 \frac{P_T}{L_T} v_T \quad (1.2)$$

Грузоприемный ленточный транспортер соответственно его скорости v_T и рабочей длине L_T характеризуется определенным временем нахождения на нем материала, действующего с усилием P_T , пропорциональным его массе, т.е. определенной постоянной времени, которую определяют из условия

$$(Q_n - Q_d) = k \frac{dP_T}{dt}, \quad (1.3)$$

где

$$Q_n = Q(t);$$

$$Q_d = Q(t - \tau),$$

здесь Q_n , Q_d – соответственно производительность питателя и дозатора; Q – возмущающее воздействие или изменение производительности; T – время запаздывания или время прерывания материала на ленте транспортера; t – текущее время; $\frac{dP_T}{dt}$ – скорость изменения нагрузки на весовом транспортере.

Поэтому ленточным весовым дозаторам присуще определенное запаздывание между моментом изменения производительности питателя и истинной производительностью дозатора.

Основной принцип действия ленточного дозатора состоит в поддержании регулятором постоянной производительности и определяется зависимостью вида $Q_n = \text{const}$.

Так как величина производительности питателя и, следовательно, производительности дозатора определяется по величине весовой нагрузки P_T на транспортере, непосредственно воспринимается весовым датчиком, то в установившемся режиме будет

$$Q_n = Q_d = \frac{P_T}{L_{загр}} v_T \quad (1.4)$$

или

$$Q_d = \frac{P_T}{L_{загр}} \cdot \frac{L_T}{t} = k P_T \quad (1.5)$$

где: $\frac{P_T}{L_{загр}} = q$ – погонная нагрузка на транспортере; $L_{загр}$ – загруженный участок транспортера;

k – коэффициент с размерностью в сек^{-1} , ($k = \frac{L_T}{L_{загр} t}$).

Поэтому производительность дозатора Q_d пропорциональна нагрузке материала на транспортере. Условия (1.4) и, следовательно (1.5), справедливы в случае постоянной скорости транспортера:

$$v_T = \text{const}.$$

Величину расчетной погонной нагрузки определяют исходя из величины заданной максимальной производительности дозатора Q_{max} :

$$P_T = \frac{Q_{\text{max}} L_T}{v_T} v_T; \quad (1.6)$$

$$q = \frac{Q_{\text{max}}}{v_T}$$

а весовую нагрузку на транспортере – из условия $P_T = Q_t$

Время τ пребывания материала на транспортере в секундах находится из условия

$$\tau = \frac{L_T}{v_T}.$$

Время τ должно быть минимальным, а для устойчивой работы дозатора не более 10–12 сек. Величина нагрузки на транспортере по найденному значению погонной нагрузки найдется из выражения

$$P_T = q L_T$$

В некоторых случаях для оценки весового расхода дозатора для различных сыпучих материалов

целесообразно исходить из величины максимальной объемной производительности $Q_{об}$ дозатора:

$$Q_{об} = \frac{Q_{\max}}{\gamma}. \quad (1.7)$$

Скорость транспортера v_T определяется из условия

$$v_T = \frac{Q_{\max} L_T}{P_T}.$$

Необходимая ширина ленты транспортера определяется в зависимости от производительности дозатора Q_d и характера расположения материала на ленте транспортера.

В соответствии с рисунком 3.6, а, в случае расположения материала на ленте по параболе ширина ленты $b=2a$, площадь сечения F и высота материала h равняются соответственно:

$$F = \frac{2}{3}bh,$$

где

$$h = \frac{b}{4}f = \frac{a}{2}f,$$

откуда

$$F = \frac{b^2}{6}f = \frac{2}{3}a^2f$$

Так как производительность транспортера

$$Q=3600\gamma Fv \text{ т/ч}, \quad (1.8)$$

где: γ – объемная масса в т/м³; F – площадь сечения материала в м²; v – скорость транспортера в м/сек; f – коэффициент трения, тогда

$$Q = 3600 \frac{b^2 \gamma f}{6} = 3600 \frac{2}{3} \gamma a^2 v,$$

откуда

$$b^2 = 4a^2 = \frac{60}{3600\gamma f}$$

Рабочая ширина ленты принимается равной не более $0.8b$. В случае расположения материала на ленте по параболе со срезанным сверху сегментом площадь сечения будет определяться выражением:

$$F = \frac{2}{3}f(a^2 - a_0^2) \quad (1.9)$$

где: $f=\text{tg } \alpha$ – коэффициент трения материала; a_0 – половина ширины лотка вибропитателя; a – половина ширины основания материала на ленте.

Подставляя в формулу (4.9) значение F из формулы (4.8), найдем

$$\frac{Q}{3600\gamma v} = \frac{2}{3}f(a^2 - a_0^2)$$

откуда

$$2a = \sqrt{\frac{6Q}{3600\gamma Fv}}$$

По типу выпускавших дозаторов разработан ряд типоразмеров унифицированных дозаторов для

сыпучих материалов на базе токовой системы регулирования, состоящих их трех групп дозаторов по ширине ленты с вибрационными питателями.

На базе токовой системы управления создан ряд дозаторов с унифицированными силоизмерительными датчиками, с постоянной и переменной скоростью ленты грузоприемного транспортера.

Получение наилучшего переходного процесса и расширение области устойчивости системы автоматического регулирования дозатора при различных настройках регулятора достигается при

возможно наибольшем отношении $\frac{\tau_2}{\tau_1}$, где τ_2 – время нахождения материала на транспортере –

постоянная времени, а τ_1 – время прохождения материала по лотку – чистое запаздывание. Постоянная времени τ_2 определяется отношением длины транспортера L_T к его скорости V_T

$$\tau_2 = \frac{L_T}{V_T}$$

Увеличение τ_2 за счет удлинения транспортера приводит к нежелательному увеличению габаритных размеров дозатора, а уменьшение τ_1 ограничивается габаритными размерами вибропитателя и физико–механическими характеристиками движения по лотку дозируемого материала.

В данной работе приводится анализ и расчет дозаторов, звенья которых образуют контуры регулирования. Каждое звено, входящее в структурную схему, имеет свою передаточную функцию, отражающую зависимость между изображениями (по Лапласу) входного и выходного сигналов. Определенный порядок связи между звеньями соответствует характеру их связей в реальном дозаторе.

После составления структурной схемы для всего объекта в целом выводится общая передаточная функция разомкнутой системы, по которой производится дальнейший расчет. Порядок расчета системы регулирования состоит в следующем. Определяются расширенные амплитудно – частотные и фазо – частотные характеристики разомкнутой системы без регулятора (по каналу от исполнительного механизма до датчика производительности включительно).

Литература

1. Карпов Б.А. «Технология послеуборочной обработки и хранения зерна». Москва: Агропромиздат, 2000. – 657с.
2. Чеботарев В.А., Шаззо А.Ю., Мартыненко Я.Ф. Технология муки, крупы и комбикормов: учебное пособие. – М.; Ростов н/Д: Март, 2004. – 686с.
3. Сенькин Е.Г., Егоров М.И., Мельников Н.К.. – Технология мукомольных процессов - М.: Агропромиздат, 2000. – 170с.
4. Гафнер Л.А. Основы мукомольного производства: учебное пособие. – М.: Агропромиздат, 2000. – 223 с.
5. Егоров Г.А. Технология муки. Технология крупы: учеб. для вузов. – М.: Колос, 2005. – 602 с.

СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Проскуряков А.Ю.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
+7 (910) 777-80-50, alexander.prosk.murom@gmail.com

В работе рассмотрены алгоритмы прогнозирования изменений параметров непрерывных функций и временных рядов, имеющих место на интервале, называемом горизонт предсказания. Показаны ограниченные возможности методов декомпозиции эмпирических процессов и методы параметрического прогнозирования, основанные на представлении временного ряда обобщенным многочленом по системе линейно независимых функций. Рассмотрены алгоритмы прогноза, основанные на моделях авторегрессии. Рассмотрены вопросы нахождения оценок прогноза посредством минимизации функции потерь. Исследован метод обобщения алгоритма прогноза с помощью линейной модели, представленной функциональными рядами или ИНС.

Ключевые слова: временной ряд, прогнозирование, многослойный персептрон, авторегрессия; искусственная нейронная сеть, трехслойный персептрон прямого распространения, функциональный ряд.

The system of forecasting of time series in information and communication technologies. Proskuryakov A.Y. Murom Institute (branch) of "Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nickolay Grigoryevich Stoletovs".

In this paper, various classes of algorithms for predicting changes in the parameters of continuous functions and time series that occur in the interval called the prediction horizon are considered. The limited possibilities of methods of decomposition of processes into empirical modes and parametric prediction methods based on the representation of the time series by a generalized polynomial in a system of linearly independent functions are shown. The method of generalizing the forecasting algorithm using a linear model represented by functional series or artificial neural network (ANN) is investigated.

Keywords: time series, forecasting, multilayer perceptron; autoregression, artificial neural network, three-layer perceptron of direct propagation, functional series.

Задача прогнозирования заключается в нахождении будущих значений временного ряда или непрерывного процесса на интервале, называемом горизонтом предсказания [1, 2], в рамках которого обеспечивается необходимая точность (или погрешность) решения задачи. Для непрерывных процессов – это интервал $(t, t + \tau]$, который для временного ряда, записывается как $(n, n + N]$. t и nT – текущие моменты времени, T – период дискретизации. Как правило, прогнозирование в задачах подобного рода осуществляется по значениям временного ряда или процесса на конечном, предшествующем, интервале $[t - T, t]$ времени.

Для прогнозирования изменения значений функции разработан алгоритм обучения искусственной нейронной сети (таблица 1). Он выполняется на нейронной сети, построенной по принципу многослойного персептрона прямого распространения [4].

Таблица 1 – Алгоритм обучения многослойного персептрона прямого распространения

Этап обучения	Алгоритм
Определение выходов (прямой проход)	$\mathbf{y}_j = \begin{pmatrix} (\mathbf{w}_{j1}^T \mathbf{y}_{j-1} + w_{j0}^j) \\ (\mathbf{w}_{j2}^T \mathbf{y}_{j-1} + w_{j0}^j) \\ \vdots \\ (\mathbf{w}_{jp_j}^T \mathbf{y}_{j-1} + w_{j0}^j) \end{pmatrix}, \quad j = 1, 2, \dots; \quad y_0 = C_m.$
Определение ошибок (обратный проход)	$\mathbf{e}_{j-1} = \mathbf{W}_j \Phi_j \mathbf{e}_j, \quad e_j = \overline{\varphi(s_j)} - y_j,$ $s_j = \mathbf{W}_j^T \mathbf{y}_{j-1} + w_{j0} = (s_{j1}, s_{j2}, \dots, s_{jp_j})^T, \text{ где } \mathbf{W}_j = (w_{j1} \ w_{j2} \ \dots \ w_{jp_j}) -$ <p style="text-align: center;">матрица весовых синаптических коэффициентов.</p>
Коррекция синаптических коэффициентов	$w_{jl}(k+1) = w_{jl}(k) - \alpha h_{jl}(s_{jl}) e_{jl} y_{j-1},$ $w_{j0}(k+1) = w_{j0}(k) - \alpha \Phi_j e_j,$ $\Phi_j \equiv \text{diag} \left(\frac{\partial \overline{\varphi(s_{j1})}}{\partial s_{j,1}}, \frac{\partial \overline{\varphi(s_{j2})}}{\partial s_{j,2}}, \dots, \frac{\partial \overline{\varphi(s_{jp_j})}}{\partial s_{j,p_j}} \right) = \frac{\partial \overline{\varphi(s_j)}}{\partial s_j}$ $h_{jl}(s_{jl}) = \frac{\partial \overline{\varphi(s_{jl})}}{\partial s_{jl}},$ <p style="text-align: center;">α – шаг настройки, выбирается в диапазоне $0 < \alpha < 1$.</p>

Структурная схема, реализующая нейросетевое прогнозирование изменений значений параметров функции с её предварительной вейвлет-обработкой, представлена на рис. 1 [5].

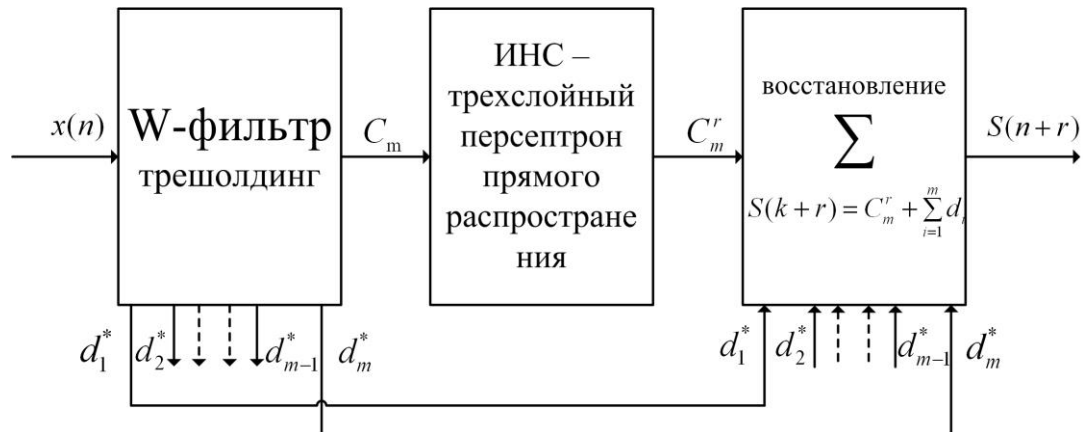


Рисунок 1 – Структурная схема нейросетевого прогнозирования изменений значений функции

Как видно из рис.1, система прогнозирования, реализованная на трехслойном персептоне прямого распространения, формирует временной ряд $x(n)$ отсчетов значений экономических параметров. Аналогично могут быть исследованы непрерывные функции, либо временные ряды данных, отображающие информацию изменения параметров различных процессов для решения задач прогнозирования в информационно-управляющих системах.

Входные сигналы в виде непрерывной функции $x(t)$ или дискретной функции в виде временного ряда $x(n)$ подаются на W-фильтр предварительной обработки вейвлет-преобразованием. В W-фильтре формируются аппроксимирующие коэффициенты C_i , вычисленные по формуле

$$C_i = \frac{1}{p} C_{i-1} \varphi_i(2^i t - n),$$

где $\varphi_i(2^i t - n)$ – скейлинг-функция, $p = 2^{i/2}$ – коэффициент ортонормирования, обеспечивающий единичную норму скейлинг-функции, d_i – детализирующие коэффициенты i -го уровня вейвлет-разложения, вычисленные по формулам

$$d_1 = \frac{1}{p} x(n) \psi_1(2t - n),$$

$$d_i = \frac{1}{p} \sum_{i=2}^m C_{i-1} \psi_i(2^i t - n),$$

где $\psi_i(2^i t - n)$ – вейвлет-функция [7,9].

Ошибки прогноза определяются соответствием размера входного слоя ИНС характерной величине интервала временного ряда, по которому можно восстановить его динамику (рис. 2) [2].

Результаты моделирования, приведенные на рис.2., получены с учетом использования гиперболической функции активации.

Согласно результатам, изображенным на рис.2, можно сделать вывод, что большее число нейронов входного слоя позволяет увеличить точность прогнозирования. Для сети с шестьюдесятью четырьмя нейронами входного слоя может быть принят горизонт предсказания в диапазоне от десяти до двадцати (рис. 2 а, б). В случае 200 сенсорных нейронов (рис. 2 с, д), он увеличивается до ста. При этом отмечается, что точность прогнозирования зависит не только от числа нейронов входного слоя, но и от продолжительности скользящего временного окна и числа выборок сигнала на этом периоде.[6]

Существующие методы прогнозирования временных рядов и непрерывных процессов характеризуются большим разнообразием, что, в свою очередь, обусловлено большим разнообразием задач. Так, велико число работ по методам прогноза, основанным на идеях декомпозиции процессов по эмпирическим модам (метод EMD) [3]. Однако данный подход применим, как правило, только при условии, что наблюдаемый процесс представлен небольшим числом составляющих.

Метод параметрической регрессии, используемый в ряде задач аппроксимации, обладает недостатком, заключающимся в возможности возникновения неконтролируемой ошибки на интервале прогнозирования, особенно при высоком порядке прогнозирующей функции.

Особый интерес в плане прогнозирования связан с представлением временных рядов моделями авторегрессии и нейронными сетями. В работе показано, что в рамках модели авторегрессии прогноз на несколько шагов вперед зависит от коэффициентов модели нелинейным образом. При этом задачу прогноза, состоящую в нахождении коэффициентов модели посредством минимизации целевой функции, можно решить итерационным методом. Поэтому интерес представляют рекуррентные и другие

сети с обратными связями. В данной работе рассмотрены искусственные нейронные сети, в частности рассмотрены нейронные сети на персептроне прямого распространения. В работе получены уравнения функционирования и обучения искусственной нейронной сети в матричной форме, получен алгоритм обратной подстановки, с помощью которого можно увеличить глубину прогноза. Результат моделирования и применения разработанного алгоритма заключается в повышении эффективности прогнозирования изменений значений функций по показателям длительности и погрешности получения прогноза, а также быстродействия, адаптивности системы при изменяющихся условиях. Дополнительным эффектом является также возможность гибкого изменения архитектуры нейронной сети в случае изменения требований на длительность прогноза.

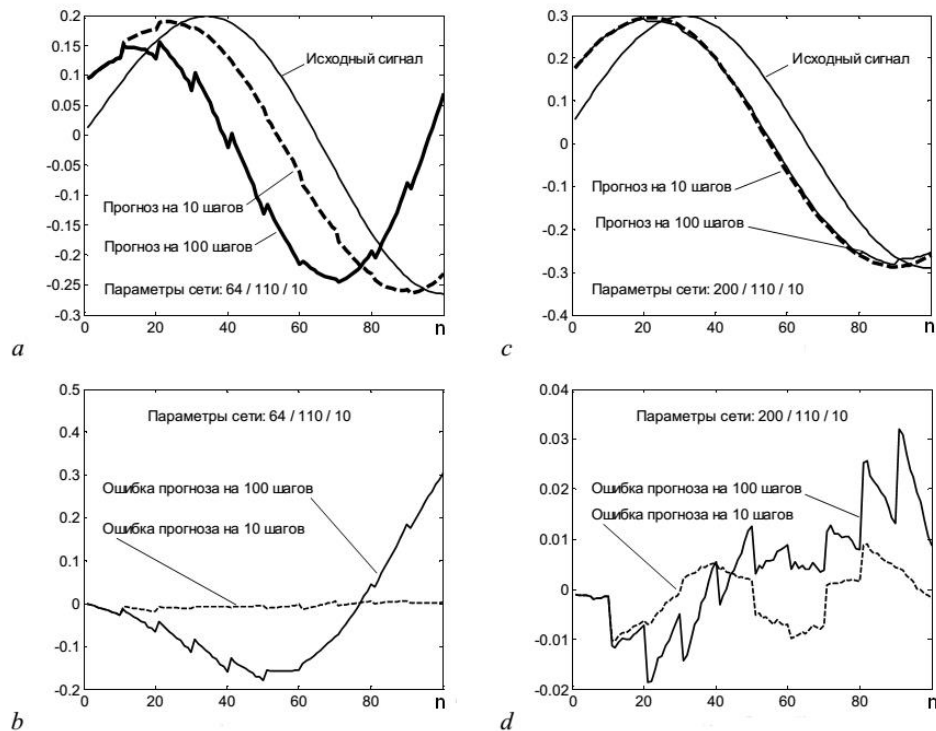


Рисунок 2 – Результаты и ошибки прогноза при различных размерах сенсорного слоя

Построенная структурная схема (рис.1) для осуществления нейросетевого прогнозирования временных рядов с предварительной вейвлет-обработкой позволяет обеспечить наиболее эффективный и своевременный мониторинг исследуемых процессов, например, в цифровых информационных или телекоммуникационных системах управления и обмена данными.

Литература

1. Кравцов, Ю.Н. Случайность, детерминированность, предсказуемость // Успехи физических наук. – 1989. – Т. 158, Вып. 1. – С. 93 – 122.
2. Ермолаев, В.А. О методах прогнозирования временных рядов и непрерывных процессов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2016. – №2. – С.52-63.
3. Huang, N.E. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis / Huang N.E., Shen Z., Long S.R., Wu M.C., Shin H.H., Zheng Q., Yen N.-C., Tung C.C., Liu H.H. // Proc. R. Soc. Lond. A – 1998, 454. – P. 903 – 995.
4. Ермолаев, В.А. Нейрокомпьютерные системы. Учебное пособие для студентов образовательной программы 230105.65 Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем / В.А. Ермолаев, А.Ю. Проскуряков – Муром: Изд.полиграфический центр МИ ВлГУ, 2011. – 120 с.
5. Проскуряков, А.Ю. Алгоритмы автоматизированных систем экологического мониторинга промышленных производств / А.Ю. Проскуряков, А.А. Белов, Ю.А. Кропотов // Монография. М.-Берлин: Директ-Медиа. – 2015. – 121 с.
6. A. Proskuryakov. Intelligent System for Time Series Forecasting. XII International Symposium Intelligent Systems 2016, INTELS 2016, 5-7 October 2016, Moscow, Russia. Procedia Computer Science. [http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2017.01.122] Volume 103, 2017, Pages 363–369.

7. A. Proskuryakov. Forecasting the change in the parameters of time series and continuous functions. *Procedia Engineering*. № 201, 2017. 3rd International Conference “Information Technology and Nanotechnology”, ITNT-2017

8. Кропотов, Ю.А. Обработка и прогнозирование временных рядов в цифровых системах телекоммуникаций и информационных системах управления / Ю.А. Кропотов, А.А. Белов, А.Ю. Проскуряков // Вестник брянского государственного технического университета, 2017. – №4(57). – С.65-74.

9. Кропотов, Ю.А. Прогнозирование изменений параметров временных рядов в цифровых информационно-управляющих системах / Ю.А. Кропотов, А.А. Белов, А.Ю. Проскуряков // Системы управления, связи и безопасности. 2017. №2. С. 1-17.

10. Kropotov, Y.A. The method of reducing the noise influence and time-series samples fluctuations on the accuracy of information representation / Kropotov, Y.A., Belov, A.A., Proskuryakov, A.Y. // 1st Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies, MWENT 2018; National Research University "Higher School of Economics" Moscow; Russian Federation. Volume 2018-March, 12 April 2018, Pages 1-5.

СПЕКТРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА МАССОВЫХ ДЕФЕКТОВ ПОЛУСФЕРИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРНОГО ГИРОСКОПА

Халютин О.С.

ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт», МИРЭА
+7 (495) 255-36-35, contacts@xlab-ns.ru

Статья посвящена исследованию влияния конструктивных особенностей полусферического резонаторного гироскопа на его характеристики. Приведена математическая модель чувствительного элемента. Показаны результаты моделирования и проведен их краткий анализ.

Ключевые слова: полусферический резонаторный гироскоп, волновой твердотельный гироскоп, массовые дефекты, спектральная оценка, точность измерений.

Spectral Estimation of Mass Defects in Hemispherical Resonator Gyroscope. Khalyutina O. S. LLC “Experimental laboratory NaukaSoft”, MIREA

The paper is devoted to research of effect of hemispherical resonator gyroscope structural features on its characteristics. The mathematical model of a sensitive element is given. Results of simulation are shown and the short analysis is conducted.

Keywords: hemispherical resonator gyroscope, wave solid-state gyroscope, mass defects, spectral estimation, measurement accuracy.

Введение

Волновые твердотельные гироскопы (ВТГ), которые в США принято называть полусферическими резонаторными (ПРГ), наряду с лазерными (ЛГ) и волоконнооптическими (ВОГ), не относятся к классическому типу гироскопических приборов, в конструкции которых присутствует быстровращающийся ротор. Несмотря на то, что все приборы, основанные на иных физических принципах, чем классические, имеют некоторые улучшенные характеристики, каждый из них обладает своими недостатками и преимуществами [2, 3].

При условии сравнительно одинаковых массогабаритных и точностных характеристик главным свойством, отличающим ВТГ от ЛГ и ВОГ, является его высокая устойчивость к внешним воздействиям и различного рода перегрузкам и сохранение при этом своей работоспособности. В случае оптических гироскопов существует возможность изменения длины оптического пути, а вследствие этого и масштабного коэффициента, под механическим, температурным и другими воздействиями. Материалы, из которых стандартно изготавливают ВТГ, в частности кварцевое стекло, обладают стабильно высокими показателями механической прочности, термостойкости, малым коэффициентом теплового расширения.

Немаловажным параметром гироскопа является его энергоемкость, то есть величина потребляемой мощности, показатели которой для ВТГ являются одними из лучших. Еще один факт – скорость распространения волны в резонаторе ВТГ в разы больше, чем в оптических гироскопах, что дает возможность съема информации на низких частотах, а это, в свою очередь, упрощает электронную составляющую прибора. Другим преимуществом ВТГ является долгое время сохранения инерциальной информации в случае перебоя в электропитании. Нелинейность и дрейф выходного сигнала лазерного гироскопа, шумы фотоприемника и интерференционные шумы волоконно-оптического гироскопа и многие другие нюансы, связанные с конструкцией, физическими свойствами и принципами работы различных видов гироскопов, могут требовать больших материальных и технологических затрат. Это не

исключает наличие схожих проблем при работе с ВТГ. Однако, более глубокое изучение и, возможно, совершенствование этого прибора, могли бы дать результаты, ведущие к тому, что показатели стоимости изготовления, обслуживания, масса и габариты, точность и многие другие характеристики ВТГ позволили бы ему стать серьезным конкурентом для датчиков других типов.

Постановка задачи

Динамическая асимметрия или массовый дисбаланс чувствительного элемента является одним из существенных недостатков ПРГ, что приводит к расщеплению спектра частот, а значит к неустойчивой работе прибора. Негативное влияние конструктивных особенностей на характеристики резонатора устраняется посредством массовой балансировки. Методы балансировки обычно делят на две группы. К первой относятся способы удаления строго определенных масс в некоторых отдельных точках, которые являются технически сложными. Это делают, например, с помощью лазера. Ко второй же группе относится поверхностная обработка материала, например, химическое или ионное травление. В последнее время появилась возможность учета массовых дефектов непосредственно в алгоритмах обработки выходного сигнала чувствительного элемента. Это направление является одним из перспективных путей компенсации влияния дефектов с помощью управляющих воздействия на кромку полусферы. Для того чтобы в дальнейшем построить закон оптимального управления параметрами стоячей волны в гироскопе, необходимо иметь математическую модель, учитывающую поведение элементарных элементов полусферы, по которой и изучается влияние различных несовершенств резонатора на его амплитудно-частотную характеристику.

Исследования

Материал исследуемого резонатора, показанного на рисунке 1, – кварцевое стекло. В конструкцию резонатора вносилось изменение в виде цилиндрического углубления или выпуклости в «теле» резонатора. Возможны различные варианты его расположения по углам φ и θ (см. рисунок 1, а). На рисунке 1, б показан вид второй формы колебаний резонатора, которая чаще всего используется в качестве рабочей, так как является нижней собственной формой изгибных колебаний полусферического резонатора.

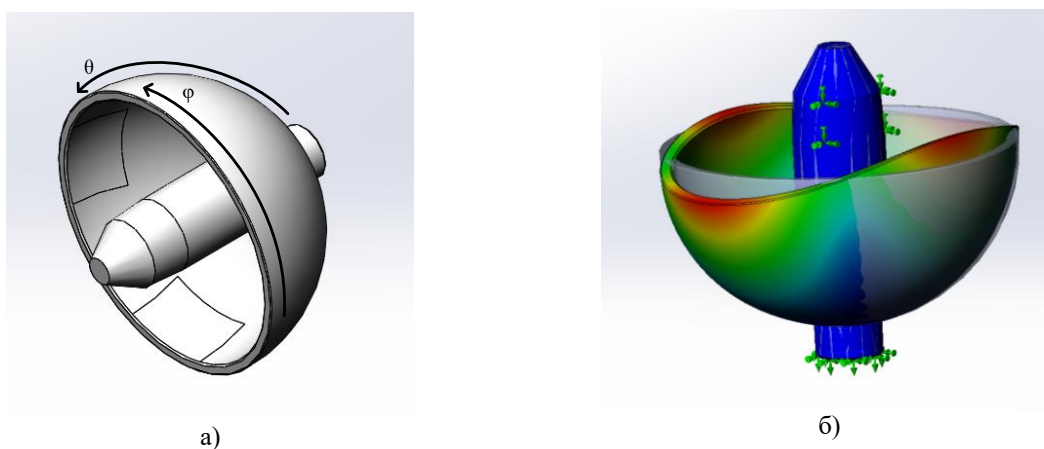


Рисунок 1 – Кварцевый резонатор: а – конструкция, б – эллиптическая форма изгибных колебаний

Известно, что вид дефекта и его расположение по поверхности резонатора влияют на характер выходного сигнала. В данной работе исследовано влияние величины дефекта на спектральную характеристику чувствительного элемента. Данное исследование наиболее удобно проводить на математической модели, учитывающей поведение совокупности элементарных объемов, на которые разбивается чувствительный элемент. Краткое описание такой модели приводится ниже. Наиболее полно эта модель изложена, например, в работах [4, 5].

Будем рассматривать математическую модель, учитывающую только изотропную среду. Получение математической модели полусферического резонаторного гироскопа осуществляется путем представления гироскопа в виде элементов среды и записи уравнений динамики для каждого из элементов среды, нормальных и касательных напряжений упругости и трения, а также условий на границе. Разбиение на элементы среды показано на рис. 2, а элемент среды – на рисунке 3.

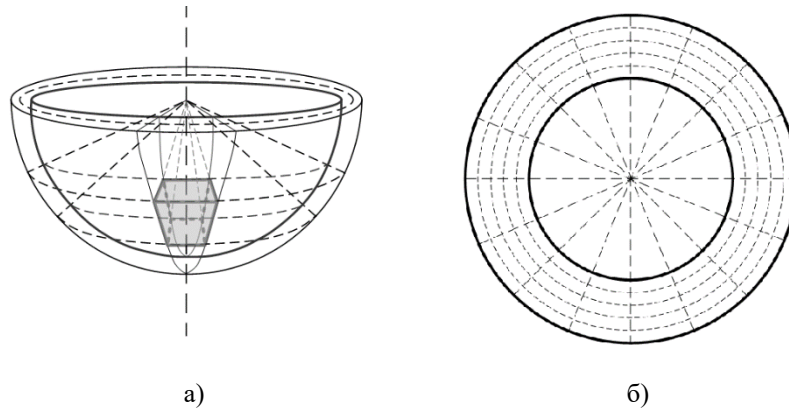


Рисунок 2 – Разбиение на конечные элементы. Размеры этого элемента выбираются из условия хорошей аппроксимации в пределах этого элемента плотности, модулей упругости и трения линейной зависимостью по пространственным координатам. На рис. 2, а. показан элемент среды в полусфере (толщина конечного элемента среды в общем случае не обязательно равна толщине стенки), а на рис. 2, б – вид этого разбиения сверху

Выражения для проекций удельных массовых сил инерции на оси сферической системы координат (см. рисунок 3) имеют вид:

$$g_R = (\omega^2 r \cos(\theta) - 2v_\psi \omega) \cos(\theta) - g \sin(\theta), \quad (1)$$

$$g_\theta = (-\omega^2 r \cos(\theta) + 2\omega v_\psi) \sin(\theta) - g \cos(\theta), \quad (2)$$

$$g_\psi = \frac{d\omega}{dt} r \cos(\theta) + 2\omega (v_R \cos(\theta) - v_\theta \sin(\theta)). \quad (3)$$

Разложения нормальных и касательных напряжений на составляющие упругости и трения:

$$\sigma_R = \sigma_R^y + \sigma_R^{tp}, \quad \sigma_\theta = \sigma_\theta^y + \sigma_\theta^{tp}, \quad \sigma_\psi = \sigma_\psi^y + \sigma_\psi^{tp}, \quad (4)$$

$$\tau_{R\theta} = \tau_{R\theta}^y + \tau_{R\theta}^{tp}, \quad \tau_{R\psi} = \tau_{R\psi}^y + \tau_{R\psi}^{tp}, \quad \tau_{\psi\theta} = \tau_{\psi\theta}^y + \tau_{\psi\theta}^{tp}, \quad (5)$$

$$\tau_{\theta\psi} = \tau_{\theta\psi}^y + \tau_{\theta\psi}^{tp}, \quad \tau_{\psi R} = \tau_{\psi R}^y + \tau_{\psi R}^{tp}, \quad \tau_{\theta R} = \tau_{\theta R}^y + \tau_{\theta R}^{tp}. \quad (6)$$

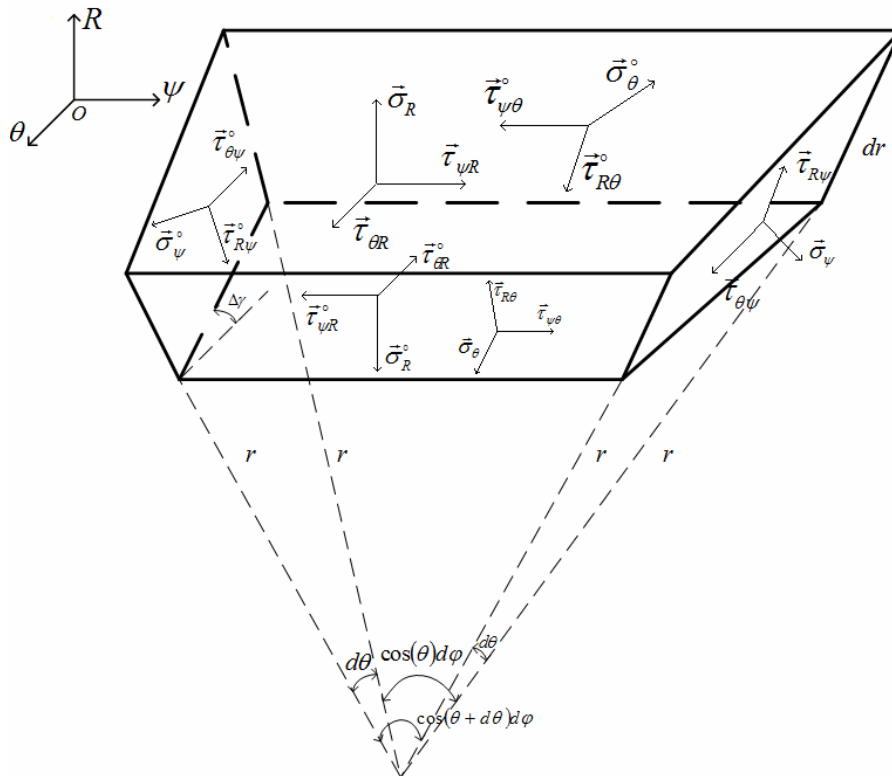


Рисунок 3 – Физически бесконечно-малый элемент сплошной среды твердотельного волнового гироскопа.

Объем этого элемента определяется критерием Кнудсена. В плоскостях, перпендикулярных осям \vec{R} и $\vec{\Theta}$, точки приложения соответствующих напряжений (нормальных и касательных) смещены от центра в целях, чтобы обозначения не сливались. На самом деле точки приложения этих напряжений в центре соответствующих плоскостей

Запишем уравнения второго закона Ньютона для элемента среды, получим, учитывая (1)–(6):

$$\rho \frac{dv_R}{dt} = \rho (\omega^2 r \cos(\theta) - 2v_{\psi\omega}) \cos(\theta) - \rho g \sin(\theta) + \frac{\partial \sigma_R^y}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_R^{TP}}{\partial r} + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial \tau_{R\Theta}^y}{\partial \theta} + \frac{\partial \tau_{R\Theta}^{TP}}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r \cos(\theta)} \left(\frac{\partial \tau_{R\Psi}^y}{\partial \phi} + \frac{\partial \tau_{R\Psi}^{TP}}{\partial \phi} \right) + \frac{2\sigma_R^y - \sigma_{\Theta}^y - \sigma_{\Psi}^y}{r} + \frac{2\sigma_R^{TP} - \sigma_{\Theta}^{TP} - \sigma_{\Psi}^{TP}}{r} - \frac{(\tau_{R\Theta}^y + \tau_{R\Theta}^{TP}) \sin(\theta)}{r \cos(\theta)}, \quad (7)$$

$$\rho \frac{dv_{\Theta}}{dt} = \rho (-\omega^2 r \cos(\theta) + 2\omega v_{\psi}) \sin(\theta) - \rho g \cos(\theta) + \frac{\partial \tau_{\Theta R}^y}{\partial r} + \frac{\partial \tau_{\Theta R}^{TP}}{\partial r} + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial \sigma_{\Theta}^y}{\partial \theta} + \frac{\partial \sigma_{\Theta}^{TP}}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r \cos(\theta)} \left(\frac{\partial \tau_{\Theta\Psi}^y}{\partial \phi} + \frac{\partial \tau_{\Theta\Psi}^{TP}}{\partial \phi} \right) + \frac{3\tau_{\Theta R}^y + 3\tau_{\Theta R}^{TP}}{r} + \left(\frac{\sigma_{\Psi}^y}{r} + \frac{\sigma_{\Psi}^{TP}}{r} \right) \sin(\theta) - \left(\frac{\sigma_{\Theta}^y}{r} + \frac{\sigma_{\Theta}^{TP}}{r} \right) \cos(\theta), \quad (8)$$

$$\rho \frac{dv_{\Psi}}{dt} = \rho \left(\frac{d\omega}{dt} r \cos(\theta) + 2\omega (v_R \cos(\theta) - v_{\Theta} \sin(\theta)) \right) + \frac{3(\tau_{\Psi R}^y + \tau_{\Psi R}^{TP})}{r} - \frac{(\tau_{\Psi\Theta}^y + \tau_{\Psi\Theta}^{TP}) \sin(\theta)}{r \cos(\theta)} + \frac{\partial \tau_{\Psi R}^y}{\partial r} + \frac{\partial \tau_{\Psi R}^{TP}}{\partial r} + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial \tau_{\Psi\Theta}^y}{\partial \theta} + \frac{\partial \tau_{\Psi\Theta}^{TP}}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r \cos(\theta)} \left(\frac{\partial \sigma_{\Psi}^y}{\partial \phi} + \frac{\partial \sigma_{\Psi}^{TP}}{\partial \phi} \right). \quad (9)$$

Для напряжений и их составляющих выполняется закон парности касательных напряжений:

$$\tau_{R\Psi}^y = \tau_{\Psi R}^y, \tau_{\Theta\Psi}^y = \tau_{\Psi\Theta}^y, \tau_{R\Theta}^y = \tau_{\Theta R}^y, \quad (10)$$

$$\tau_{R\Psi}^{TP} = \tau_{\Psi R}^{TP}, \tau_{\Theta\Psi}^{TP} = \tau_{\Psi\Theta}^{TP}, \tau_{R\Theta}^{TP} = \tau_{\Theta R}^{TP}. \quad (11)$$

Связь между смещениями и скоростями элемента среды имеет вид:

$$v_R = \frac{dS_R}{dt}, v_{\Theta} = \frac{dS_{\Theta}}{dt}, v_{\Psi} = \frac{dS_{\Psi}}{dt}, \quad (12)$$

где S_R , S_{Θ} , S_{Ψ} – проекции смещения элемента среды на оси \vec{R} , $\vec{\Theta}$, $\vec{\Psi}$ соответственно.

Рассмотрим теперь законы упругости и трения. Составляющие упругости определяются смещениями. Для изотропной среды уравнения для упругостей примут вид [1]:

$$\sigma_R^y = E^n (\varepsilon_R + \mu (\varepsilon_{\Theta} + \varepsilon_{\Psi})), \sigma_{\Theta}^y = E^n (\varepsilon_{\Theta} + \mu (\varepsilon_R + \varepsilon_{\Psi})), \sigma_{\Psi}^y = E^n (\varepsilon_{\Psi} + \mu (\varepsilon_R + \varepsilon_{\Theta})), \quad (13)$$

$$\tau_{R\Theta}^y = E^{\tau} \gamma_{R\Theta}, \tau_{R\Psi}^y = E^{\tau} \gamma_{R\Psi}, \tau_{\Psi\Theta}^y = E^{\tau} \gamma_{\Psi\Theta}, \quad (14)$$

где ε_R , ε_{Θ} , ε_{Ψ} – деформации растяжения/сжатия вдоль осей OR , $O\Theta$, $O\Psi$ соответственно; $\gamma_{R\Theta}$, $\gamma_{R\Psi}$, $\gamma_{\Psi\Theta}$ – деформации сдвига в плоскостях $OR\Theta$, $OR\Psi$, $O\Psi\Theta$ соответственно; E^n , E^{τ} – модули Юнга и сдвига соответственно; μ – коэффициент Пуассона. Связь деформаций со смещениями, как видно из рисунка 3, дается следующими уравнениями:

$$\varepsilon_R = \frac{\partial S_R}{\partial r}, \varepsilon_{\Theta} = \frac{1}{r} \frac{\partial S_{\Theta}}{\partial \theta}, \varepsilon_{\Psi} = \frac{1}{r \cos(\theta)} \frac{\partial S_{\Psi}}{\partial \phi}, \quad (15)$$

$$\gamma_{R\Theta} = \frac{1}{r} \frac{\partial S_R}{\partial \theta} + \frac{\partial S_{\Theta}}{\partial r}, \gamma_{R\Psi} = \frac{1}{r \cos(\theta)} \frac{\partial S_R}{\partial \phi} + \frac{\partial S_{\Psi}}{\partial r}, \gamma_{\Psi\Theta} = \frac{1}{r} \frac{\partial S_{\Psi}}{\partial \theta} + \frac{1}{r \cos(\theta)} \frac{\partial S_{\Theta}}{\partial \phi}. \quad (16)$$

Согласно (13)–(16), получим уравнения для упругости:

$$\sigma_R^y = E^n \left(\frac{\partial S_R}{\partial r} + \mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial S_{\Theta}}{\partial \theta} + \frac{1}{r \cos(\theta)} \frac{\partial S_{\Psi}}{\partial \phi} \right) \right), \sigma_{\Theta}^y = E^n \left(\frac{1}{r} \frac{\partial S_{\Theta}}{\partial \theta} + \mu \left(\frac{\partial S_R}{\partial r} + \frac{1}{r \cos(\theta)} \frac{\partial S_{\Psi}}{\partial \phi} \right) \right), \quad (17)$$

$$\sigma_{\Psi}^y = E^n \left(\frac{1}{r \cos(\theta)} \frac{\partial S_{\Psi}}{\partial \phi} + \mu \left(\frac{\partial S_R}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial S_{\Theta}}{\partial \theta} \right) \right), \tau_{R\Theta}^y = E^{\tau} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial S_R}{\partial \theta} + \frac{\partial S_{\Theta}}{\partial r} \right), \quad (18)$$

$$\tau_{R\Psi}^y = E^{\tau} \left(\frac{1}{r \cos(\theta)} \frac{\partial S_R}{\partial \phi} + \frac{\partial S_{\Psi}}{\partial r} \right), \tau_{\Psi\Theta}^y = E^{\tau} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial S_{\Psi}}{\partial \theta} + \frac{1}{r \cos(\theta)} \frac{\partial S_{\Theta}}{\partial \phi} \right). \quad (19)$$

Уравнения для трений аналогичны уравнениям для упругости, только вместо смещений там стоят скорости смещений [1]. Отсюда, аналогично (17)–(19):

$$\sigma_R^{tp} = G^n \left(\frac{\partial v_R}{\partial r} + \mu^* \left(\frac{1}{r} \frac{\partial v_\Theta}{\partial \theta} + \frac{1}{r \cos(\theta)} \frac{\partial v_\Psi}{\partial \varphi} \right) \right), \quad \sigma_\Theta^{tp} = G^n \left(\frac{1}{r} \frac{\partial v_\Theta}{\partial \theta} + \mu^* \left(\frac{\partial v_R}{\partial r} + \frac{1}{r \cos(\theta)} \frac{\partial v_\Psi}{\partial \varphi} \right) \right), \quad (20)$$

$$\sigma_\Psi^{tp} = G^n \left(\frac{1}{r \cos(\theta)} \frac{\partial v_\Psi}{\partial \varphi} + \mu^* \left(\frac{\partial v_R}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\Theta}{\partial \theta} \right) \right), \quad \tau_{R\Theta}^{tp} = G^\tau \left(\frac{1}{r} \frac{\partial v_R}{\partial \theta} + \frac{\partial v_\Theta}{\partial r} \right), \quad (21)$$

$$\tau_{R\Psi}^{tp} = G^\tau \left(\frac{1}{r \cos(\theta)} \frac{\partial v_R}{\partial \varphi} + \frac{\partial v_\Psi}{\partial r} \right), \quad \tau_{\Psi\Theta}^{tp} = G^\tau \left(\frac{1}{r} \frac{\partial v_\Psi}{\partial \theta} + \frac{1}{r \cos(\theta)} \frac{\partial v_\Theta}{\partial \varphi} \right), \quad (22)$$

где G^n , G^τ , μ^* аналогичны соответствующим E^n , E^τ , μ . Уравнения для упругостей (17)–(19) и трения (20)–(22) в общем случае нелинейны, т. е. коэффициенты E^n , E^τ , μ в общем случае зависят от деформаций, а коэффициенты G^n , G^τ , μ^* – в общем случае от деформаций и скоростей деформаций.

И наконец, рассмотрим теперь граничные условия. Для внутренней поверхности полусферы и обода в силу отсутствия напряжений имеем:

$$\text{при } r = R_{\text{внутр}} \quad \sigma_R^y + \sigma_R^{tp} = 0, \quad \tau_{\Theta R}^y + \tau_{\Theta R}^{tp} = 0, \quad \tau_{\Psi R}^y + \tau_{\Psi R}^{tp} = 0, \quad (23)$$

$$\text{при } \theta = 0 \quad \sigma_\Theta^y + \sigma_\Theta^{tp} = 0, \quad \tau_{R\Theta}^y + \tau_{R\Theta}^{tp} = 0, \quad \tau_{\Psi\Theta}^y + \tau_{\Psi\Theta}^{tp} = 0; \quad (24)$$

Для наружной поверхности в силу наличия напряжений на участках на ободу и в плоскости соприкосновения ножки с полусферой и отсутствия напряжений на других участках имеем:

$$r = R_{\text{внеш}}, \quad -\theta_{\text{возб}} \leq \theta \leq 0, \quad \varphi \in \varphi_{\text{инт}} \quad \sigma_R^y + \sigma_R^{tp} = p_{\text{возб}}(t), \quad \tau_{\Theta R}^y + \tau_{\Theta R}^{tp} = 0, \quad \tau_{\Psi R}^y + \tau_{\Psi R}^{tp} = 0; \quad (25)$$

$$r = R_{\text{внеш}}, \quad -\theta_{\text{возб}} \leq \theta \leq 0, \quad \varphi \notin \varphi_{\text{инт}} \quad \sigma_R^y + \sigma_R^{tp} = 0, \quad \tau_{\Theta R}^y + \tau_{\Theta R}^{tp} = 0, \quad \tau_{\Psi R}^y + \tau_{\Psi R}^{tp} = 0; \quad (26)$$

$$r = R_{\text{внеш}}, \quad -\theta_n < \theta < -\theta_{\text{возб}} \quad \sigma_R^y + \sigma_R^{tp} = 0, \quad \tau_{\Theta R}^y + \tau_{\Theta R}^{tp} = 0, \quad \tau_{\Psi R}^y + \tau_{\Psi R}^{tp} = 0; \quad (27)$$

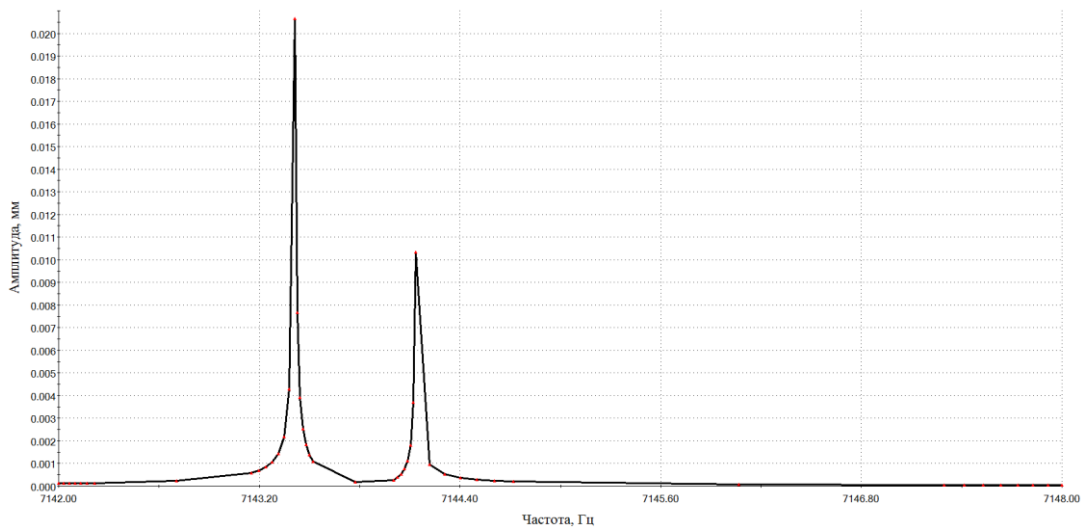
$$r = R_{\text{внеш}}, \quad \theta < -\theta_n \quad \sigma_R^y + \sigma_R^{tp} = \frac{mg}{S_n}, \quad \tau_{\Theta R}^y + \tau_{\Theta R}^{tp} = 0, \quad \tau_{\Psi R}^y + \tau_{\Psi R}^{tp} = \frac{2\pi J}{S_n^2} \frac{d\omega}{dt} R_{\text{внеш}} \cos(\theta), \quad (28)$$

где $R_{\text{внеш}}$, $R_{\text{внутр}}$ – внешний и внутренний радиусы полусферы; $p_{\text{возб}}(t)$ – величина возбуждающего воздействия на единицу площади; m – масса полусферы; J – момент инерции полусферы; S_n – площадь соприкосновения ножки с полусферой.

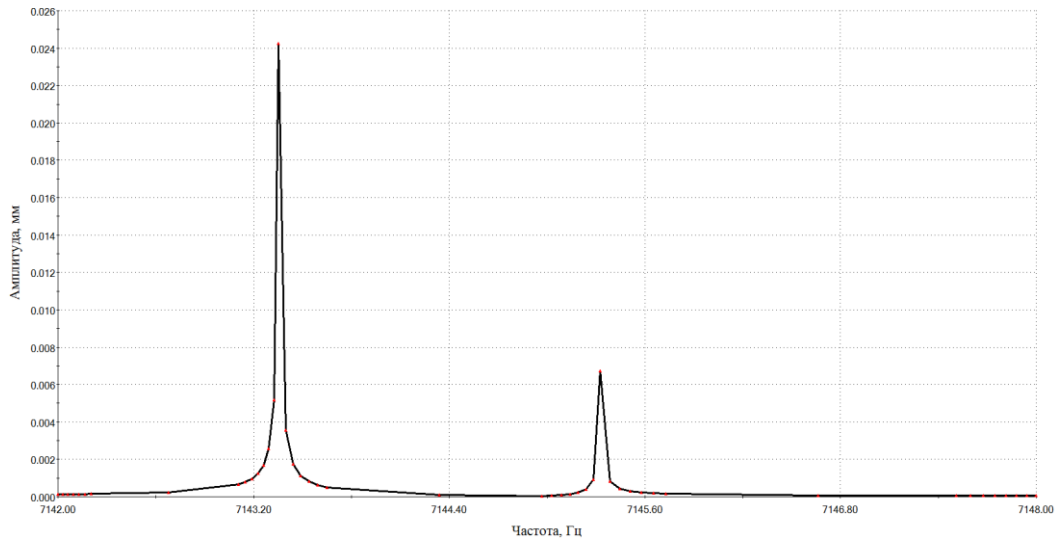
Итак, математическая модель представляет собой замкнутую систему (7)–(12), (15)–(28), описывающую колебания в полусферическом волновом гироскопе. Зная начальные условия, внешние возбуждения, можно получить колебания в любой точке гироскопа в любой момент времени и тем самым учесть любой массовый дефект.

Моделирование характеристик чувствительного элемента ПРГ проводилось в приложении Simulation пакета SolidWorks.

Результаты моделирования представлены на рисунках 4–6. Выходной сигнал резонатора с дефектом в частотной области представлен на рисунке 4, на котором изображены две резонансных частоты: одна для основного сигнала, а вторая для дополнительного при различных массовых дефектах.

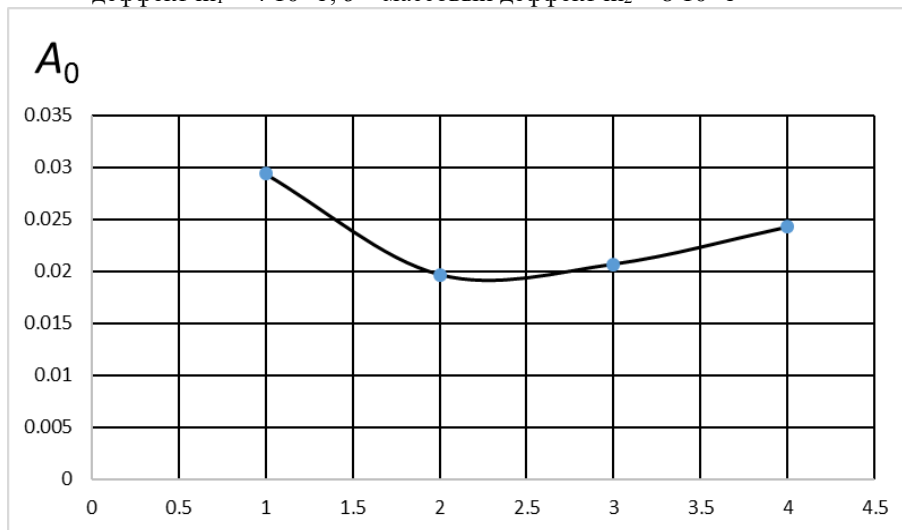


а)

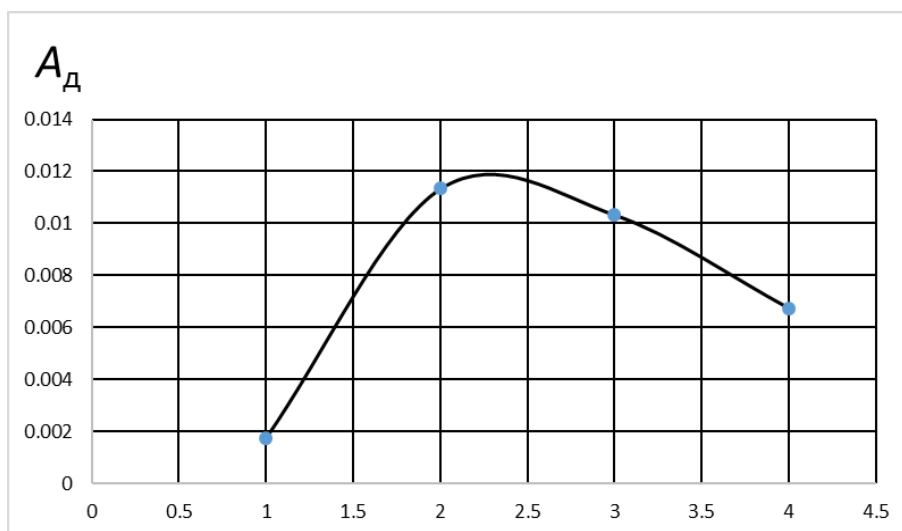


б)

Рисунок 4 – Зависимость АЧХ чувствительного элемента от величины массового дефекта: *a* – массовый дефект $m_1 = 4 \cdot 10^{-5}$ г, *б* – массовый дефект $m_2 = 8 \cdot 10^{-5}$ г



а)



б)

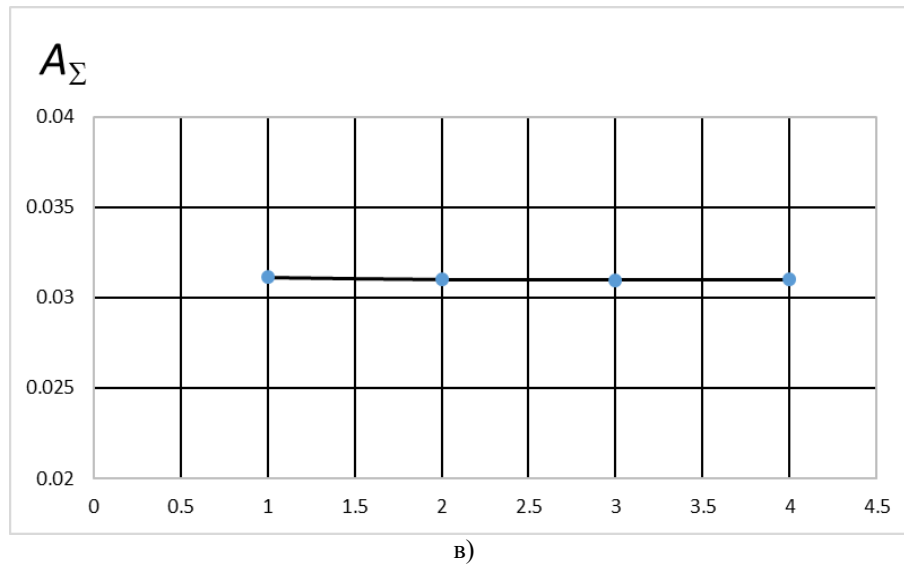


Рисунок 5 – Зависимость амплитуды АЧХ от относительной величины массового дефекта: *a* – для основного сигнала, *b* – для частоты, порожденной дефектом A_d , *в* – для суммарной амплитуды $A_{\Sigma} = A_0 + A_d$

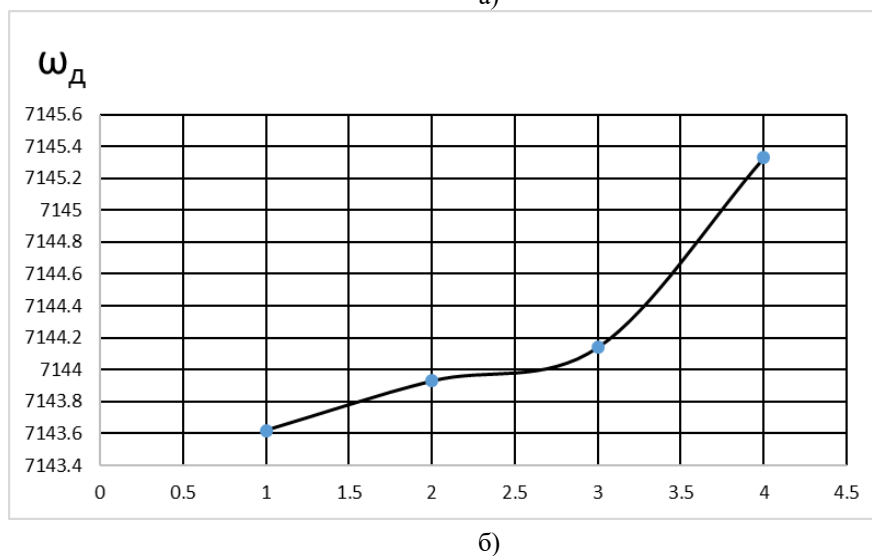
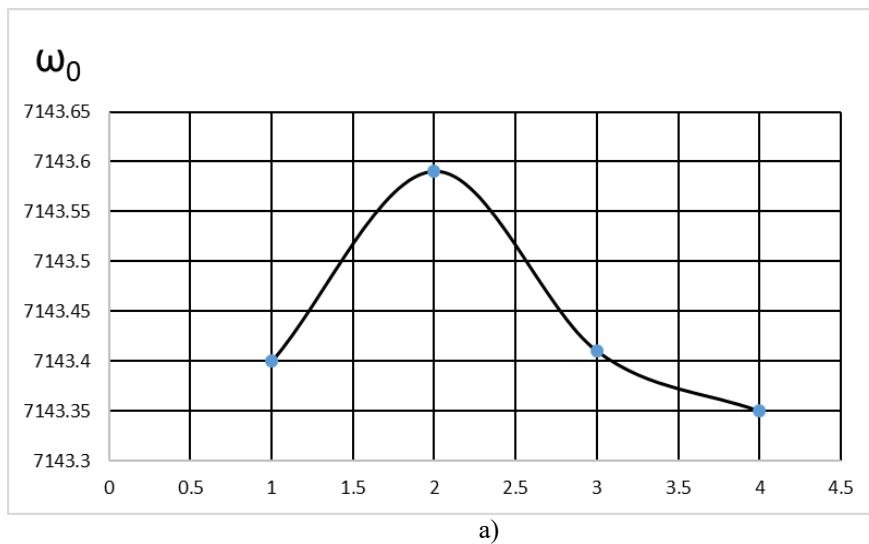


Рисунок 6 – Изменение от величины массового дефекта: *a* – резонансной частоты ω_0 основного сигнала, *б* – частоты ω_d , порожденной дефектом

На рисунках 5 и 6 изображены графики изменения резонансных амплитуд (рис. 5) и частот (рис. 6) в зависимости от величины массового дефекта. Заметим, что величина массового дефекта определяется в относительных единицах, причем \bar{m} соответствует $1 \cdot 10^{-5}$ г. Кроме того, здесь полагается, что величины углов φ и θ , характеризующих местоположение дефекта, фиксированы и соответственно равны: $\varphi = 30^\circ$ и $\theta = 0^\circ$.

Краткий анализ результатов моделирования показывает, что выходной сигнал $w(t)$ чувствительного элемента при дефектах носит устойчивый характер, что позволяет представить его в виде линейной совокупности основной составляющей w_0 и составляющей w_d , обусловленной наличием дефекта, т. е. $w = w_0 + w_d$. Также из рисунка 6, а следует, что при увеличении массы дефекта возрастает и величина резонансной частоты, что существенно упрощает ее алгоритмическую компенсацию.

Аналогичные исследования выполнены и для дефектов, расположенных в зависимости от углов φ и θ .

Заключение

Изложенная в работе методика численного моделирования характеристик ВТГ дает возможность определения влияния различных технологических дефектов, расположенных в любой части чувствительного элемента гироскопа. В настоящее время проводятся параметрические исследования, позволяющие определить совместное влияние различных дефектов чувствительного элемента на характеристики ВТГ.

Литература

1. А. И. Лурье. Теория упругости. М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1976. 304 с.
2. Журавлев В. Ф., Климов Д. М. Волновой твердотельный гироскоп. М.: Наука, 1985. 125 с.
3. Лунин Б. С., Матвеев В. А., Басараб М. А. Волновой твердотельный гироскоп. Теория и технология. М.: Радиотехника. 2014. 176 с.
4. Старостин И. Е., Халютина О. С., Моделирование полусферического резонаторного гироскопа с учетом толщины стенки // Сборник статей: Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н. Е. Жуковского. 2014. № 2. С. 344–349.
5. Starostin I. E., Khalyutina O. S. Mathematical modeling of the hemispherical resonator gyroscope // Collection of articles: Innovative information technologies. 2014. pp. 44–54

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЦЕН НА НЕФТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Хузиахметова Г.С., Мартынов В.В., Хайнрих К.*

Уфимский государственный авиационный технический университет, *Дрезденский технический университет

+7 (905) 180-30-68, vmartynov@rb.ru

В данной статье рассматриваются цены на нефть марки Brent за период с 2008 по 2018 гг. и марки Urals за период с 2017 по 2018 гг. Для проведения исследования, по результатам метода анализа иерархий, в качестве программного обеспечения выбрана платформа для интеллектуального анализа данных и статистического анализа RapidMiner. В ходе исследования построены три типа моделей прогнозирования цен на нефть: линейной регрессии (ЛР), метода опорных векторов (МОВ) и сверточной нейронной сети (СНС). Целью исследования является выбор алгоритма модуля прогнозирования системы поддержки принятия решений (СППР) при покупке и продаже нефти, который эффективно составляет краткосрочные прогнозы биржевых цен на нефть.

Ключевые слова: цена на нефть, временные ряды, информационные технологии прогнозирования, сверточная нейронная сеть, метод опорных векторов, машинное обучение, линейная регрессия.

Information technologies for forecasting oil prices using Machine learning. Khuziakmetova G.S., Martynov V.V., Heinrich K.* Ufa State Aviation Technical University, * Dresden University of Technology.

This article examines prices for Brent crude oil for the period from 2008 to 2018 and Urals crude oil for the period from 2017 to 2018. To conduct the research platform for data mining and statistical analysis RapidMiner (RM) was chosen as a software, based on the results of the hierarchy analysis method. During the study, three types of oil price forecasting models were constructed: linear regression, support vector machine, and convolutional neural network. The purpose of study is to select a forecasting module algorithm of the

decision support system (DSS) when buying and selling crude oil, which makes short-term forecasts of exchange crude oil prices effectively.

Keywords: crude oil price, time series, information technologies for forecasting, convolutional neural network, support vector machine, machine learning, linear regression.

Введение

Сегодня топливно-энергетический комплекс является одним из важнейших, устойчиво работающих и динамично развивающихся производственных комплексов российской экономики. На его долю приходится около четверти производства валового внутреннего продукта, трети объема промышленного производства, около половины доходов федерального бюджета, экспорта и валютных поступлений страны [1].

Наличие обширных нефтегазовых ресурсов – это естественное преимущество России перед другими государствами. Поэтому нынешние участники бирж и промышленные предприятия крайне заинтересованы в попытках спрогнозировать цену на нефть [2]. Важно приобрести её по минимальной цене, а реализовывать по максимальной, что в свою очередь требует применения эффективных инструментов для поддержки принятия решений при покупке и продаже нефти.

Типовые изменения цен активов длятся обычно не более нескольких дней, редко недель, поскольку возникшие ситуации быстро корректируются участниками рынка. Таким образом, для возможного извлечения выгоды из возникшей ситуации надо действовать быстро, и этим обычно пользуются финансовые менеджеры компаний, оперирующие денежными потоками.

Факторы, влияющие на цену на нефть

Основными факторами, способствующими росту цен на нефтепродукты, являются сокращение производства топлива картелем ОПЕК [2], а также будущие задержки в поставках из ведущих стран-экспортеров, таких как Ливия, Венесуэла, Нигерия и т. д. Участники ОПЕК и ряд стран, не являющихся его членами, в конце 2016 года согласились сократить добычу нефти до количества, которое было добыто в октябре того же года (1,8 млн баррелей в сутки, из которых 300 000 приходится на Россию). Соглашение было впервые заключено для первой половины 2017 года, а затем продлено до конца марта 2018 года, а в дальнейшем и до конца 2018 года. Однако участники соглашения не исключают пересмотра условий соглашения в июне 2018 года.

Перечислим факторы, которые могут повлиять на цену на нефть:

- квоты на добычу нефти, введенные ОПЕК. Уменьшение квот влияет на количество нефти, предлагаемое для продажи, и увеличивает ее стоимость;
- изменение политической обстановки на негативной стороне в нефтяных регионах - трудности с поставками;
- наличие стихийных бедствий или просто плохих погодных условий для добычи и транспортировки, аварийных ситуаций на трубопроводах и других моментов;
- решения политического уровня о количестве нефтяных запасов;
- развитие или снижение экономики в мировом масштабе. Развитие мировой экономики характеризуется повышенным спросом на энергию;
- различные события в научной области и вступление в силу законодательных проектов. Например, выпуск автомобилей, двигатель которых работает на спирте, несколько ослабил положение нефти на европейском рынке.

Обзор литературы предметной области

Существует ряд исследований, в которых сравниваются различные алгоритмы для прогнозирования непрерывного временного ряда цен на нефть. W. Xie et al. [6] использовали в своих исследованиях ежемесячные цены на нефть West Texas Intermediate (WTI) с января 1970 по декабрь 2003 года, в общей сложности выборка состояла из 408 наблюдений. В данной работе метод опорных векторов оценивается наряду с авторегрессионной интегрированной скользящее средней (ARIMA) и алгоритмом Backpropagation Neural Networks (BPNN). Оценка показывает, что метод опорных векторов имеет лучшие показатели по общей выборке, чем ARIMA и BPNN. Тем не менее, авторы согласны с тем, что BPNN в некоторых подвыборках имеет наилучший результат по сравнению с другими двумя моделями.

Несмотря на то, что как классические, так и модели из области искусственного интеллекта хорошо показали себя в индивидуальном применении, все же они имеют некоторые недостатки и ограничения, которые могут быть улучшены путем комбинации нескольких алгоритмов. В последних исследованиях были предложены гибридные модели для исправления недостатков каждой модели и расширения диапазона ограничений. Исследование [7] знакомит нас с методологией TEI@I – гибридом, состоящим из четырех моделей для прогнозирования данных. Модель основывается на идее объединения компонентов Text Mining, Econo-metrics, Intelligence (интеллектуальный алгоритм) и интеграции (@).

Данное исследование объединяет в себе веб-текстовую интеллектуальную обработку (WTM), авторегрессионную интегрированную скользящую среднюю (ARIMA), искусственную нейронную сеть (ANN) и экспертную систему основанную на правилах (RES). Динамические изменения цен на нефть в не малой степени связаны с мировыми новостями, будь то политическими, экономическими или техногенными. ARIMA и ANN используются для обработки линейных и нелинейных компонентов в цене на нефть и не берут в расчет события, происходящие в мире, а WTM и RES – берут данные из новостных статей, блогов и сайтов, анализируя не наблюдения за предыдущие годы, а политические, экономические и техногенные события. Благодаря такой гибридной модели, где используются и исторические данные выборки ежемесячных наблюдений цены на WTI и самые актуальные онлайн-новости для обучения этих данных, примененный подход показал очень хорошие результаты в прогнозировании цены на нефть.

Исследование [8] объединяет алгоритм эмпирической модовой декомпозиции (EMD) с нейронной сетью прямого распространения (FFNN) и самоприспосабливающийся линейный нейрон (ALNN) – EMD-FNN-ALNN. В данном исследовании использовались ежедневные цены на нефть WTI и Brent за период с января 1986 года по сентябрь 2003 года, за исключением праздничных дней. По результатам оценки эксперимента мы можем сделать вывод, что данный метод предлагает альтернативный инструмент прогнозирования цен на нефть.

В последнем рассмотренном исследовании было доказано, что методы разложения и группировки, используемые в EM (англ. Decomposition)-FNN (англ. Prediction)-ALNN (англ. Ensemble), улучшили показатели ограничения. Показатели были выше, нежели если бы все эти три модели использовались отдельно. Подробности этого подхода можно найти в [9].

Как можно видеть, исследования по поиску наилучшего метода прогнозирования цен на нефть на данный момент актуальны. В исследованиях ученые используют классические и современные, а также гибридные (комбинированные) методы. Для данного исследования выбраны алгоритмы: линейная регрессия, метод опорных векторов и сверточная нейронная сеть.

Подготовка входных данных

Для первой выборки использовались ежедневные данные о ценах на нефть марки Brent с 25.01.2008 по 25.01.2018 г. [10]. Выбранный диапазон с 2008 по 2018 год, который равен десяти годам, обеспечивает необходимый для качественного проведения исследования размер выборки – 2583 наблюдений.

Временной диапазон второго набора данных начинается с 29.11.2016 и продолжается до 09.06.2017 (всего 127 наблюдений). Это связано с тем, что первые торги экспортными фьючерсами на российскую нефть Urals были официально открыты на Санкт-Петербургской Международной товарно-сырьевой бирже (SPIMEX) в 29.11.2016 г. и длилась до 09.06.2017 г. [11].

Выбор данных обусловлен их различиями. Первый набор данных намного больше второго, 2583 по сравнению с 127 наблюдениями. Цены на нефть марки Brent более динамичны - цена постоянно меняется на протяжении всего временного отрезка, равного десяти годам. Цены на нефть Urals, напротив, могут оставаться неизменными в течение нескольких недель. Исследование нацелено на то, чтобы, по результатам сравнения фактических и прогнозных значений, выяснить, при каких данных какой алгоритм работает точнее всего.

Построение моделей

Процедура прогнозирования, основанная на машинном обучении, включает в себя 4 шага (рис. 1): подготовка данных, отбор данных, обучение и валидация моделей, прогнозирование. На первом шаге осуществляется сбор данных из локального репозитория и отбор используемых данных. На втором шаге – кадрирование и разделение данных. Затем выбирается алгоритм для построения моделей: линейная регрессия, метод опорных векторов, свёрточная нейронная сеть. На третьем шаге проводятся обучение и валидация модели. На заключительном шаге строится прогноз и оцениваются результаты, по которым делается выбор в пользу одного из трех алгоритмов.

В RapidMiner реализован принцип визуального программирования, т. е. аналитику не нужно самому писать программный код, как не нужно проводить сложные математические вычисления. Все происходит следующим образом: пользователь загружает данные на рабочее поле, а потом просто перетаскивает операторы в GUI, формируя процесс обработки данных.

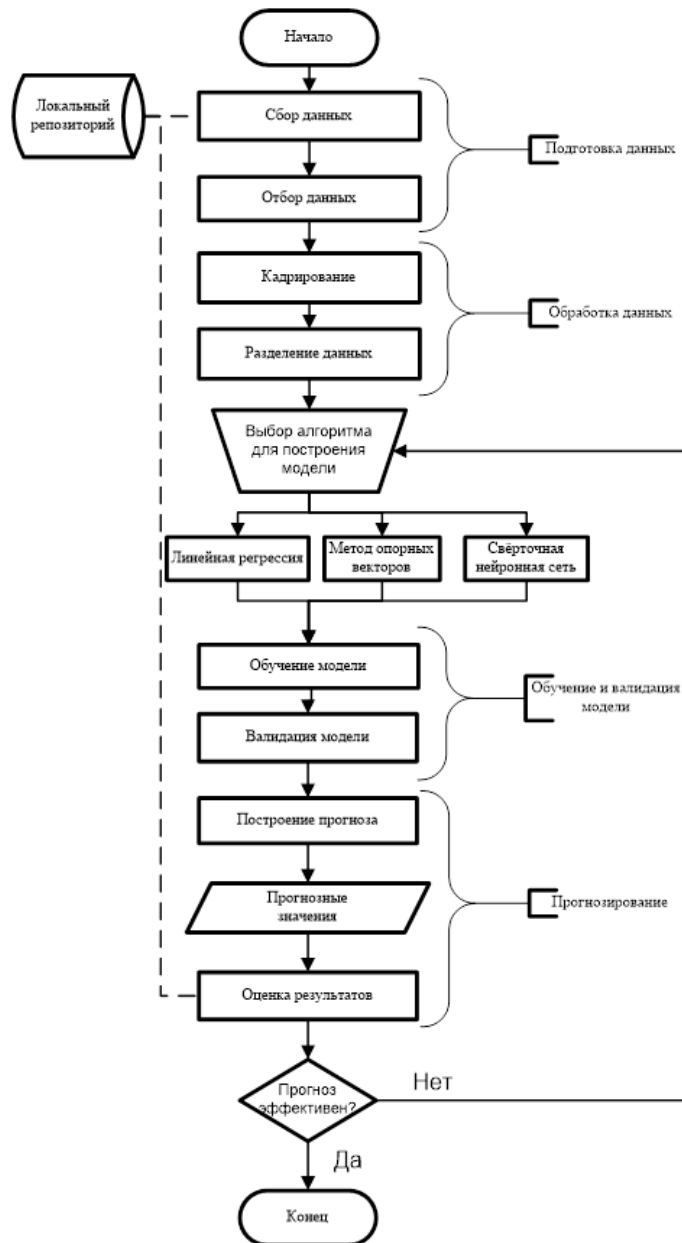


Рисунок 1 - Блок-схема системы прогнозирования на основе алгоритмов машинного обучения

Интерпретация оценок и результаты

Ключевым этапом в анализе построенных моделей является интерпретация результатов по критериям оценивания моделей. В данном разделе проведен анализ эффективности выбранных алгоритмов, позволяющий дать ответ о целесообразности их использования в экономических информационных системах поддержки принятия решений при покупке и продаже нефти. Для этого необходимо сравнить среднеквадратические ошибки (RMSE), стандартные ошибки (SE) и графики, изображающие фактические и прогнозные значения, шести построенных моделей.

В таблицу 1 занесены результаты экспериментов, по которым можно сделать вывод по каждой модели. Результат модели с наименьшими значениями RMSE и SE будет лучшим инструментом для прогнозирования.

Таблица 1 – Результаты экспериментов

Входные данные	Критерии оценивания	Алгоритмы		
		ЛР	МОВ	СНС
Brent	RMSE	7.240 +/- 0.408	2.130 +/- 0.107	27.592 +/- 0.000
	SE	52.590 +/- 5.845	4.549 +/- 0.446	761.322 +/- 778.987
Urals	RMSE	0.997 +/- 0.678	0.805 +/- 0.640	23.534 +/- 0.000
	SE	1.454 +/- 1.571	1.058 +/- 1.551	553.850 +/- 723.385

Самый простой способ показать точность прогнозирования – представить данные в виде графика (рис. 2). Красной линией обозначены фактические значения, синей – прогнозные.

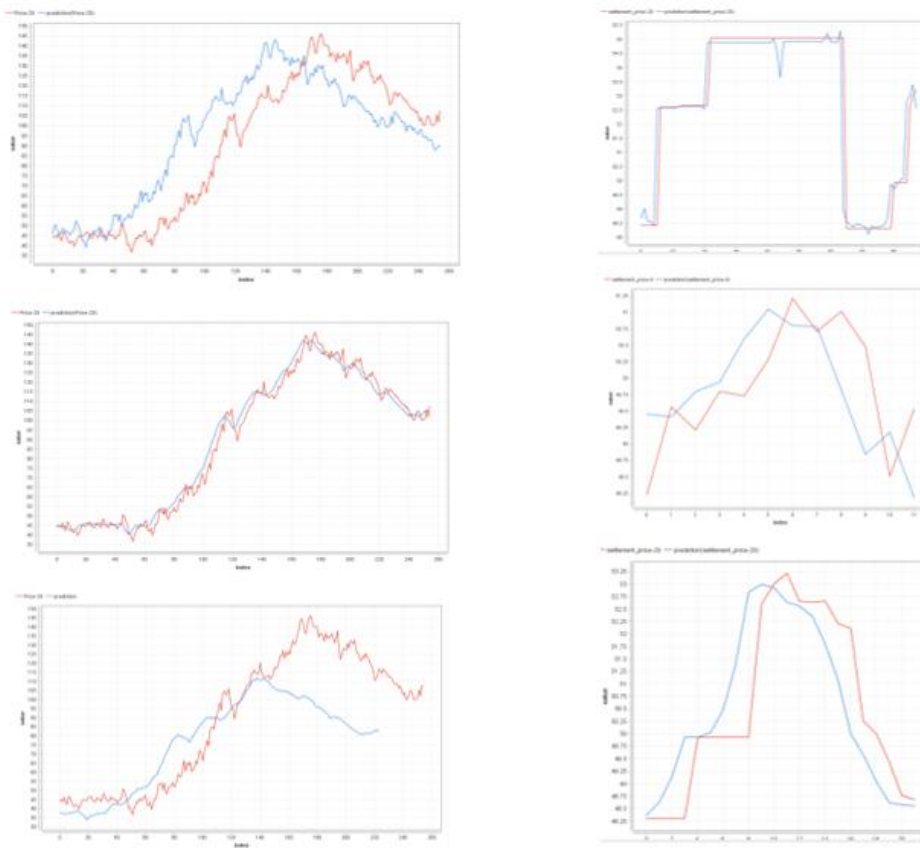


Рисунок 2 – Сравнительные графики фактических и прогнозных значений. Слева расположены графики марки Brent (сверху-вниз модели: линейной регрессии, метода опорных векторов, сверточной нейронной сети), справа – марки Urals.

Не редко в области прогнозирования возникает ситуация, когда используемая модель может очень хорошо изучать структуру набора данных, но при этом строить плохой прогноз. В этом случае модель, скорее всего, переобучена. Переобучение происходит, когда модель заучивает не только общие закономерности (паттерны) в наборе данных, но также и характеристики шума. В рассматриваемых моделях, в случае прогнозирования цен на нефть марки Brent, линейная регрессия и СНС, как видно по графикам, страдают от переобучения. МОВ, напротив, устойчив к данной проблеме и может моделировать нелинейные отношения самым эффективным способом. При составлении прогноза марки Urals, линейная регрессия показала второй результат, уступив МОВ. Но, если посмотреть на графики, на которых отложены фактические и прогнозные значения, становится очевидным, что линейная регрессия лучше чем МОВ справляется с задачей прогнозирования – она учитывает периоды «застоя» цены, чего не делает МОВ.

Из вышенаписанного можно сделать вывод, что при использовании в качестве входных данных цены нефтяной марки Brent, МОВ обладает наилучшей прогнозной способностью, что делает его эффективным инструментом для прогнозирования динамически изменяющихся данных больших объемов. Линейная регрессия лучше всего подходит для прогнозирования данных, которые просты по своей структуре, не имеют большого количества колебаний в краткосрочном периоде времени, алгоритм учитывает периоды, когда цена остается неизменной. Также для построения прогноза ей достаточно небольшого объема выборки, что является её ещё одним преимуществом. Алгоритм СНС показала наихудшие результаты по обоим критериям в обоих случаях.

Заключение

Таким образом, проведена оценка прогнозов алгоритмов с помощью среднеквадратической ошибки, стандартной ошибки и графиков, изображающих фактические и прогнозные значения. По результатам оценки выяснено, что МОВ лучше всего из трех представленных алгоритмов справляется с

задачей прогнозирования биржевых цен на нефть марки Brent, а алгоритм линейной регрессии – марки Urals.

Литература

1. Россия на мировом рынке нефти [Электронный ресурс] URL: <http://www.ereport.ru/articles/commod/rusoil.htm> (дата обращения: 03.06.2018).
2. Gabralla, L. A. Computational Modeling of Crude Oil Price Forecasting: A Review of Two Decades of Research / L. A. Gabralla, A. Abraham // International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications. – 2013. – vol. 5. – С. 729-740.
3. Zhang, Y. J. Spillover effect of US dollar exchange rate on oil prices / Y.-J. Zhang, Y. Fan, H.-T. Tsai, Y.-M. Wei // Journal of Policy Modeling. – 06.2008 – vol. 30. – С. 973-991.
4. Llewellyn, J. The changing face of the oil industry [Электронный ресурс] / J. Llewellyn, B. Hansen, P. Llewellyn, White paper. – 2013. URL: <https://www.trafigura.com/media/1362/changing-face-oil-industry.pdf> (дата обращения: 19.05.2018)
5. Avdjiev, S. The Dollar Exchange Rate as a Global Risk Factor: Evidence from Investment / V. Bruno, C. Koch, H. S. Shin // BIS Working Paper. – 01.2018. – No. 695.
6. Xie, W. A new method for crude oil price forecasting based on support vector machines / W. Xie, L. Yu, S. Xu, S. Wang // In Computational Science – ICCS. – 2006. – С. 444-451.
7. Wang, S. Crude Oil Price Forecasting With TEI@I Methodology / S. Wang, L. Yu, K.K. Lai // Journal of Systems Science and Complexity. – 2005. – vol. 18. – №2. – С. 145-166.
8. Yu, L. Forecasting crude oil price with an EMD-based neural network ensemble learning paradigm / L. Yu, S. Wang, K. K. Lai // Energy Economics. – 2008. – vol. 30. – №5. – С. 2623-2635.
9. Abdullah, S. N. Machine learning approach for crude oil price prediction with Artificial Neural Networks-Quantitative (ANN-Q) model / S. N. Abdullah, X. Zeng // Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks. – 2010. – С. 1-8.
10. Brent Oil Futures Overview [Электронный ресурс]. URL: <https://uk.investing.com/commodities/brent-oil> (дата обращения: 30.05.2018).
11. Ход торгов в Секции срочного рынка [Электронный ресурс]. URL: <http://spimex.com/markets/derivatives/trades/delayed-quotes/> (дата обращения: 30.05.2018).

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ИССЛЕДОВАНИЙ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

Мартынов В.В., Закиева Е.Ш.

Уфимский государственный авиационный технический университет
+7 (905) 180-30-68, vvmartynov@rb.ru

Статья посвящена вопросам разработки системы динамического моделирования и оценки качества жизни, позволяющей осуществить информационную поддержку исследований проблем качества жизни. Предложены иерархическая структура и математическая модель интегрального показателя качества жизни, которые легли в основу разрабатываемой системы. В соответствии с приведенным алгоритмом проведена оценка качества жизни в Республиках Татарстан и Башкортостан.

Ключевые слова: качество жизни, иерархическая структура, математическая модель, система динамического моделирования.

Information support of quality of life research. Martynov V.V., Zakieva E.Sh. Ufa State Aviation Technical University.

The article is devoted to the development of a dynamic modeling and quality of life assessment system that allows information support for research on quality of life issues. A hierarchical structure and a mathematical model of the integral quality of life index, which formed the basis of the system being developed, are proposed. In accordance with the above algorithm, the quality of life was assessed in the Republics of Tatarstan and Bashkortostan.

Keywords: quality of life, hierarchical structure, mathematical model, dynamic modeling system.

Введение

Мониторинговые исследования в области качества жизни нуждаются в информационной поддержке и разработке соответствующих инструментариев. Среди отечественных разработок можно отметить следующие инструментарии. Во Всероссийском научно-исследовательском институте технической эстетики разработана система компьютерной поддержки принятия решений по критериям качества жизни. Система позволяет проводить оперативный анализ показателей качества жизни населения, выявлять факторы, действующие на комплексный показатель качества жизни, наглядно

отображать результаты в графическом или электронном виде [1]. Другая отечественная разработка основана на методике, предложенной коллективом Института экономики Уральского отделения РАН. Это компьютерная программа «Комплексная диагностика качества жизни в регионе», оптимизирующая процесс оценки социально-экономической ситуации в регионе, принятия и выработки управленческих решений [2]. Разработана информационная система для поддержки мультицентровых исследований качества жизни, проводимых в Восточно-Сибирском научном центре экологии человека Сибирского отделения РАМН (г. Ангарск). Данная информационная система позволяет сократить временные и трудовые затраты на организацию исследований качества жизни, повышает точность и достоверность результатов, собираемых в ходе исследования [3]. В основу разрабатываемой системы динамического моделирования и оценки качества жизни положены предложенные авторами [4] иерархическая структура и математическая модель интегрального показателя качества жизни.

Математическая модель качества жизни

Качество жизни – это системное понятие, определяемое единством его компонентов: самого человека как биологического и духовного существа, его жизнедеятельности и условий, в которых она протекает [5]. С позиций системного подхода интегральный показатель качества жизни может быть представлен в виде иерархии взаимосвязанных компонентов [4].

На первом (нижнем) уровне иерархии расположена триада компонентов, характеризующих уровень жизни (благополучие) человека: уровень доходов, качество питания и качество жилищных условий. На втором уровне иерархии расположена триада компонентов, характеризующих качество жизненного потенциала человека, т.е. его внутренние возможности осуществлять жизненные процессы: уровень образованности, состояние здоровья, статус (социальное положение в обществе). На третьем (верхнем) уровне иерархии расположена триада компонентов, характеризующих качество среды жизнедеятельности, т.е. внешние возможности, свойства окружающих сред, объектов и субъектов: качество окружающей среды, качество социальной среды и качество трудовой жизни. На вершине иерархии расположен интегральный показатель качества жизни. Каждый из компонентов качества жизни, в свою очередь, представляет собой сложную систему и может быть декомпозирован на большее количество взаимосвязанных элементов.

В соответствии с предложенной структурой интегрального показателя качества жизни разработана математическая модель оценки данного показателя.

Интегральный показатель качества жизни (J) вычисляется как взвешенная сумма составляющих его компонентов:

$$J = \alpha_1 K_1 + \alpha_2 K_2 + \alpha_3 K_3,$$

где K_1 – уровень жизни; K_2 – качество жизненного потенциала; K_3 – качество среды жизнедеятельности; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – весовые коэффициенты, характеризующие значимость компонента K_i и определяемые экспертами, при этом $\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1$.

Динамика изменения интегрального показателя J описывается дифференциальным уравнением вида

$$\dot{J} = -J + \alpha_1 K_1 + \alpha_2 K_2 + \alpha_3 K_3.$$

Для вычисления компонента интегрального показателя K_i каждого уровня решается система уравнений:

$$\begin{cases} K_1 = \lambda_{12} K_2 + \lambda_{13} K_3 + K_{10}, \\ K_2 = \lambda_{21} K_1 + \lambda_{23} K_3 + K_{20}, \\ K_3 = \lambda_{31} K_1 + \lambda_{32} K_2 + K_{30}, \end{cases}$$

где K_1 – уровень жизни; K_2 – качество жизненного потенциала; K_3 – качество среды жизнедеятельности; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – весовые коэффициенты, характеризующие значимость компонента K_i и определяемые экспертами, при этом $\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1$.

С учетом динамики взаимодействия показателей K_i можно записать:

$$\begin{cases} \dot{K}_1 = -K_1 + \lambda_{12} K_2 + \lambda_{13} K_3 + K_{10}, \\ \dot{K}_2 = -K_2 + \lambda_{21} K_1 + \lambda_{23} K_3 + K_{20}, \\ \dot{K}_3 = -K_3 + \lambda_{31} K_1 + \lambda_{32} K_2 + K_{30}, \end{cases}$$

где $\dot{K}_i = \frac{dK_i}{dt}$ – темп изменения i -го показателя.

Начальное значение K_{i0} вычисляется как взвешенная сумма соответствующих частных показателей x_{i1}, x_{i2}, x_{i3} :

$$K_{i0} = \beta_{i1} x_{i1} + \beta_{i2} x_{i2} + \beta_{i3} x_{i3},$$

где β_{ij} – весовые коэффициенты, характеризующие степень значимости частных показателей x_{i1}, x_{i2}, x_{i3} и определяемые экспертным путем при этом для каждого $i = \overline{1,3}$ $\sum_{j=1}^3 \beta_{ij} = 1$.

Для вычисления частных показателей x_{i1}, x_{i2}, x_{i3} решается система уравнений:

$$\begin{cases} x_{i1} = k_{12}x_{i2} + k_{13}x_{i3} + x_{i1}^0, \\ x_{i2} = k_{21}x_{i1} + k_{23}x_{i3} + x_{i2}^0, \\ x_{i3} = k_{31}x_{i1} + k_{32}x_{i2} + x_{i3}^0, \end{cases}$$

где $k_{ij}, i \neq j$ – весовые коэффициенты, характеризующие взаимное влияние показателей x_{i1}, x_{i2}, x_{i3} , численные значения которых определяются экспертами; $x_{i1}^0, x_{i2}^0, x_{i3}^0$ – начальные значения показателей x_{i1}, x_{i2}, x_{i3} на данный момент времени.

Динамика взаимодействия частных показателей описывается дифференциальными уравнениями вида:

$$\begin{cases} \dot{x}_{i1} = -x_{i1} + k_{12}x_{i2} + k_{13}x_{i3} + x_{i1}^0, \\ \dot{x}_{i2} = -x_{i2} + k_{21}x_{i1} + k_{23}x_{i3} + x_{i2}^0, \\ \dot{x}_{i3} = -x_{i3} + k_{31}x_{i1} + k_{32}x_{i2} + x_{i3}^0. \end{cases}$$

Таким образом, предложена структура и математическая модель интегрального показателя качества жизни, которые легли в основу разрабатываемой системы динамического моделирования и оценки качества жизни.

Программная реализация системы динамического моделирования и оценки качества жизни

В составе системы динамического моделирования и оценки качества жизни выделено три основных блока: информационный, расчетный и аналитический. Информационный блок представляет собой исходные данные частных показателей качества жизни, записанные в .mat-файлах. Каждый такой файл содержит исходные данные для отдельного региона, города, округа. Расчетный блок содержит правила расчета интегрального показателя качества жизни населения, реализованные в Simulink-модели и ее возможностях. Аналитический блок – это блок вывода информации и сохранения ее в графическом и текстовом виде для дальнейшего анализа. Схема взаимодействия функций, входящих в выделенные блоки, представлена на рисунке 1.

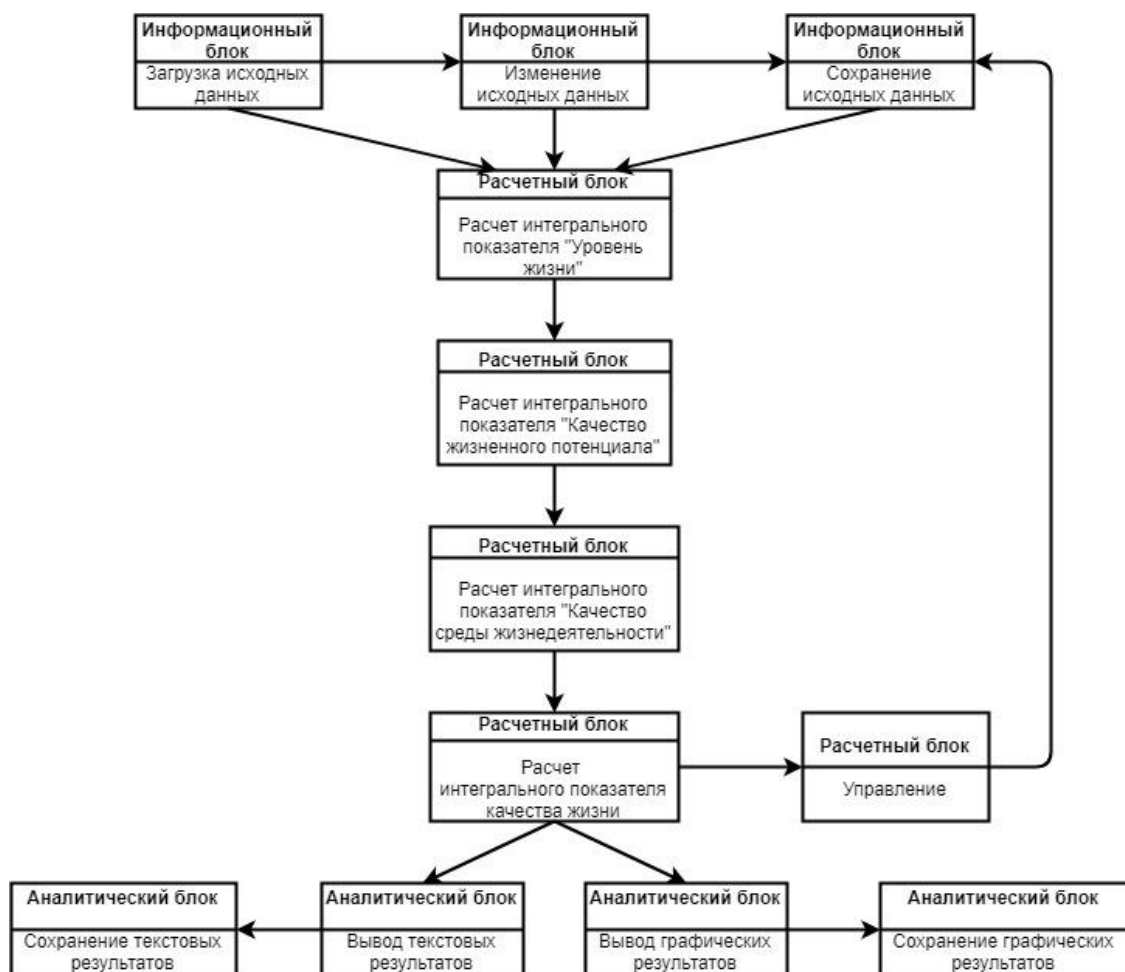


Рисунок 1 – Схема взаимодействия функций

Интерфейс системы разработан с помощью среды GUIDE пакета MATLAB. Выбор данного пакета обусловлен тем, что MATLAB является высокоуровневым языком и интерактивной средой для программирования, численных расчетов и визуализации результатов. С помощью MATLAB можно анализировать данные, разрабатывать алгоритмы, создавать модели и приложения. Язык, инструментарий и встроенные математические функции позволяют исследовать различные подходы и получать решение быстрее, чем с использованием электронных таблиц или традиционных языков программирования, таких как C/C++ или Java.

Математическая модель оценки интегрального показателя качества жизни реализована в подсистеме Simulink пакета MATLAB и состоит из трех подсистем, соответствующих трем компонентам интегрального показателя.

Оценка интегрального показателя производится по следующему алгоритму. На первом шаге задаются начальные значения частных показателей для каждого компонента интегрального показателя. На втором шаге вычисляются текущие значения частных показателей с учетом весовых коэффициентов, характеризующих взаимное влияние частных показателей. На третьем шаге вычисляются начальные значения каждого компонента с учетом весовых коэффициентов, характеризующих степени значимости частных показателей. На четвертом шаге начальные значения компонентов передаются в основную систему и рассчитывается интегральный показатель качества жизни с учетом весовых коэффициентов, характеризующих взаимное влияние компонентов и весовых коэффициентов, характеризующих степени значимости компонентов.

Работа с Simulink-моделью осуществляется через пользовательский интерфейс, позволяющий выполнять следующие функции:

1. Загрузка исходных данных (начальных значений частных показателей для подсистем, значений весовых коэффициентов и коэффициентов взаимного влияния показателей);
2. Запуск процесса моделирования; вычисление значений каждого компонента в отдельности и интегрального показателя качества жизни;
3. Визуализация результатов моделирования в виде графиков переходных процессов и фазовых портретов, а также в текстовом формате;
4. Сохранение результатов моделирования: графических – в формате bmp, текстовых – в формате txt.
5. Редактирование параметров модели;
6. Проверка корректности вводимых данных;
7. Вычисление отклонений фактического значения интегрального показателя от планового; выработка рекомендаций по управлению качеством жизни.

Предложена методика исследования качества жизни, которая предполагает применение разработанной системы динамического моделирования и оценки качества жизни. Методика включает следующие шаги.

Шаг 1. Сбор данных и их обработка. Сбор и способы анализа данных определяются группой экспертов по следующим показателям: качество жилищных условий, уровень доходов, качество питания, статус, состояние здоровья, уровень образованности, качество окружающей среды, качество трудовой жизни, качество социальной среды.

Шаг 2. Нормирование. Поскольку все параметры, которые используются при расчете интегрального показателя качества жизни, измеряются в разных шкалах, все данные подвергаются нормированию. Для нормирования используется процедура свертки значений единичных разнородных показателей: все значения объективных и субъективных единичных показателей переводятся в единую шкалу отношений, в которой они выражаются в относительных единицах [0..1]. Определение относительных значений единичных показателей производится по формуле:

$$K_i = \frac{P_i - P_i \min}{P_i \max - P_i \min},$$

где P_i – значение i -го единичного начального показателя; $P_i \max$ и $P_i \min$ – максимальное и минимальное значения i -го показателя.

Нормированные данные заносятся в .mat-файлы.

Шаг 3. Получение оценки. Расчет интегрального показателя качества жизни населения производится на основе интегральных показателей каждого уровня разработанной модели оценки качества жизни.

Шаг 4. Управление. Изменение исходных данных с целью повышения показателя качества жизни для выявления сфер жизнедеятельности, нуждающихся в поддержке государства.

В соответствии с предложенной методикой проведена оценка качества жизни населения для Республик Татарстан и Башкортостан, которая показала, что показатель качества жизни у Республики Татарстан выше, чем у Республики Башкортостан (значения показателя 0.559 и 0.492 соответственно).

Таким образом, разработана система динамического моделирования и оценки качества жизни, которая позволяет осуществить информационную поддержку исследований проблем качества жизни.

Заключение

Предложена иерархическая структура интегрального показателя качества жизни, включающая три уровня взаимосвязанных компонентов: уровень жизни, качество жизненного потенциала, качество среды жизнедеятельности. На основе предложенной структуры разработана математическая модель интегрального показателя качества жизни. Разработана система динамического моделирования и оценки качества жизни, позволяющая осуществить информационную поддержку исследований проблем качества жизни, а именно: автоматизировать процесс расчета интегрального показателя, отслеживать динамику изменения данного показателя при изменении факторов, а также выдавать рекомендации по принятию решений по управлению качеством жизни.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 17-08-01155.

Литература

1. Зариковский Г.М., Пенова И.В. Система компьютерной поддержки принятия решений по критериям качества жизни // Стандарты и качество. – 2005. – № 3. – С. 60–62.
2. Васильева Е.В., Куклин А.А., Лыков И.А. Программа комплексной диагностики качества жизни в регионе: функциональные характеристики и возможности ее применения // Уровень жизни населения регионов России. – 2014. – № 1 (191). – С. 118–123.
3. Блохин А.А. Информационная система для поддержки мультицентровых исследований качества жизни // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – № 8 (115). – С. 56–64. DOI: 10.21285/1814-3520-2016-8-56-64
4. Объективно-субъективный подход к оценке качества жизни / Б.Г. Ильясов, И.Б. Герасимова, Е.А. Макарова, Е.Ш. Закиева // Качество. Инновации. Образование. – 2016. – № 2 (129). – С. 47–57.
5. Айвазян С.А. Анализ синтетических категорий качества жизни населения субъектов Российской Федерации: их измерение, динамика, основные тенденции // Уровень жизни населения регионов России. – 2002. – № 11. – С. 1-38.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ПЛЕНОК УГЛЕРОДНЫХ И АЛМАЗОПОДОБНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Налимов С.А.*, Юрин А.И.**

*АО ЦНИТИ «Техномаш», **Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

8(495) 772-95-90*15213, ayurin@hse.ru

В работе экспериментально исследованы пленки углеродных и алмазоподобных материалов (углеродные наностенки и AlN) с упорядоченным строением кристаллической фазы, выращенные плазменными методами на подложках аморфных и кристаллических материалов с целью формирования многослойных структур на их основе. Исследовано влияние технологических параметров на состав, строение и функциональные характеристики слоев.

Ключевые слова: углеродные наностенки, наноструктурированные пленки AlN.

Study of the structure and properties of carbon and diamond-like films. Nalimov S.A., Central Scientific Research Institute of Technology, Yurin A.I., National Research University Higher School of Economics.

Experimentally investigated the films of carbon and diamond-like materials (carbon nanowalls and AlN) with an ordered structure of the crystal phase, grown by plasma methods on the substrates of amorphous and crystalline materials in order to form multilayer structures. The influence of technological parameters on the composition, structure and functional characteristics of the layers is studied.

Keywords: Carbon nanowalls, nanostructured AlN films.

Введение

Перспективность применения алмаза в электронике связана с его наивысшими среди известных материалов твердостью и теплопроводностью, высокими скоростью распространения поверхностных и объемных акустических волн [1], стабильностью электрических и полупроводниковых характеристик,

высокой электрической прочностью. Отдельные образцы природных алмазов и синтетические кристаллы алмаза, легированные определенными примесями, являются широкозонными полупроводниками, обладающими химической и радиационной стойкостью на 1–2 порядка выше, чем у традиционных полупроводниковых материалов. Однако, изготовление подложек для различных устройств микроэлектроники из монокристаллов природного алмаза может быть рентабельным при размерах не более 5x5 мм. Синтетические кристаллы алмаза, выращенные при высоких давлениях и температурах, могут иметь примерно те же размеры. Синтетический алмаз в настоящее время применяют в широких масштабах, так как освоено его выращивание с использованием промышленного оборудования в виде пленок и пластин толщиной до миллиметра и площадью, ограниченной только размерами технологического оборудования. Предполагается, что применение алмазных и алмазоподобных углеродных пленок (АУП) в электронике позволит создать радиационно-стойкие полупроводниковые приборы, высокотемпературную электронику, интегральные схемы с субмикронными размерами и сверхвысокой плотностью элементов, сверхбыстродействующие интегральные схемы.

В последнее десятилетие стало очевидным, что слои алмаза можно более эффективно использовать в технических устройствах в сочетании со слоями других материалов, среди которых наиболее перспективными являются имеющие структуру вюрцита алмазоподобные пленки AlN и ZnO. Слоистые структуры, такие как Si/алмаз/AlN(ZnO), сапфир/AlN(ZnO), позволяют создавать устройства микро- и акустоэлектроники с уникальными характеристиками. По экспертным оценкам, наиболее перспективная область применения слоистых структур, включающих слои поликристаллического алмаза, – СВЧ-акустоэлектроника на поверхностных акустических волнах и эмиссионная электроника [2,3].

Углеродные материалы и AlN при определенных условиях также обладают свойством автоэмиссии, что означает снижение напряженности электрического поля, требуемого для возникновения полевой эмиссии электронов до 1–10 В/мкм. Применение таких материалов дает возможность понизить порог эмиссии при изготовлении ненакаливаемых катодов устройств эмиссионной электроники и плоских дисплеев с высокой яркостью и малым энергопотреблением. Известно использование слоистых структур металл/диэлектрик и полупроводник/диэлектрик для повышения эффективности эмиссии электронов. В этой связи значительный интерес представляет применение слоистых структур типа C/AlN и им подобных.

В России работы в области получения, исследования и применения в электронной технике углеродных пленок и пленок алмазоподобных материалов постоянно ведутся в различных организациях (Институте физической химии РАН, НИИ ядерной физики МГУ, Институте общей физики РАН, АО ЦНИТИ "Техномаш" и др.). Полученные результаты по разработке технологии синтеза и изучения функциональных свойств углеродных слоев и пленок алмазоподобных материалов дают возможность оценить эффективность использования пленок углеродных и алмазоподобных материалов в устройствах электронной техники [4,5,6].

Таким образом, проблема исследования строения и свойств углеродных пленок и пленок алмазоподобных материалов (AlN с различным сочетанием кристаллической и рентгеноаморфной фаз) для создания приборов электронной техники на их основе весьма актуальна.

Экспериментальные результаты

Углеродные наностенки (УНС) представляют собой пористый материал, состоящий из изогнутых пластинчатых форм кристаллитов углеродного материала толщиной до 10 нм, которые можно рассматривать как набор из 9-30 слоев графена. УНС получали из газовой смеси H_2 и CH_4 , активированной тлеющим разрядом постоянного тока и формировали на подложках из Si или слоистых подложках: Si с 6–10 слоями упорядоченной упаковки наночастиц рентгеноаморфного кремнезема (SiO_2), называемой опаловой матрицей (ОМ) со слоем Ti или Ni (структуры Si/ОМ/Ti(Ni)). Перед наращиванием УНС на подложках из Si создавались затравочные углеродные центры нуклеации (СЗ) обработкой поверхности подложки ионами H^+ и $C_xH_y^+$. Ряд образцов были приготовлены последовательным наращиванием двух слоев УНС. Второй слой УНС наращивали как на первом слое, так и на поверхности пленок Ni или солей металлов группы железа $Fe(NO_3)_3$, $Ni(NO_3)_2$, $Co(NO_3)_2$, сформированных на первом слое УНС. Пленку солей металлов (ПСМ) наносили на УНС либо погружением подложки в жидкость с последующей сушкой, либо методом аэрозольного осаждения [7].

Пленки AlN выращивали ВЧ-магнетронным реактивным распылением мишени из Al в азотсодержащей ($Ar+N_2$) плазме при низких температурах (370–570 К) на подложках из плавленого кварца и сапфира (Al_2O_3). Выращенные пленки AlN, представляющие композит, состояли из кристаллической (игольчатые волокна с поперечным размером 50–400 нм) и когерентной с ней рентгеноаморфной фаз. Рентгеновские дифрактограммы выращенных пленок AlN показывают, что кристаллиты AlN ориентированы по направлению $\langle 0001 \rangle$ независимо от материала и кристаллографической ориентации подложки. Эпитаксиальный рост на подложках из Al_2O_3 проявлялся только при температурах ~470–870 К, при которых пленки AlN растут одновременно по

нетангенциальному и эпитаксиальному механизмам. Независимо от природы материала и кристаллографического ориентирования подложки из монокристаллического материала образование кристаллитов пленки происходит по плоскостям нормальным к винтовым осям симметрии. Преимущественное направление роста пленок, выращиваемых в неравновесных условиях методами распыления, определяется атомным строением выращиваемого материала, а ориентирование пленок относительно подложек – направлением потока пленкообразующих частиц [7].

Строение и состав слоистых структур исследовали с использованием растрового электронного микроскопа (РЭМ) Carl Zeiss Supra 40-30-87 (рис. 1), просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) JEM 200С, рентгеновского дифрактометра Rigaku D/MAX-2500/РС и лазерного спектрометра комбинационного рассеяния (КР) света LabRAM HR 800 (HORIBA Jobin-Yvon). Пленки методом ПЭМ исследовали в режиме просвечивания образцов, полученных растворением подложки из плавленного кварца в водном растворе 40% HF. Размер кристаллитов определяли по дифрактограммам, а степень кристалличности (концентрацию поликристаллической фазы в объеме пленки, J), наклон оси текстуры относительно нормали к поверхности подложки (α) и разориентацию кристаллитов относительно оси текстуры (σ) – по дифрактограммам качания [8].

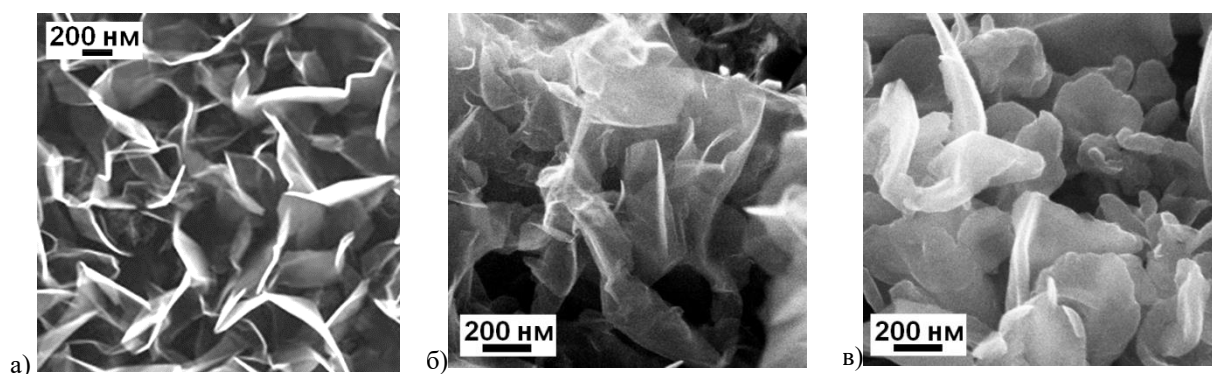


Рис. 1. РЭМ-изображение поверхностей слоистых структур
а) Si/C3/УНС; б) Si/C3/УНС/УНС; в) Si/C3/УНС/ПСМ/УНС

Образцы с ПСМ характеризуются более однородным строением по сравнению с образцами, выращенными повторно без промежуточного слоя. Образцы Si/C3/УНС/Ni/УНС с толщиной пленки Ni 40 нм показали большое число углеродных нанотрубок диаметром 10–40 нм во втором слое УНС.

Рентгеновские дифрактограммы выращенных пленок AlN показывают, что кристаллиты AlN аксиально текстурированы по направлению $\langle 0001 \rangle$ независимо от материала и кристаллографической ориентации подложки (рис. 2). ПЭМ и спектроскопия КР показала неупорядоченность рентгеноаморфной фазы.

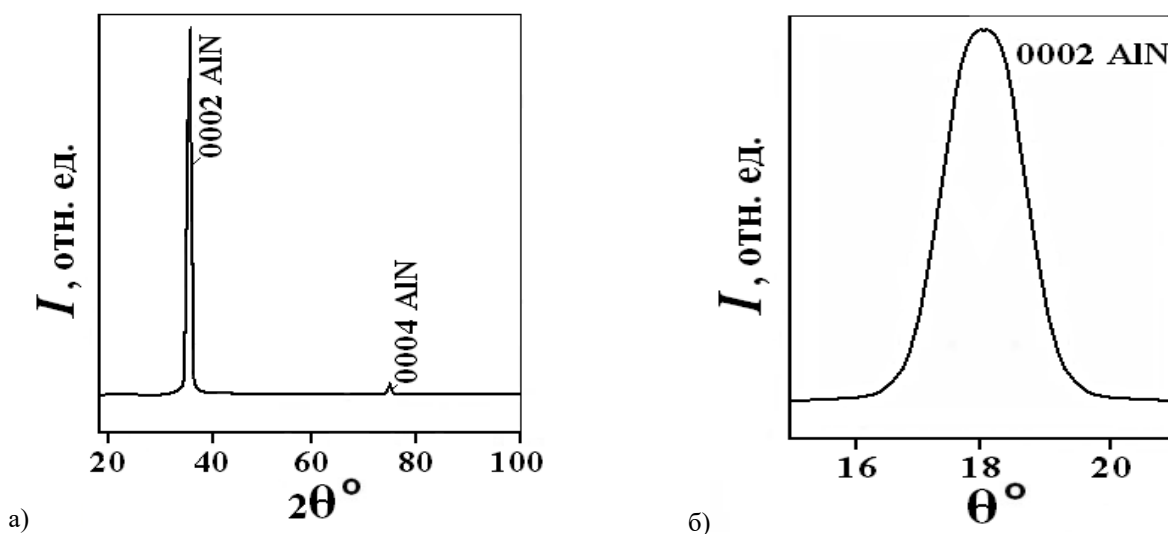


Рис. 2. Рентгенограммы (Cu α -излучение) пленки AlN толщиной $\sim 1,5$ мкм, выращенной на подложке из плавленного кварца: а) дифрактограмма; б) дифрактограмма качания максимума 0002

Интенсивность (I) дифракционных максимумов AlN на рентгенограммах пропорциональна степени кристалличности пленок. Степень кристалличности изменялась в зависимости от условий выращивания в пределах $J = 0-95$ об.%, при этом кристаллическая фаза имела строение от разупорядоченной до ограниченной текстуры с разориентацией кристаллитов относительно оси $\langle 0001 \rangle$ текстуры $< 0,5^\circ$. Размер кристаллитов пленок AlN составлял 35–65 нм. Наклон оси текстуры относительно нормали к поверхности подложки изменялся в пределах $\alpha \approx 0-12^\circ$, в зависимости от направления потока пленкообразующих частиц, формируемого магнетронной распылительной системой.

При использовании подложек из Al_2O_3 при некоторых условиях в области температур $\sim 470-870$ К наблюдался рост пленок AlN одновременно по нетангенциальному и эпитаксиальному механизмам. На рентгеновских дифрактограммах, в зависимости от условий проведения процесса, изменялись интенсивности дифракционных максимумов 0002 и 1120 (рис. 3). Таким образом, на подложках любого материала можно получать пленки AlN, достаточно структурно совершенные и ориентированные по $\langle 0001 \rangle$, но полученные при различных условиях выращивания.

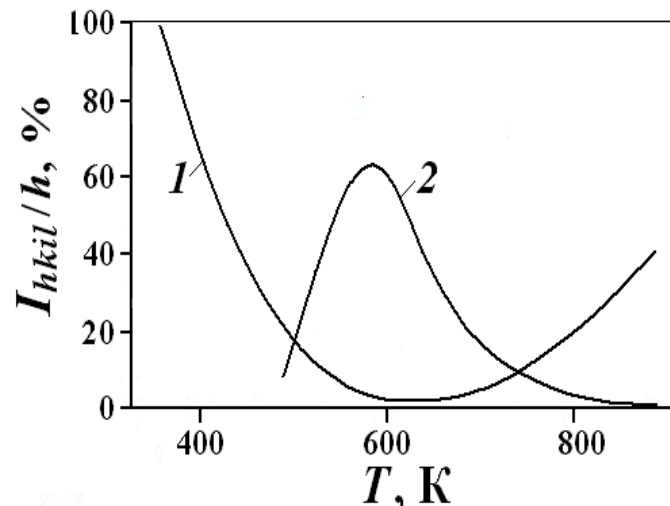


Рис. 3. Зависимости интенсивности дифракционных максимумов 0002 (1) и 1120 (2) на рентгеновских дифрактограммах пленок AlN от температуры подложки из Al_2O_3

Поскольку рентгеновская дифрактометрия не чувствительна к кристаллитам размером меньше 1 нм, то для изучения строения пленок дополнительно применяли также и спектроскопию комбинационного рассеяния.

Заключение

Установление взаимосвязи строения и состава слоистых структур на основе УНС и пленок AlN с их функциональными свойствами и эксплуатационными характеристиками устройств на их основе (в частности, ненакаливаемых катодов и приборов на поверхностных акустических волнах) позволит расширить частотный диапазон применения устройств акустоэлектроники, поскольку ограничения по частоте, как правило, связаны с малой скоростью распространения ультразвука в используемых в настоящее время звукопроводах, а также повысить сроки эксплуатации автоэмиссионных катодов.

Литература

1. Багдасарян С.А., Налимов С.А., Борисов В.В., Сушенцов Н.И. Получение методом ВЧ-магнетронного распыления пленок нитрида алюминия для устройств на поверхностных акустических волнах // Наукоемкие технологии. 2017. № 4
2. Tzeng Y., Chen C-L., Chen Y-Y., Liu C-Y. Carbon nanowalls on graphite for cold cathode applications // Diamond and Related Materials. 2010. V. 19 (2–3). P. 201–204.
3. Wang H-X., Jiang N., Zhang H., Hiraki A. Growth of a three dimensional complex carbon nanoneedle electron emitter for fabrication of field emission devices // Carbon. 2010. V. 48. P. 4483–4488.
4. Борисов В.В., Налимов С.А., Багдасарян С.А., Лучников А.П. Алмазоподобные углеродные структуры в автоэмиссионных катодах // Наноматериалы и наноструктуры — XXI век. 2017. т. 8. № 3. с. 18–25.
5. Белянин А.Ф., Борисов В.В., Налимов С.А., Багдасарян А.С. Углеродные наностенки в автоэмиссионных катодах // Вакуумная наука и техника. Материалы XXIV научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов. Крым. Судак. 16–23 сентября 2017. М.: НОВЕЛЛА. 2017. С. 297–302.
6. Белянин А.Ф., Борисов В.В., Багдасарян А.С. Наноструктурированные углеродные материалы в эмиссионной электронике // Российский технологический журнал. 2017. Т. 5. № 3. С. 22–40.

7. Беянин А.Ф., Борисов В.В., Самойлович М.И., Багдасарян А.С. Влияние лазерного облучения и термической обработки на строение и автоэмиссионные свойства углеродных наностенок // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2017. № 3. С. 16–26.

8. Беянин А.Ф., Самойлович М.И., Борисов В.В., Евлашин С.А. Исследование многофазных углеродных пленок автоэмиссионных катодов методами электронной микроскопии, комбинационного рассеяния света и рентгеновской дифрактометрии // Нано- и микросистемная техника. 2014. № 2. С. 20–25.

ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ

Некрасов Г.А.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва
+79689373505, alax27@mail.ru

Понятие транспортной безопасности сегодня можно трактовать как непрерывное и безотказное функционирование транспорта и транспортной инфраструктуры, без сбоев и нормированных рисков, а также возможностью предусмотреть и предотвратить возникновение всевозможных угроз. В статье рассматриваются подходы и методология по проектированию программных комплексов, выполняющих предсказание рисков и обеспечения безопасности транспортных средств и объектов транспортной инфраструктуры, путём исследования методов построения прогностической модели с использованием стохастического моделирования.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, поисковый робот, интеллектуальный анализ данных, транспортные средства, объекты транспортной инфраструктуры, транспортная безопасность, потенциальные угрозы и уязвимости транспортной безопасности.

Approach to designing software complex for risk prediction. Nekrasov H.A., National Research University “Higher School of Economics”.

The concept of transport security today can be interpreted as the continuous and reliable operation the transports and transport infrastructure, without failures and normalized risks, as well as the ability to anticipate and prevent the emergence of all kinds of threats. The article examines approaches and methodology for designing software complexes that perform prediction of risks and ensure the safety of vehicles and transport infrastructure objects, by studying methods for constructing a forecast model using stochastic modeling.

Keywords – artificial intelligence, machine learning, search robot, data mining, vehicles, transport infrastructure facilities, transport security, potential threats and vulnerabilities of transport security.

Введение

Риск является частью повседневной жизни каждого человека, и он присущ всему, что выполняется руками человека. В общем понимании, риск представляет собой комбинацию вероятности успешной реализации угрозы и величины потенциального ущерба. В быстро изменяющемся мире, риски, которыми необходимо уметь управлять, развиваются так же быстро, как быстро внедряются существующие и новые бизнес–процессы. Управление рисками подразумевает понимание, анализ и устранение этих самых рисков, чтобы организации могли достичь своих целей. Таким образом, чтобы оценить риск, необходимо оценить не только вероятность угрозы, но также оценить уязвимости, механизмы контроля и информационные активы.

Транспортная инфраструктура больших городов и мегаполисов так же не является исключением, любая деловая активность на транспорте связана с риском. В первую очередь это касается предприятий, активно занимающихся международными, а в особенности комбинированными перевозками [1]. Такая перевозка является международной и представляет собой комплексный процесс, включающий в себя не только перевозку груза разными видами транспорта (в несколько этапов), но и оказание иных услуг, связанных с такой перевозкой, в частности, сюда можно отнести услуги по экспедированию, хранению и перевалке груза. При этом перевозчик, организующий всю перевозку груза («от двери до двери»), принимает на себя ответственность за всю перевозку груза в целом, а значит и за все риски с ней связанные [1]. Управление рисками имеет решающее значение для любой транспортной компании. Это в свою очередь является главным фактором, определяющим разницу между успехом бизнеса и бедствием, поэтому каждая транспортная компания должна обеспечить наличие надлежащего страхового покрытия и процедур управления рисками. Планирование безопасности системы, анализ рисков и смягчение рисков – это основные бизнес–инструменты для риск–менеджеров сегодня. Управление рисками невозможно без специализированных ИТ–решений, а наличие системы управления рисками является

одним из факторов конкурентоспособности и инструментом принятия управленческих решений. Управление рисками в компании можно выполнять, основываясь на данных прошлых периодов, то есть основным источником для анализа являются данные о продукте, который сама же компания предлагает и реализует конечному пользователю. В виду стремительного развития информационных технологий на сегодняшний день практически любая компания имеет веб-сайт или персональную страничку в социальной сети. Ранее данный инструмент использовался как механизм для рекламирования своих услуг, завлечения и поощрения постоянных и новых клиентов, а также для получения обратной связи о качестве предоставляемых услуг. На сегодняшний день - это один из основных источников данных, который можно использовать для аналитики и прогнозирования не только для успешности развития компании, но и для прогнозирования рисков. Такого рода источники данных попадают под определение: «большие данные». Для обработки подобного пула данных необходимо применять технологии компонентного программирования, методы модульного программирования, численные методы математического моделирования, базирующихся на использовании общей теории систем, теории управления организационными системами, теории очереди, теории принятия решений и дискретной математики, основанные на получении большого числа реализаций случайного процесса.

Постановка проблемы

Риск чаще всего определяется как фактор возникновения опасности отказа, неудачи, потери или повреждения и всегда связан с конкретным событием. Риск представляет собой количественное и качественное выражение степени или граничного значения опасности. Это вероятность возникновения негативного события и его последствий. Поскольку ни одна человеческая деятельность не является абсолютно безопасной, допускается определенная степень риска, называемая приемлемым риском. Оставшаяся часть относится к той определенной степени рисков, которые свойственны при разработке, производстве и эксплуатации технического оборудования и не может быть полностью устранена.

Социальные процессы, природа, техническое оснащение и технологические процессы включают в себя минимальные события, которые реализуются в условиях определенности. Но основная же часть событий имеет неопределенный характер, и их результат связан с рисками, вызванными человеком и его деятельностью, техникой и технологическими прогрессом, природой и ее непостижимостью. Как правило, риски можно классифицировать по двум основным группам.

К первой группе относятся антропогенные риски – это те, которые возникают в результате ошибочных или несанкционированных действий человека или групп людей.

Вторая группа - это риски, не зависящие от человеческой деятельности:

- природные риски (тектонические, теллурические, топологические, метеорологические);
- риски, возникающие на уровне планетарного масштаба (из космоса).

Понятие транспортной инфраструктуры можно описать как совокупность транспортных средств выполняющих перемещение людей и товаров из одного места в другое по доступным на сегодняшний день каналам, то есть дорогам, воздуху или воде. Как правило, такие перемещения связаны с множеством рисков, которые ставят под угрозу выполнение договора перевозки между перевозчиком и клиентом. Структура и характер рисков, влияющих на транспорт, разнообразный. В первую очередь это обусловлено характером самого транспорта, транспортного бизнеса и выстроенными в нем процессами. Но нельзя исключать источники внешних рисков. Эти риски, как правило, независимы от воли перевозчика, но они могут быть предвидены и в какой-либо способ устранены.

Вышеуказанные риски не могут быть четко распределены и разделены. Они смешиваются, соединяются и изменяют то, что может привести к синергетическим эффектам или так называемому «эффекту домино». Анализ рисков в транспорте и, в частности, в отдельных видах транспорта является сложным процессом, который представляет собой многокритериальную функцию вероятности нарушения непрерывности транспортного процесса, а также выполнение плана транспортировки.

Риски, влияющие на транспортный бизнес и транспортные процессы, могут быть выделены из рисков, которые в настоящее время затрагивают общество, человеческую деятельность, материальные ценности, среду обитания, а также жизнь и здоровье человека. Эти риски включают:

- риски невоенного характера (последствия технологического развития; внешняя и внутренняя политики государства; социальные риски; демографическое развитие страны, экономические риски; информационные риски; риски нехватки энергии и сырья; риски нехватки основных предметов первой необходимости; риск для здоровья; риски национальных, расовых, религиозных, идеологической и культурной нетерпимости; риски связанные с ростом преступности; риски от ухудшения состояния окружающей среды; риски возникновения стихийных бедствий);
- риски возникновения военных конфликтов;
- комбинированные риски.

Источники рисков и факторы риска, которые могут вызывать кризисные события, также различны. В настоящее время нет всеобщеприятельных или внутреннего правового правила, которое

будет определять виды рисков, и позволит выполнить их анализ и оценку. Существует много вариантов и разных взглядов на подобную оценку. В первую очередь риски в транспорте могут быть классифицированы как:

- риски транспортного бизнеса;
- риски транспортных технологий;
- риски транспортной инфраструктуры;
- риски, связанные с характеристиками транспортного средства.

Имея полное представление и понятие по классификациям рисков, ниже предлагается одна из возможных методик по анализу данных полученных из открытых источников, и рассматриваются подходы построения прогностической модели с помощью этих данных.

Появление в 2000-х годах технологии «больших данных» в свою очередь привело к появлению методик и программных алгоритмов для анализа неструктурированных данных в современных областях, таких как прогнозирование и причинно-следственный анализ. На рассмотрение предлагается использование следующего базового алгоритма, который состоит из нескольких этапов. Схематически его можно изобразить, как показано на рис.1



Рис.1 Базовая схема работы алгоритма по прогнозированию риска и выявлению потенциальных угроз

Первый и самый главный компонент – публичные источники информации (веб-страницы) из сети Интернет. Практически любая транспортная отрасль на сегодняшний день имеет в публичном доступе информацию о себе, о продаваемых билетах, расписании рейсов, погодных условиях и прочее. Именно она и станет базисом для формирования необходимого источника «больших данных». Второй - поисковый робот, который работает с веб-страницами и извлекает требуемую информацию. Третий - системы управления базами данных (СУБД) для хранения накопленных данных. Закрывающий компонент – это непосредственно сердце всего алгоритма, которое реализует математическую модель прогноза.

Сам процесс можно разделить на несколько основных этапов. Сбор данных - представляет собой автоматизированный процесс формирования неструктурированного набора данных в цифровом формате с помощью определенной логики скриптов, которые объединены в единую платформу и выполняют операцию извлечения данных с веб-страниц. Далее выполняется процедура приведения к единому формату полученных данных для удобства работы с ними. Следующим этапом идет формирование и сохранение накопленных больших данных с применением современных технологий СУБД и с учетом основных параметров, которые в дальнейшем могут отразиться на производительности комплекса в целом. Они должны удовлетворять следующим критериям:

- тип модели данных и её адекватность потребностям рассматриваемой предметной области;
- характеристики производительности;
- набор функциональных возможностей;
- удобство и надежность СУБД в эксплуатации;
- стоимость СУБД и дополнительного программного обеспечения.

Имея в наличии анализируемые данные, полученные на первых трех этапах, и выполняя наложение математических моделей к ним можно провести оценку необходимого прогнозирования. Оценка является неотъемлемой частью любого принимаемого решения. Когда дело доходит до принятия решений, как правило, сталкиваются с неопределенностью и двусмысленностью. И хотя сегодня существует почти неограниченный доступ к информации, невозможно точно предсказать будущее без специальных математических алгоритмов и инструментов.

Процесс принятия решений является сложной задачей. Проблему исторических знаний изучает байесовская статистика. Стохастические модели описывают случайные процессы, выражаясь в терминах вероятности. Есть методы, позволяющие при определенных условиях найти интервал значений

результатирующего параметра по диапазонам значений исходных данных. Для наилучшего представления об уровне риска используется функция плотности распределения, связанная со стандартным нормальным законом распределения [2]. Лучшая модель должна иметь самую низкую ошибку перекрестной проверки и моделирование методом Монте-Карло хороший способ решения подобных задач.

Моделирование методом Монте-Карло, также известно, как метод Монте-Карло, используется для понимания влияния риска на финансовые, проектные и другие модели прогнозирования. Он показывает возможные результаты решения и позволяет делать более точные выборы в условиях неопределенности. Это класс вычислительных алгоритмов, основанных на повторной случайной выборке для получения числовых результатов. Их основная идея заключается в использовании случайности для решения проблем, которые могут быть детерминированными в принципе. Метод Монте-Карло в основном используются в трех различных классах задач: оптимизация, численное интегрирование и генерация случайных значений из распределения вероятности. Моделирование методом Монте-Карло предлагает альтернативу аналитической математике для понимания распределения выборки статистики и оценки ее поведения в случайных выборках. Моделирование выполняется эмпирически с использованием случайных выборок из известных популяций, смоделированных данных для отслеживания поведения статистики, использует метод случайных чисел для проведения стохастического эксперимента, который включает в себя определенные типы математических и логических моделей. Метод Монте-Карло является одним из таких методов обеспечения случайных чисел [3]. В целом анализ данных можно определить, как процесс поиска скрытых закономерностей и генерации новых знаний. К основным задачам анализа данных можно отнести прогнозирование, классификацию, поиск схожих черт, выдачу рекомендаций, выявление отклонений [4].

Пример иного алгоритма математической модели, позволяющий выполнять оценку риска при наличии экспертной оценки и регламента его обработки, может представлять собой последовательность процедур компьютерной обработки (с выбранным регламентом экспертного оценивания), анализ данных новостных ресурсов Интернета и анализ мер безопасности, выполняемых на объекте в транспортной инфраструктуре. При этом рассматриваются и оцениваются вероятности событий, являющихся факторами опасности, и событий, соответствующих происшествию, связанному с транспортной безопасностью, военно-политической или террористической чрезвычайной ситуацией.

Заключение

Транспортные перевозки стали необходимыми и неотъемлемыми составляющими для развития инфраструктуры и повышения качества жизни человека. Они подвержены тем же рискам, что и любая другая человеческая деятельность. С другой стороны, многие риски в процессах транспортировки и перемещений умножаются, поскольку внутренние и внешние условия, связанные с транспортом, намного сложнее, чем, например, в производственных процессах. Об этом свидетельствуют многочисленные факторы, которые включают в себя:

- пройденное расстояние (различия в условиях и месторасположения отправителя и грузополучателя, коэффициент времени, изменения условий перевозки во время транспортировки, изменение вида транспорта, влияние погодных условий, и прочее.);
- характер транспорта (личный, для перевозки обычных и опасных грузов);
- транспортные технологии (разделение по форме и характеру транспорта).

Поиск, выявление и устранение «глубинных» источников проблем в транспортной инфраструктуре, с применением предложенной методики и инструментария, может стать основой для моделирования и совершенствования процессов транспортной безопасности. Ее целесообразно рассматривать параллельно с внедрением на производстве методики настройки бизнес-процессов, направленной на снижение угроз и рисков, позволяющей настроить процесс безопасности доставки грузов и пассажиров и оптимизировать потери данного процесса. В целом, она представляет собой разработку комплекса модульного программного обеспечения для автоматизированного сбора, обработки и анализа больших данных.

Предлагаемый в статье подход к построению моделей по видам транспортных и объектов транспортной инфраструктуры позволит построить максимально адекватные модели различных видов транспорта, угроз, рисков и методов защиты с целью оценки состояния защищенности, повышения качества процесса предупреждения и принятия корректных управленческих решений. Очевидно, что обеспечение безопасности для каждого вида транспорта будет иметь свои особенности.

Литература

1. Дюльгер А. И. Классификация рисков в международных мультимодальных перевозках // Молодой ученый. — 2014. — №8. — С. 457-459. — URL <https://moluch.ru/archive/67/11193/> (дата обращения: 08.04.2018)

2. Поручиков М. А. Анализ данных: Учебное пособие по курсу «Анализ данных». – Самара: Изд. Самарского университета, 2016. – 88 с.
3. Duoqia Yuan, Flight Delay-cost Simulation Analysis and Schedule Optimization: A Simulation Methodology to Estimate Flight Delay and Delay Propagation. – VDM Publishing, 2009. – 183 p.
4. Monitoring progress of Europe's transport sector. (2018) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eea.europa.eu/themes/transport/term/monitoring-progress-of-europes-transport>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 23.01.2018)

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ НЕКОТОРОЙ КОЭФФИЦИЕНТНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ

Шергин С.Н.
Югорский государственный университет
ssn@ugrasu.ru

Аннотация. Исследуются обратные задачи восстановления коэффициентов линейных псевдопараболических уравнений с использованием точечного переопределения. Выводится новый алгоритм численного определения неизвестных. Приводятся результаты численных экспериментов. Ключевым инструментом является метод конечных элементов, дополненный некоторой процедурой итерации и разностной схемой. Результаты показывают хорошую сходимость алгоритма.

Ключевые слова: обратная задача, псевдопараболическое уравнение, фильтрация, трещиноватая среда, численное решение.

Numerical solution of some inverse coefficient problems of filtration. Shergin S.N., Yugra State University.

Abstract. The inverse problems of recovering coefficients of linear pseudoparabolic equations with the use of the pointwise overdetermination are studied. We expose a new algorithm of numerical determination of the unknowns. The results of numerical experiments are presented. The key tool is a finite element method complemented with some iteration procedure and the difference scheme. The results show a good convergence of the algorithm.

Keywords: inverse problem, pseudoparabolic equation, filtration, fissured rock, numerical solution.

Introduction

In 1960, Barenblatt, Zheltov and Kochina (see [1]) proposed the basic concept in the theory of seepage (filtration) of homogeneous liquids in fissured rocks. A fissured rock is considered as a material consisting of pores and permeable blocks which are generally separated from each other by a system of fissures. After some transformation this model is reduced to the so-called fissured medium equation of pseudoparabolic type

$$u_{1t} - \eta \Delta u_{1t} - k \Delta u_1 = 0, \quad k = \nu / (m_0 d_1 + d_2), \eta = \nu / \alpha, \quad (1)$$

for the pressure of the liquid. The parameter k corresponds to the piezo-conductivity of fissured rock. More general equations can be written in the form

$$L(t, x, D)u_t - M(t, x, D)u = f, \quad (x, t) \in Q = G \times (0, T), \quad (2)$$

where L, M are second order operators and G is a bounded domain in \mathbb{R}^n . Pseudoparabolic equations of the form (2) with various differential operators L and M of the even order in spacial variables also arise in the mathematical models of the heat conduction, wave processes quasistationary processes in semiconductors and magnetics, in the models for filtration of the two-phase flow in porous media with the dynamic capillary pressure (see [3], [2] and the bibliography therein). We can refer to the articles [4], [5]-[7] devoted to inverse problem for pseudoparabolic equations. We use the theoretical results exposed in [8], where the proof relies on a constructive method which can be used for constructing a numerical algorithm. Note that the number of articles devoted to a numerical solution of inverse problems for pseudo-parabolic equations is rather limited (see [9]-[12]). Most of the articles are devoted to different model problems. In the present article we describe numerical methods applicable to a wide class of inverse problems with pointwise overdetermination, and present the results of numerical experiments in the case of recovering the piezo-conductivity coefficient of fissured rock in the equation (1).

1. Description of the algorithm

We consider the problem

$$L_0 u_t + k(t) L_1 u = f, \quad \frac{\partial u}{\partial n} |_{\Gamma} = g, \quad u(0) = u_0(x), \quad (3)$$

$$u(x_0, t) = \psi_0(t), \quad (4)$$

where

$$L_0 u = -\operatorname{div}(a_0(x, t)\nabla u_t) + b_0(x, t) \cdot \nabla u + c_0(x, t)u,$$

$$L_1 u = -\operatorname{div}(a_1(x, t)\nabla u) + b_1(x, t) \cdot \nabla u + c_1(x, t)u,$$

and a_0, a_1, c_0, c_1 are scalar functions and b_0, b_1 are vector-function of length n . The functions u and $k(t)$ are unknown. We use the well-posedness condition: there exists $t_0 > 0$ such that

$$|L_0^{-1}L_1 u_0(x_0)| \geq \delta_0 > 0 \quad \forall t \in [0, t_0]. \quad (5)$$

Let $\varphi \in L_q(0, T; W_q^1(G))$ ($1/q + 1/p = 1$) be a test function and let a function u be a solution to the problem (3) from the class $u \in W_p^1(0, \gamma_0; W_p^2(G))$ (see the definition of the function spaces in [13]). Integrating by parts in the identity

$$(L_0 u_t, \varphi) + k(t)(L_1 u, \varphi) = (f, \varphi), \quad \varphi \in L_q(0, T; W_q^1(G)), \quad (6)$$

where $(u, v) = \int_G u(x)v(x) dx$, we arrive at the equality

$$a(u_t, \varphi) + k(t)b(u, \varphi) = l(\varphi) + k(t)l_1(\varphi), \quad (7)$$

where $a(u_t, \varphi) = (a_0 \nabla u_t, \nabla \varphi) + (b_0 \cdot \nabla u_t + c_0 u_t, \varphi)$, $b(u, \varphi) = (a_1 \nabla u, \nabla \varphi) + (b_1 \cdot \nabla u + c_1 u, \varphi)$, $l(\varphi) = (f, \varphi) + l_0(\varphi)$, $l_0(\varphi) = \int_\Gamma a_0 g_t \varphi d\Gamma$, $l_1(\varphi) = \int_\Gamma a_1 g \varphi dt$. Next, we look for a solution $\varphi_0(x, t)$ to the problem

$$L_0^* \varphi_0 = \delta(x - x_0), \quad a_0 \frac{\partial \varphi_0}{\partial n} + b \cdot n \varphi_0|_\Gamma = 0, \quad (8)$$

where L_0^* is a formally adjoint to L_0 and δ is the Dirac delta-function. Inserting φ_0 in (7), we obtain that

$$\psi_t + k(t)(b(u, \varphi_0) - l_1(\varphi_0)) = l(\varphi_0). \quad (9)$$

Hence, we conclude that

$$k(t)(b(u, \varphi_0) - l_1(\varphi_0)) = l(\varphi_0) - \psi_t. \quad (10)$$

Note that the definition of φ_0 implies that $b(u, \varphi_0) - l_1(\varphi_0) = L_0^{-1}L_1 u(x_0, t)$. Since $|L_0^{-1}L_1 u_0(x_0)| > \delta_0 > 0$ on some segment $[0, t_0]$ we can say that $|b(u_0, \varphi_0) - l_1(\varphi_0)| > 0$ on some segment of time. The integral identities (10) allows us to construct the iteration procedure. Let $k^0 = (l_0(\varphi_0) - \psi_t)/(b(u_0, \varphi_0) - l_1(\varphi_0))|_{t=0}$. Given a function k^i , we can construct u^{i+1} as a solution to the problem (3) with $k(t) = k^i(t)$ and to determine the next iteration k^{i+1} from one of the equalities

$$k^{i+1}(t) = (l(\varphi_0) - \psi_t)/(b(u^{i+1}, \varphi_0) - l_1(\varphi_0)), \quad (11)$$

$$k^{i+1} = (l(\varphi_0) - \psi_t - k^i b(u^{i+1} - u_0, \varphi_0))/(b(u_0, \varphi_0) - l_1(\varphi_0)). \quad (12)$$

2. Numerical algorithm

The algorithm relies on the finite element method. We define a triangulation of G , the mesh nodes, x_1, x_2, \dots, x_N , and the corresponding piecewise linear functions $\{\varphi_i(x)\}$ (thus, $\varphi_i(x_j) = \delta_{ij}$, where δ_{ij} is the Kronecker symbol. Without loss of generality, we can assume that the observation point x_0 is a mesh node x_{j_0} . An approximate solution to (3) is sought in the form $u^{m+1} = \sum_{i=1}^N c_i(t)\varphi_i(x)$. To determine the functions c_i , we employ the integral identity (7). The vector-function $C(t) = (c_1(t), c_2(t), \dots, c_N(t))^T$ is a solution to the system of ordinary differential equations

$$AC_t + k(t)BC = F, \quad C(0) = (u_0(x_1), u_0(x_2), \dots, u_0(x_N))^T, \quad (13)$$

where A, B are matrices with the entries $a_{ij} = a(\varphi_j, \varphi_i)$, $b_{ij} = b(\varphi_j, \varphi_i)$, and $F = (F_1, \dots, F_N)^T$, $F_i(t) = l_0(\varphi_i) + k(t)l_1(\varphi_i)$. To solve (13), we involve the finite difference method (FDM) and replace (13) with the finite difference equation

$$A_n \frac{C_n - C_{n-1}}{\tau} + k_n B_n C_n = F_{0,n} + k_n F_{1,n}, \quad C_0 = C(0), \quad (14)$$

where $n = 1, 2, \dots, M$, $\tau = T/M$, and $F_{0,n}, F_{1,n}, A_n, B_n$ are the values of the right-hand side in (13), and the matrices A, B at $n\tau$. We assume here that the approximation \tilde{k} of k is a piecewise constant function taking the value k_n on $((n-1)\tau, n\tau]$. Respectively, a piecewise constant approximation of a solution $C(t)$ to (13) is a piecewise constant function equal to the vector C_n on the set $((n-1)\tau, n\tau]$. An analog of the overdetermination condition is as follows:

$$\frac{(C_n)_{j_0} - (C_{n-1})_{j_0}}{\tau} = \psi_{0t}((n-1)\tau), \quad (15)$$

where $(C)_j$ for a given a vector C designates the j -th coordinate of C . Since our results are local in time, we employ the predictor-corrector arguments. Find the quantity $k_0 = ((A_0^{-1}F_{0,0})_{j_0} - \psi_t(0))/((A_0^{-1}B_0 C_0)_{j_0} - (A_0^{-1}F_{1,0})_{j_0})$. Put $k_1^1 = k_0$. Let the approximation k_1^i of the quantity k_1 be known. Find a solution C_1^i to the equation (14) with $n = 1$ and $k_1 = k_1^i$, i.e.,

$$A_1 \frac{C_1^i - C_0}{\tau} + k_1^i B_1 C_1^i = F_{0,1} + k_1^i F_{1,1}. \quad (16)$$

The next approximation is defined as

$$k_1^{i+1} = ((A_1^{-1}F_{0,1})_{j_0} - \psi_t(0))/((A_1^{-1}B_1 C_1^i)_{j_0} - (A_1^{-1}F_{1,1})_{j_0}). \quad (17)$$

We repeat the arguments until $|k_1^{i+1} - k_1^i| < \varepsilon$ with ε a prescribed small number. Next we take $k_1 := k_1^{i+1}$. We have find the quantity k_1 and the corresponding vector $C_1 := C_1^{i+1}$. Assume that we have found k_1, \dots, k_m ($m < M$) and the vectors C_1, \dots, C_m . Take $k_{m+1}^1 := k_m$ and calculate the quantities k_{m+1}^i for all i as follows. Assume that the quantity k_{m+1}^i is known. Find a solution C_{m+1}^i to the equation (14) with $n = m + 1$ and $k_n = k_{m+1}^i$, i.e.,

$$A_{m+1} \frac{C_{m+1}^i - C_m}{\tau} + k_{m+1}^i B_{m+1} C_{m+1}^i = F_{0,m+1} + k_{m+1}^i F_{1,m+1}. \quad (18)$$

Next, we calculate

$$k_{m+1}^{i+1} = ((A_{m+1}^{-1} F_{0,m+1})_{j_0} - \psi_t(m\tau)) / l_{m+1}^i, \quad (19)$$

where $l_{m+1}^i = ((A_{m+1}^{-1} B_{m+1} C_{m+1}^i)_{j_0} - (A_{m+1}^{-1} F_{1,m+1})_{j_0})$. We repeat the arguments until $|k_{m+1}^{i+1} - k_{m+1}^i| < \varepsilon$. In this case we put $k_{m+1} := k_{m+1}^{i+1}$ and $C_{m+1} := C_{m+1}^{i+1}$. The arguments are repeated until $m = M$. It is possible of course that the process stops at some iteration (for instance, if the denominator in (19) becomes equal to zero). It is possible due to the nonlinearity of the problem. The formula (19) corresponds to the equality (11)

3. The Results of Numerical Experiments

In this section we analyze the results of numerical experiments. The characteristics of the computer are as follows: the processor Intel(R) Core(TM) i7-3517U CPU @ 1.90GHz 2.40GHz, 10.00 GB RAM, the 64-digit operating system Windows 7 Enterprise. The domain G coincides with the unit circle centered at $(0,0)$. We present the results of calculations only for the function k . To solve the problem numerically, we use three meshes for this domain with the number of nodes $N_1 = 197$, $N_2 = 751$ and $N_3 = 2933$. The additional information (4) is given at the observation point $x_{j_0} = (x_0, y_0) = (0.3, -0.3)$. We will use the Neumann boundary conditions represented as

$$\frac{\partial u}{\partial n} \Big|_{\Gamma} = (u_x x + u_y y) = g.$$

The data are as follows: the solution: $u(x, y, t) = (x^2 + y^2 + 1) \cdot (1 + t)$; the initial data: $u|_{t=0} = x^2 + y^2 + 1$; the Neumann boundary conditions: $g = 2(x^2 + y^2)(1 + t)$; the additional information: $\psi(t) = (x_0^2 + y_0^2 + 1) \cdot (1 + t)$; the unknown function: $k(t) = t^2$; the coefficients: $a_0 = 0.5$, $a_1 = 4/(1 + t)$, $b_{0,1} = b_{0,2} = b_{1,1} = b_{1,2} = 0$, $c_0 = 1/(x_1^2 + x_2^2 + 1)$, $c_1 = 1/(1 + t)$; the right-hand side: $f = t^2 \cdot (x^2 + y^2 - 15) - 1$. Take $\varepsilon = 10^{-3}$ (the error defined by the user). Denote by τ the time of the work of the algorithm in seconds. Introduce one more error of the algorithm by the equality $\varepsilon_0 = \max_m |\vec{k}_m^i - \vec{k}(m\tau)|$, where $m = 1, 2, \dots, N$. Consider the segment $[0, T]$, $T = 1$, and take $\tau = T/N$, $N = 100$. Table 1 shows the results of calculations, where the parameter δ is the noise level (we perturb the function ψ_t). We have that $\tilde{\psi}_t(t) = \psi_t(t)(1 + \delta(2\sigma - 1))$, where σ is random function normally distributed on the interval $[0, 1]$.

Таблица 1 - Results of numerical experiments (first group)

No exp.	Grid	δ	ε_0	τ
1	N_1	0	0.0058	8.41
2	N_1	0.1	0.0106	8.8
3	N_1	0.2	0.0166	8.51
4	N_1	0.3	0.0187	8.3
5	N_2	0	0.0015	110.5
6	N_2	0.1	0.0066	109.4
7	N_2	0.2	0.0114	114.32
8	N_2	0.3	0.018	118.57
9	N_3	0	0.00035	3983.1
10	N_3	0.1	0.0058	3773.3
11	N_3	0.2	0.0117	3730.4
12	N_3	0.3	0.0174	3821.9

Acknowledgment

The author was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Grant no.18-41-860003 r_ural_a).

References

1. G.I. Barenblatt, Iu.P. Zheltov, and I.N. Kochina, Basic concepts in the theory of seepage of homogeneous liquids in fissured rocks [strata], *J. Appl. Math. Mech.* (1960), 1286–1303.
2. A.Sh. Lyubanova, A. Tani, On inverse problems for pseudoparabolic and parabolic equations of

filtration, *Inverse problems in science and engineering*, (2011), 1023–1042.

3. A.G. Sveshnikov, A.B. Alshin, M.O. Korpusov, U.D. Pletner, *Linear and nonlinear Sobolev-type equations*, Moscow, Fizmatlit, 2007 (In Russian).
4. W. Rundell, Determination of an unknown nonhomogeneous term in a linear partial differential equation from overspecified boundary data, *Appl. Anal.* (1980), 231–242.
5. Lyubanova A.Sh. Identification of a coefficient in the leading term of a pseudoparabolic equation of filtration, *Siberian Mathematical Journal*, (2013), 1046–1058.
6. Lyubanova A.Sh., Velisevich A.V. Inverse problems for the stationary and pseudoparabolic equations of diffusion. *Applicable Analysis*, (2018) <https://doi.org/10.1080/00036811.2018.1442001>
7. Lyubanova A.Sh., The Inverse Problem for the Nonlinear Pseudoparabolic Equation of Filtration Type, *J. of Siber. Federal University. Mathematics & Physics*, (1) (2017), 4–15.
8. Pyatkov S.G., Shergin S.N. On some mathematical models of filtration theory, *Bulletin of South Ural State University. Series Mathematical modeling and programming*. (2015), 105–116.
9. Amirali I., Amiraliyev G.M., Cakir M., Cimen E. Explicit Finite Difference Methods for the Delay Pseudoparabolic Equations, *Scientific World Journal*. (2014) 497393. Doi: 10.1155/2014/497393
10. Beshtokov M.Kh. Differential and Difference Boundary Value Problem for Loaded Third-Order Pseudo-Parabolic Differential Equations and Difference Methods for Their Numerical Solution, *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. (2017), 1973–1993
11. Vabishchevich P.N. and Grigor'ev A.V. Splitting Schemes for Pseudoparabolic Equations, *Differential Equations* (2013), 807–814.
12. Luo Z.D. Teng F. A reduced-order extrapolated finite difference iterative scheme based on POD method for 2D Sobolev equation, *Applied Mathematics and Computation* (2018), 374–383.
13. O.A. Ladyzhenskaya, V.A. Solonnikov, N.N. Ural'tseva, *Linear and Quasi-Linear Equations of Parabolic Type*. Translations of Mathematical Monographs. American Mathematical Society (AMS), Providence, RI, 1968.

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ АНАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ДВИГАТЕЛЕМ

Уткин Б.В., Анишин М.Н., Газитов С.Р.
ФГБОУ ВО «ТУСУР»
89131094726, b.utkin@list.ru

В данной статье описывается анализ параметров переходного процесса для аналоговой системы управления электрическим двигателем. Проведенный анализ показал, что временные задержки в таких системах снижают быстродействие системы, поскольку время переходного процесса и характеристики колебаний увеличиваются. Кроме того, увеличение временных задержек приводит к самовозбуждению системы.

Ключевые слова — параметры переходного процесса, аналоговая система управления электродвигателем.

The analysis of the parameters of the transient process for an analog electric motor control system. Utkin B.V., Anishin M.N., Gazitov S.R. TUSUR.

This article describes the analysis of the parameters of the transient process for an analog electric motor control system. The carried out analysis showed that the time delays in such systems reduce the speed of the system, because the time of the transient process and the characteristics of the oscillation are increased. Besides, the increase of the time delays leads to self-excitation of the system.

Keywords — parameters of the transient process, an analog electric motor control system.

Введение

Использование электродвигателей в промышленности требует создания систем управления. Существует множество систем управления электродвигателями, которые включают аналоговые системы управления.

Цель этой статьи является анализ параметров переходного процесса для аналоговой системы управления электрическим двигателем.

Основное содержание

Переходной процесс в системах автоматического управления исследуется по передаточной функции или переходной характеристике системы. (рис. 1).

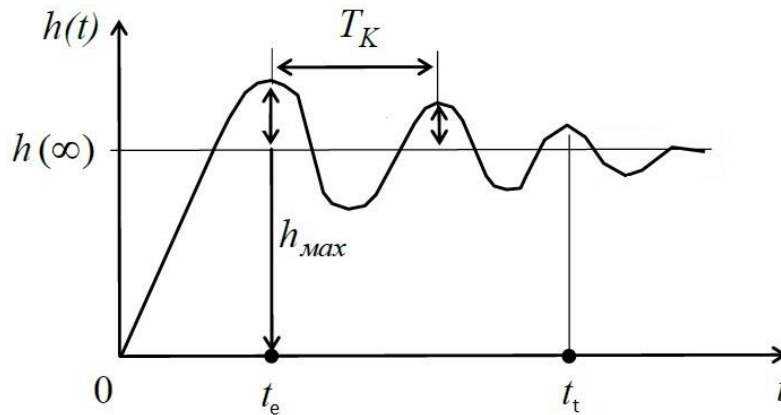


Рисунок 1 – Переходная характеристика с критериями качества переходного процесса [1]

В теории автоматического управления существует несколько критериев качества переходного процесса. Среди них можно выделить: [1]:

- t_t время переходного процесса (время от начала переходного процесса до момента, когда отклонение выходного значения от установившегося состояния составляет менее 5%);
- t_e - время установления первого максимума.
- σ - перерегулирование — максимальное отклонение выходной величины от установившегося значения

$$\sigma = \frac{h_{max} - h(\infty)}{h(\infty)} \cdot 100\% ; \quad (1)$$

C - мера колебательности — отношение первых соседних максимумов переходного процесса

$$C = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \cdot 100\% \quad (2)$$

где σ_1, σ_2 – первый и второй максимум переходного процесса.

- f_k, T_k – частота и период колебаний переходного процесса.
- N – число колебаний за время переходного процесса
- e - ошибка регулирования в установившемся режиме — отличие установившегося значения от единицы.

Для проведения анализа была использована модель системы управления двухфазным электрическим двигателем, которая была исследована в [2] (рис. 2).

Данная модель была построена в программе MATLAB Simulink. На Вход системы поступает задающее воздействие. Устройство сравнения вычисляет разность между задающим воздействием и сигналом обратной связи. Вычисленное рассогласование поступает на регулятор тока обмотки двигателя, который состоит из двух усилителей и интегратора. Для моделирования обмотки электродвигателя используется стандартная RL -модель. Данная модель состоит из активного сопротивления и индуктивности. Параметры обмоток были взяты из документации на шаговый двигатель FL39ST34-0306A. Активное сопротивление составляет 40 Ом. Индуктивность составляет 20 мГн [1].

Поскольку в реальной системе управления электродвигателем имеются временные задержки, в модели присутствует блок Transport Delay

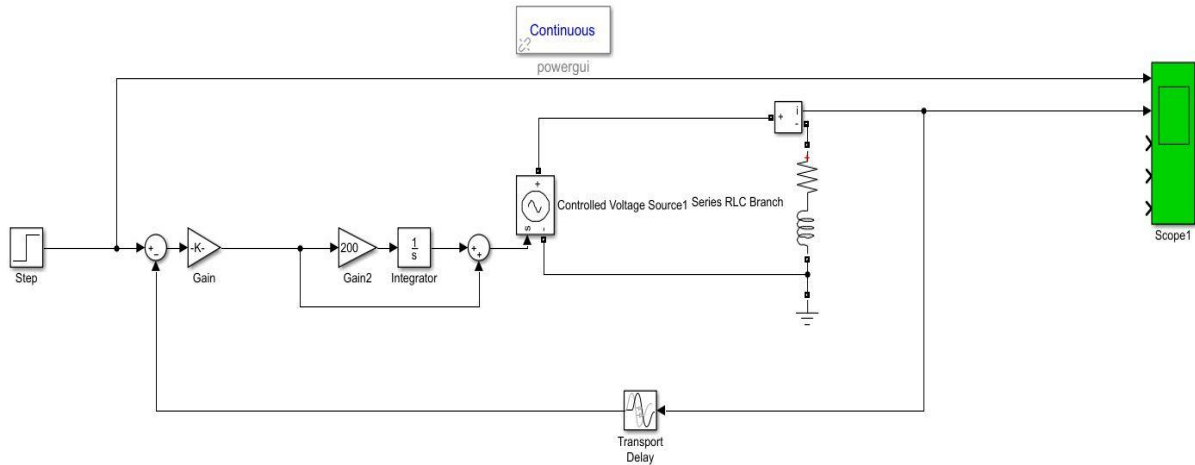


Рисунок 2 – Модель аналоговой системы управления электрическим двигателем

Для построения переходной характеристики системы на вход системы подавалось единичное ступенчатое действие (переходная характеристика – это отклик системы на воздействие функции Хевисайда).

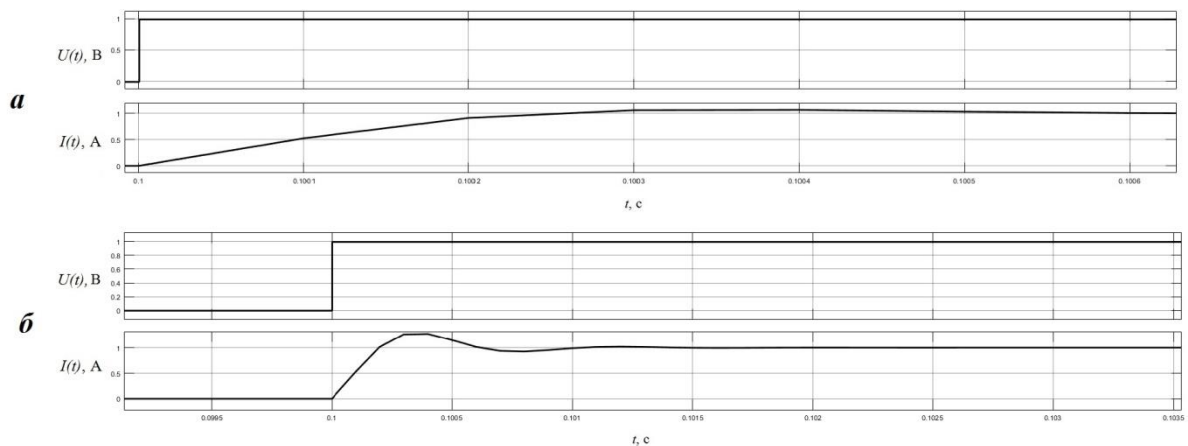
На (рис. 3) показаны осциллограммы напряжений на входе системы и тока в обмотке системы при изменении задержки от 0,1 мс до 0,35 мс.

По построенным осциллограммам и с использованием формул (1)-(2) были получены значения параметров переходного процесса. Параметры переходного процесса представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры переходного процесса

	а	б	в	г	д	е
t_{tr} , мс	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
t_i , мс	100,5	102	103,2	105,75	165	-
t_e , мс	100,35	100,35	100,4	100,4	100,5	-
σ , %	6	27	55	80	107,5	-
C , %	-	7	73	80	97	-
f_k , кГц	-	1,17	1,11	0,9	0,75	-
T_k , мс	-	0,85	0,9	1,1	1,3	-
N	1	2	3	5	45	-
e , А	0,06	0,27	0,55	0,8	1,075	-

В соответствии с осциллограммами и таблицей можно отметить, что по мере того как задержка увеличивает переходное время, перерегулирование, измерение колебаний, период колебаний переходного процесса, количество колебаний во время переходного процесса и погрешность регулирования в установившемся состоянии увеличиваются. Увеличение данных параметров свидетельствует о снижении быстродействия системы. Дальнейшее увеличение задержки приводит к самовозбуждению системы.



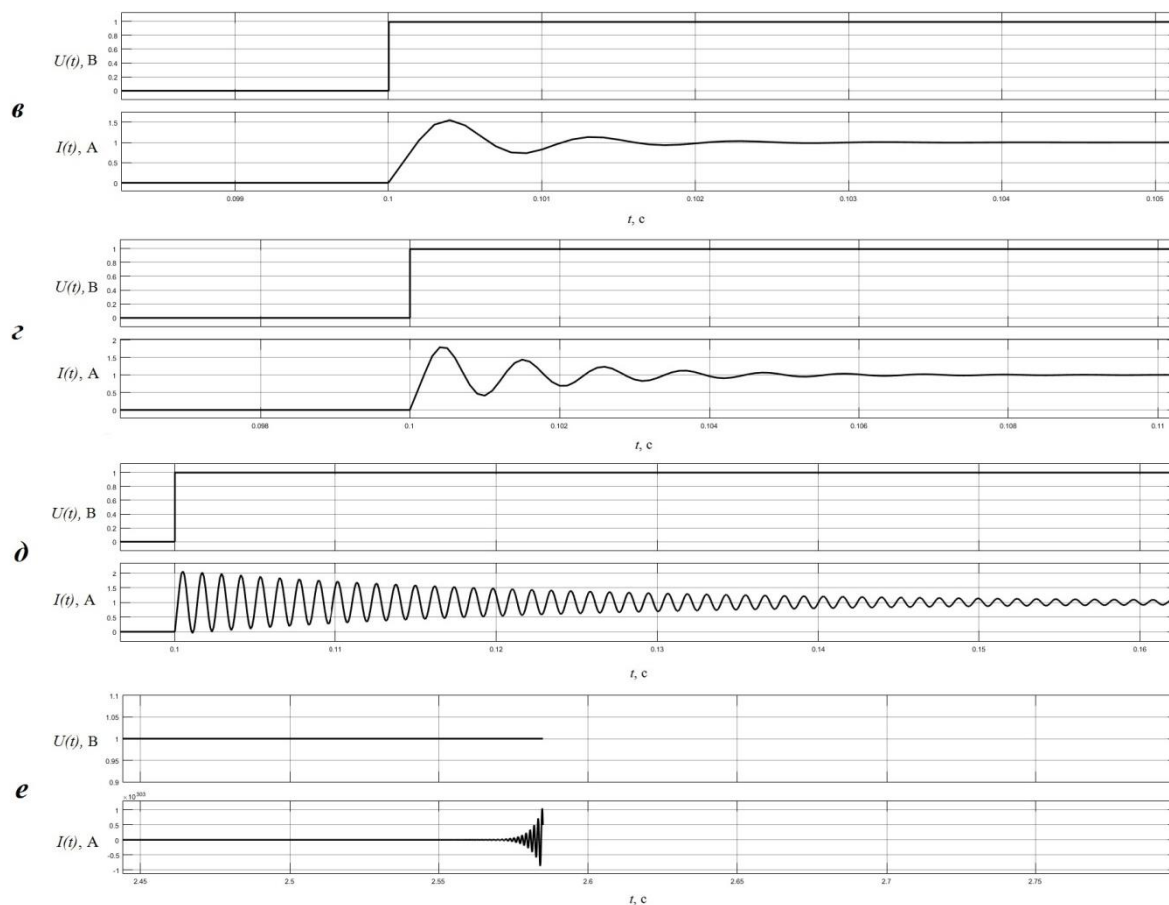


Рисунок 3 – Осциллограммы напряжений на входе системы и тока в обмотках электрического двигателя при временных задержках а – 0,1 мс, б – 0,15 мс, в – 0,2 мс, г – 0,25 мс, д – 0,3 мс, е – 0,35 мс

Заключение

Анализ параметров переходного процесса для аналоговой системы управления электродвигателем показал, что временные задержки в таких системах снижают быстродействие системы, поскольку время переходного процесса и характеристики колебаний увеличиваются. Кроме того, увеличение временных задержек приводит к самовозбуждению системы.

Таким образом, существует диапазон временных задержек, в которых система успешно работает. Чтобы расширить этот диапазон, необходимо применять специальные методы для повышения устойчивости системы.

Литература

1. Радиоавтоматика : Учебное пособие для вузов / Г. Н. Якушевич ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2005. – С. 228.
2. Уткин Б.В., Анишин М.Н., Газитов С.Р. Анализ эффективности метода оптимизации системы управления синхронными двухфазными электрическими двигателями // Материалы докладов XIV Международной научно-практической конференции «Инновационные, информационные и коммуникационные технологии», Сочи, 1-10 октября 2017 г. – С.464-468.
3. Аристов А. В. Управление двухфазным асинхронным двигателем в режиме прерывистого движения / А. В. Аристов // Доклады ТУСУР. – 2010. – № 1(21). – Ч. 2. – С. 137–141.

МНОГОСЕКЦИОННЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ С УЛУЧШЕННОЙ РАЗВЯЗКОЙ

Уткин Б.В., Анишин М.Н., Ермолов Д.В., Газитов С.Р., Тарасов С.Е.
ФГБОУ ВО «ТУСУР»
89131094726, b.utkin@list.ru

В данной статье описывается многосекционный микрополосковый направленный ответвитель с улучшенной развязкой, которая достигается за счёт добавления емкостной связи.

Ключевые слова — многосекционный микрополосковый направленный ответвитель, развязка, емкостная связь.

The multisection directional coupler with improved parameters.
Utkin B.V., Anishin M.N., Ermolov D.V., Gazitov S.R., Tarasov S.E. TUSUR.

This article describes the multisection directional coupler with improved parameters which is achieved by adding a capacitive coupling.

Keywords — the multisection directional coupler, coupling, parameters.

Введение

В настоящее время развитие СВЧ техники требует создания различных устройств в данной области. Одним из таких устройств является направленный ответвитель. Одним из возможных применений направленного ответвителя является рассматриваемое в данной статье его использование в балансных усилителях.

Целью данной статьи является описание микрополоскового ступенчатого направленного ответвителя с улучшенной развязкой за счёт добавления емкостной связи.

Основное содержание

Основным назначением проектируемого направленного ответвителя является его использование в балансном усилителе. Структурная схема балансного усилителя представлена на (рис. 1).

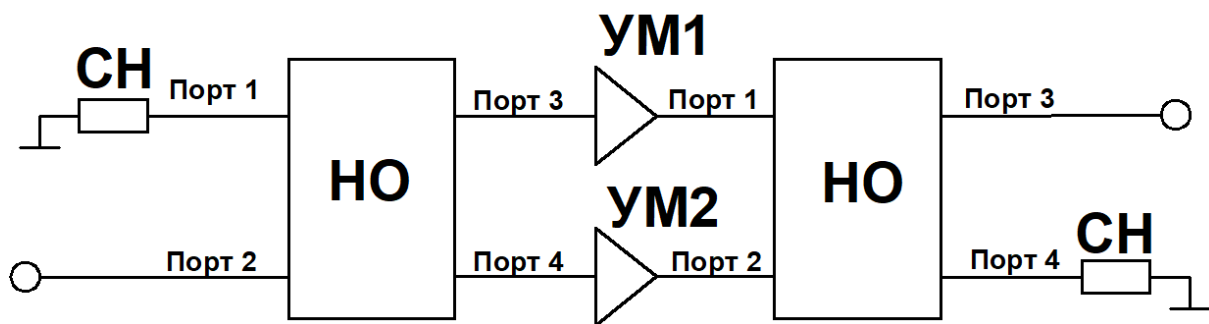


Рисунок 1 – Структурная схема балансного усилителя

Балансный усилитель состоит из двух идентичных усилителей мощности УМ1 и УМ2, а также из двух направленных ответвителей (НО). Симметричные порты направленного ответвителя нагружены на согласованную нагрузку (СН) [1-2].

Микрополосковый ступенчатый направленный ответвитель построен на связанных линиях. Спроектированный направленный ответвитель имеет волновое сопротивление входа и выхода 50 Ом, диапазон частот от 2,7 до 3,4 ГГц.

На первом этапе был реализован классический ступенчатый направленный ответвитель. Проектирование классического направленного ответвителя проводилось в среде *AWR design environment*. Внешний вид классического многосекционного направленного ответвителя на связанных линиях представлен на (рис. 2). Зависимость S-параметров от частоты для классического направленного ответвителя представлена на (рис. 3).

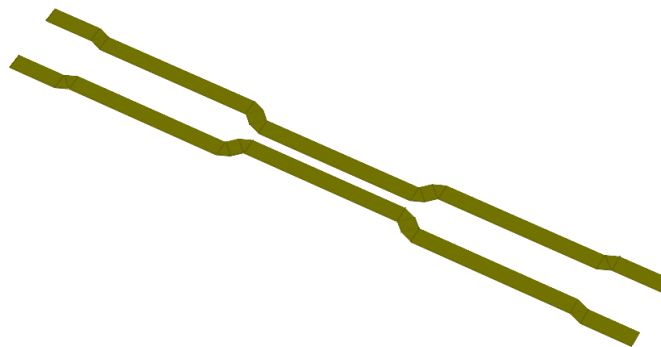


Рисунок 2 – Внешний вид топологии многосекционного направленного ответвителя на связанных линиях

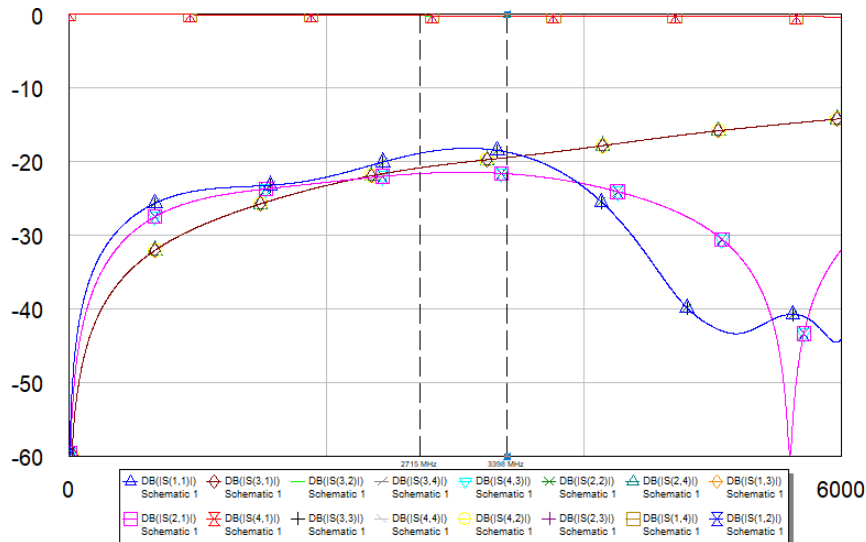


Рисунок 3 – Зависимость S-параметров от частоты для классического направленного ответвителя (без емкостной связи), полученная в программе *AWR design environment*

На втором этапе с помощью электромагнитного анализа был смоделирован направленный ответвитель, представленный на (рис. 4) (S_1 и S_2 – расстояние между микрополосковыми линиями), результаты оценки его технических характеристик проведены в программе *CST MWS 2017*.

Для построения направленного ответвителя был использован материал RO4350B с диэлектрической проницаемостью 3,66 и тангенсом угла диэлектрических потерь 0,0037. Ширина полосы линии 1,62 мм, волновое сопротивление 50 Ом, добавлена емкостная связь. Внешний вид многосекционного направленного ответвителя на связанных линиях с емкостной связью в программе *CST MWS 2017* представлен на (рис. 5).

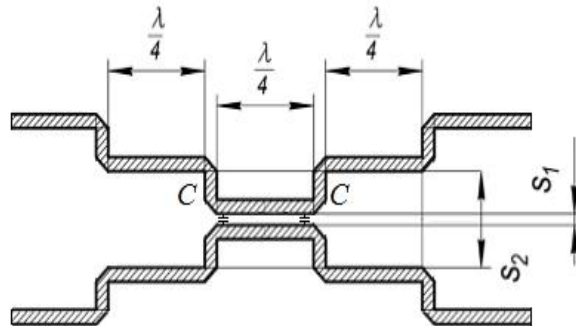


Рисунок 4 – Топология многосекционного НО на связанных линиях с емкостной связью

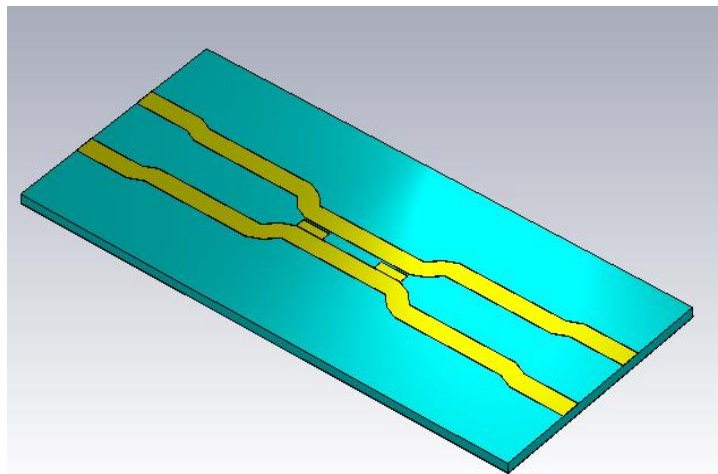


Рисунок 5 – Внешний вид многосекционного направленного ответвителя на связанных линиях с емкостной связью в программе *CST MWS 2017*

Зависимость S -параметров от частоты для направленного ответвителя с емкостной связью представлена на (рис. 6). Зависимость S -параметров от частоты представлена набором параметров матрицы рассеяния. Для подтверждения улучшения развязки для спроектированного направленного ответвителя был проведен анализ параметра S_{32} , определяющего значение развязки в децибелах, для классического направленного ответвителя и направленного ответвителя с емкостной связью. Проведенный анализ показал, что на исследуемом диапазоне частот от 2,7 до 3,4 ГГц значение параметра S_{32} для направленного ответвителя без емкостной связи составляет минус 20 дБ, а для направленного ответвителя с емкостной связью – минус 40 дБ, следовательно, спроектированный СВЧ-компонент имеет лучшую развязку, чем классический.

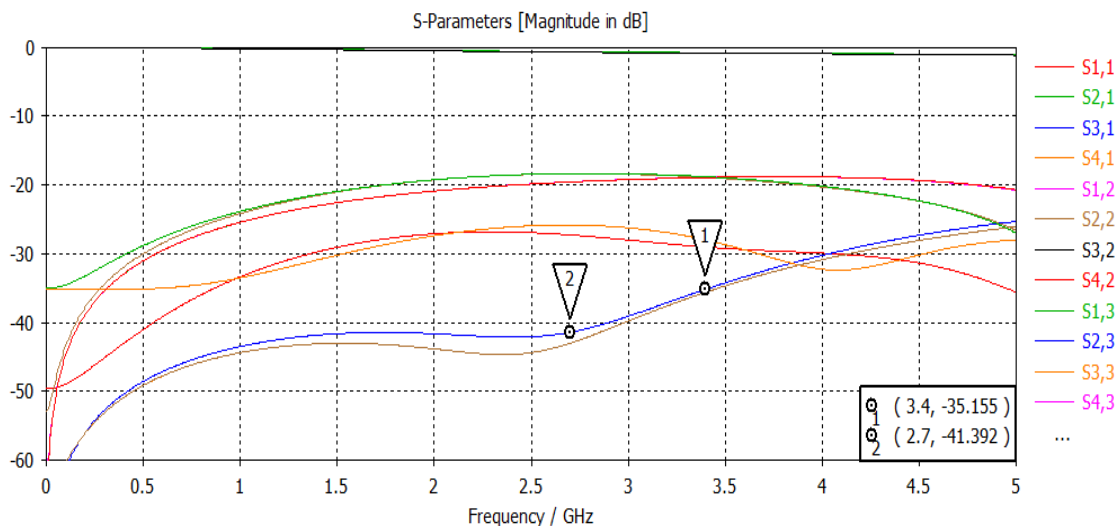


Рисунок 6 – Зависимость S -параметров от частоты для направленного ответвителя с емкостной связью, полученная в программе *CST MWS 2017*

Заключение

Анализ S -параметров, полученных для направленного ответвителя без емкостной связи и с емкостной связью показал, что на исследуемом диапазоне частот значение параметра S_{32} для направленного ответвителя без емкостной связи составляет минус 20 дБ, а для направленного ответвителя с емкостной связью – минус 40 дБ, следовательно, спроектированный СВЧ-компонент имеет лучшие показатели, чем классический.

Спроектированный направленный ответвитель с улучшенной развязкой может применяться в балансных усилителях и других узлах СВЧ-устройств. Применение направленного ответвителя с улучшенной развязкой в балансном усилителе позволит снизить потери и увеличить эффективность его работы.

Литература

1. Устройства СВЧ и антенны : Учебник для вузов / Д. И. Воскресенский [и др.] ; ред. : Д. И. Воскресенский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радиотехника, 2006. - 375 с.
2. Анализ модифицированных схем балансного типа / В. А. Суторихин // Доклады ТУСУР. – 2011. – № 1(23). – С. 71–76.

ТЕХНОЛОГИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АНАЛОГОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Абрамов О.В.

Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения РАН
+7 (908) 993-94-08, abramov@iacp.dvo.ru

Рассматривается задача оптимального синтеза аналоговых технических устройств и систем с учетом закономерностей случайных вариаций их параметров и требований надежности. Предложены алгоритмы многовариантного анализа и параметрической оптимизации по критериям надежности, основанные на технологии параллельных и распределенных вычислений

Ключевые слова: надежность, параметр, случайный процесс, область работоспособности, техническая система.

Technology of parallel computing in problems of analog engineering systems design. Abramov O.V. Institute of Automation and Control Processes for Eastern Branch RAS.

The optimal synthesis problem of analogues engineering devices and systems with due account of random parameters variations and reliability specifications is considered. Several algorithms for multivariate analysis and parametric reliability optimization based on parallel and distributed computations were proposed.

Keywords: reliability, parameter, random process, region of acceptability, engineering system

Известно, что задачи, решаемые в процессе проектирования технических устройств и систем, делятся на задачи анализа и синтеза. Задачи синтеза связаны с получением проектных вариантов, а задачи анализа – с их оценкой. Различают синтез структурный и параметрический.

Цель структурного синтеза состоит в выборе структуры объекта (системы), т.е. состава его элементов и способа их связи между собой. Цель параметрического синтеза – определение числовых значений параметров элементов системы [1,2].

Задачи анализа при проектировании сводятся к исследованию модели проектируемого объекта. Чаще всего используются математические модели, которые представляют собой совокупность математических объектов (переменных, векторов, множеств и т.п.) и отношений между ними, которые (модели) адекватно отражают свойства проектируемых систем, интересующих разработчика.

Фигурирующие в математических моделях проектируемых систем величины называют параметрами. Различают параметры, характеризующие свойства элементов – внутренние параметры $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n)$, параметры, характеризующие свойства системы, – выходные параметры $\mathbf{y} = (y_1, \dots, y_m)$ и параметры внешней по отношению к рассматриваемой системе среды – внешние параметры \mathbf{Q} .

Очевидно, что выходные параметры связаны определенными соотношениями с \mathbf{x} и \mathbf{Q} . Если эта связь может быть представлена в явной форме

$$\mathbf{y} = F(\mathbf{x}, \mathbf{Q}), \quad (1)$$

то модель называют аналитической.

В задачах проектирования достаточно сложных объектов чаще всего не удается построить аналитические модели. Поэтому обычно используются алгоритмические модели, в которых отображение (1) задается в виде алгоритма. Задачи анализа можно разделить на одновариантный анализ, в процессе которого исследуются свойства проектируемого объекта в одной точке пространства параметров, и многовариантный, при котором свойства объекта исследуют на множестве значений внутренних параметров. К задачам одновариантного анализа относится анализ статических состояний, переходных процессов, устойчивости. Многовариантный анализ может быть детерминированным или статистическим (вероятностным) в зависимости от того, какие характеристики являются результатом его реализации. Названия «одно и многовариантный анализ» подчеркивают то обстоятельство, что для их выполнения обычно требуется соответственно один или много вариантов решения уравнений математической модели.

Исходные данные для проектирования зафиксированы в техническом задании (ТЗ), включающем перечисление функций объекта, технические требования (ограничения) на выходные параметры и допустимые пределы изменения внешних параметров. Требуемые соотношения между выходными параметрами \mathbf{y} и техническими требованиями называют условиями работоспособности:

$$a_j \leq y_j(\mathbf{x}) \leq b_j, \quad j = 1, m$$

где $\mathbf{y} = \{y_j\}_{j=1}^m$ – вектор выходных параметров устройства, причем $y_j = F_j(x_1, \dots, x_n)$, а $F_j(\bullet)$ – известный оператор, зависящий от топологии исследуемого устройства.

Процесс проектирования носит итерационный характер и состоит из нескольких этапов. Синтезируется исходный вариант структуры, для него составляется математическая модель и выбираются исходные параметры элементов. Проводится расчет выходных параметров и анализ работоспособности выбранного варианта проектируемого объекта. Если получена приемлемая степень выполнения условий работоспособности, то синтезируемый вариант считается на данном этапе проектирования окончательным. Если удовлетворительный вариант не достигнут, то принимается решение о путях дальнейшего улучшения объекта. Для обеспечения требуемой или наибольшей степени выполнения условий работоспособности при заданной структуре объекта необходимо решить задачу оптимального параметрического синтеза.

Проблема оптимального параметрического синтеза (ОПС) технических устройств и систем с учетом стохастических закономерностей производственных и эксплуатационных изменений их параметров и требований надежности связана с необходимостью решения задач высокой вычислительной сложности. Суть ОПС состоит в поиске таких начальных (номинальных) значений параметров элементов системы (внутренних параметров), при которых обеспечивается максимальная вероятность выполнения условий работоспособности в течение заданного времени эксплуатации. При этом предполагается, что структура (топология) проектируемой системы и ее математическая модель известны [1,2].

Стохастический характер критерия оптимальности, многомерность пространства поиска, необходимость решения задачи глобальной оптимизации заставляют искать пути создания эффективных численных методов решения задач ОПС. Одним из наиболее радикальных путей решения задач высокой вычислительной сложности является распараллеливание процесса поиска решения. Некоторые вопросы создания эффективных параллельных методов многовариантного анализа и поисковой оптимизации, ориентированных на решение задач ОПС, рассматриваются в данной работе.

При программной реализации параллельных алгоритмов представляется целесообразным использование возможностей как современных многопроцессорных вычислительных систем, так и распределенных многомашинных комплексов, связанных локальной сетью. Главным критерием качества распараллеливания вычислений является сокращение общего времени решения задачи. Возможности для распараллеливания вычислений ограничиваются не только числом имеющихся процессоров, но и особенностями вычислительного алгоритма, который может оказаться принципиально последовательным. В задачах ОПС целесообразно использовать модель передачи сообщений и, так называемую, master-slave парадигму параллельного программирования. Один из процессоров назначается главным (master), он производит динамическую балансировку загрузки, рассылает задания остальным подчиненным процессорам (slave), формирует результаты. Распараллеливание базируется на декомпозиции последовательного алгоритма вычислений, а в качестве единицы параллелизма выступает задача однократного расчета модели системы (моделирования системы). Следует учитывать, что реализация коммуникаций (обмена данными между процессорами) на параллельном компьютере с распределенной памятью требует значительных временных затрат. Поскольку целью привлечения технологии параллельных вычислений является уменьшение времени решения задачи, то при распараллеливании алгоритма необходимо стремиться к уменьшению коммуникационных затрат на его реализацию. Один из подходов к распределению данных и минимизации коммуникационных затрат заключается в разбиении алгоритма на блоки независимых вычислений. В этом случае все процессоры параллельной вычислительной системы могут работать независимо один от другого, не нуждаясь в обмене данными.

Можно предложить следующие два варианта стратегии ОПС с использованием технологии параллельных вычислений.

В основе первой из стратегий лежит идея создания параллельных алгоритмов расчета целевой функции и параллельных алгоритмов оптимизации.

Для расчета стохастической целевой функции необходимо создание и реализация параллельного аналога метода статистических испытаний (Монте-Карло). Использование параллельных вычислений в этом методе является вполне логичным, поскольку идея параллелизма – повторения некоторого типового процесса с различными наборами данных - заложена в самой структуре метода. Интуитивно понятно, что использование k независимых процессоров и распределение между ними независимых испытаний, уменьшит трудоемкость статистического моделирования почти в k раз, поскольку затраты на заключительное суммирование и осреднение результатов практически несутся [3,4].

Простейшим из прямых методов поисковой оптимизации, обладающих свойством потенциального параллелизма, является метод сканирования.

Сущность метода заключается в том, что вся допустимая область пространства параметров разбивается на элементарные ячейки, в каждой из которых по определенному алгоритму выбирается точка: в центре ячейки, на ребрах или вершинах. В каждой ячейке осуществляется последовательный просмотр значений целевой функции и нахождение среди них экстремального значения. Точность метода, естественно, определяется тем, насколько плотно располагаются выбранные точки в области поиска.

Основным достоинством метода сканирования является то, что при его использовании с достаточно густым расположением точек всегда гарантируется отыскание глобального экстремума. Однако для этого в данном методе требуется значительный объем вычислений, снизить который удается путем распараллеливания алгоритма.

В простейшем случае нахождение решения задач оптимизации по критерию надежности или запаса работоспособности сводится к полному перебору элементов множества возможных значений

номиналов внутренних параметров D_N^{6H} , для каждого из которых осуществляется расчет соответствующей целевой функции. Учитывая цикличность процедуры вычисления целевой функции, несложно применить параллелизм по данным.

Множество D_N^{6H} разбивается на непересекающиеся подмножества $D_N^{6H} = \bigcup_{i=1}^k \{D_N^{6H}{}_i\}$, при этом

каждому j -му процессору назначается своё подмножество $D_N^{6H}{}_j$ исходных данных. Таким образом, каждый j -й процессор осуществляет расчет целевой функции для всех элементов множества $D_N^{6H}{}_j$ и находит оптимальный вектор номиналов параметров для своей подобласти. Результаты передаются главному процессору, который производит выбор оптимального вектора номиналов по всей области D_N^{6H} . Такое разбиение всего множества поиска на непересекающиеся подмножества составляют суть блока диспетчеризации параллельного (распределенного) процесса.

Для симметричного вычислительного кластера, состоящего из k равных по мощности вычислительных узлов, общее число точек разбивается на равные количества для каждого из подчиненных процессов. В случае несимметричного кластера необходимо провести предварительную процедуру оценки трудоемкости типовой процедуры метода оптимизации, в качестве которой выступает однократное моделирование работы системы, проверка условий работоспособности и вычисление значений критерия оптимальности. При этом вычислительная нагрузка делится между компонентами комплекса пропорционально их производительности [5].

По окончании работы программы диспетчеризации вычислительного процесса каждому вычислительному компоненту комплекса рассылаются границы его подмножества $D_N^{6H}{}_j$ исходных данных. Главный процессор получает результаты от подчиненных и проводит формирование окончательных результатов дискретной оптимизации на всем множестве D_N^{6H} .

Данный параллельный алгоритм обладает достаточно высокими характеристиками производительности, так как обмен между процессорами сводится к минимуму – назначению заданий и заключительной передаче результатов. Выполнение испытаний на процессорах не синхронизируется.

При одинаковых мощностях подобластей $D_N^{6H}{}_j$ и равных временных затратах на вычисление целевой функции на симметричных кластерах ускорение параллельного алгоритма сканирования практически достигает линейного. Наличие внутренних циклов порождает высокую масштабируемость алгоритма, главным условием эффективной реализации которого является пропорциональная загрузка всех участвующих в вычислениях процессоров.

Другая возможная стратегия ОПС основана на построении области допустимых значений внутренних параметров (области работоспособности) [6].

Привлекательность этой стратегии в определенной мере связана с возможностью декомпозиции общей задачи ОПС на две подзадачи. Первая из них состоит в построении, анализе и аппроксимации области работоспособности. Вторая подзадача включает вычисление целевой функции и нахождение оптимальных значений номиналов параметров. Получение решений в случае, когда известно множество значений внутренних параметров, при которых выполняются требования работоспособности (область работоспособности), не связано с необходимостью многократного обращения к математической модели проектируемой системы и проверке выполнения условий работоспособности, что значительно уменьшает трудоемкость параметрического синтеза.

Таким образом, при использовании стратегии ОПС, основанной на построении областей работоспособности, решение поставленной задачи осуществляется в два этапа, первый из которых можно считать подготовительным (построение области работоспособности), а второй – основным. Эффективное решение задач каждого из этапов обеспечивается на основе использования технологии параллельных или распределенных вычислений.

Заметим также, что использование областей работоспособности позволяет решать задачу ОПС при отсутствии информации о стохастических закономерностях эксплуатационных вариаций параметров проектируемых систем. В этом случае критерием оптимальности выбора номинальных значений параметров может быть запас работоспособности системы [7-9].

Оценить запас работоспособности можно по степени удаленности вектора внутренних параметров от границ области работоспособности. Задача оптимального параметрического синтеза в этом случае сводится к нахождению таких точек внутри области работоспособности D_x (выбора таких

номиналов параметров), которые находятся на максимальном в смысле выбранного критерия расстоянии от ее границ [6,7].

Разработанные алгоритмы реализованы на кластере IRUS 17 Центра коллективного пользования «Дальневосточный вычислительный ресурс».

Литература

1. Анализ и оптимальный синтез на ЭВМ систем управления / Под ред. А. А. Воронова, И. А. Огурка. – М: Наука, 1984.
2. Абрамов О.В. Методы и алгоритмы параметрического синтеза стохастических систем // Проблемы управления. – 2006. – № 4. – С. 3-8.
3. Абрамов О.В. Эффективный метод статистического моделирования в задачах оптимального параметрического синтеза // Информатика и системы управления, 2008. – № 1. – С. 12-16.
4. Абрамов О.В., Катуева Я.В. Параллельные алгоритмы анализа и оптимизации параметрической надежности. // Надежность. – 2005. – № 4. С. 19-26.
5. Абрамов О.В. Параллельные алгоритмы расчета и оптимизации надежности по постепенным отказам // Автоматика и телемеханика. – 2010. – №7. – С. 126-135.
6. Абрамов О.В., Назаров Д.В. Программно-алгоритмический комплекс построения, анализа и использования областей работоспособности // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2015. – № 2. – С. 3-13.
7. Абрамов О.В., Катуева Я.В., Назаров Д.А. Оптимальный параметрический синтез по критерию запаса работоспособности. // Проблемы управления. – 2007 – № 6. – С. 64-69.
8. Абрамов О.В. Возможности и перспективы функционально-параметрического направления теории надежности. // Информатика и системы управления. – 2014. – № 4. С. 53-66.
9. Абрамов О.В., Диго Г.Б., Диго Н.Б., Катуева Я.В., Назаров Д.А. Параметрический синтез технических систем в неопределенных средах // Информатика и системы управления. – 2009. – № 1. – С. 55-65.

О МЕТОДАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ПРЕДСТАВИМЫХ ПОЛИНОМАМИ ВОЛЬТЕРРА

Бойков И. В., Кривулин Н. П.

Пензенский государственный университет

(8412)36-82-59, i.v.boykov@gmail.com, krivulin@bk.ru

В работе предложены методы восстановления входных сигналов нелинейных динамических систем. Методы основаны на разработке математической модели измерительной системы, состоящей из первичного измерительного преобразователя и включенного последовательно корректирующего устройства, моделируемого рядом Вольтерра. Идентификация ряда Вольтерра проводится для того, чтобы на выходе измерительной системы наблюдался восстанавливаемый входной сигнал первичного измерительного преобразователя.

Ключевые слова: восстановление входных сигналов, моделирование, нелинейные динамические системы, идентификация, ряд Вольтерра, ядра Вольтерра.

Methods of recovery of input signals of nonlinear dynamic systems represented by Volterra polynomials. Boikov I. V., Krivulin N. P., Penza State University

The paper proposes methods for reconstruction of input signals of nonlinear dynamic systems. The methods are based on the development of a mathematical model of the measuring system consisting of a primary measuring transducer and a series-enabled correcting device, the mathematical model of which is described by a series of Volterra. The identification of the Volterra series is carried out in order to observe the restored input signal of the primary measuring transducer at the output of the measuring system.

Keywords: input signal reconstruction, modeling, nonlinear dynamical systems, identification, Volterra series, Volterra nuclear.

Введение

Как известно, большинство физических процессов являются нелинейными. Особенно сильно нелинейность сказывается во время переходных процессов, когда условия эксплуатации отличны от нормальных (например при термоударном воздействии). В этих случаях восстановление входных сигналов измерительных систем осуществляется со значительной погрешностью. Проблема восстановления входных сигналов нелинейных динамических систем возникает в различных отраслях

техники, например, при восстановлении и фильтрации изображений [1]. Это обуславливает актуальность разработки методов восстановления входных сигналов нелинейных динамических систем. Особенно актуальна эта проблема при исследовании переходных процессов.

В работе используется подход, предложенный в статье [2] при идентификации параметров линейных нестационарных динамических систем. Метод основан на разработке математической модели измерительной системы, состоящей из первичного измерительного преобразователя (ПИП) и последовательно соединенного с ним корректирующего устройства (КУ) (рис. 1).

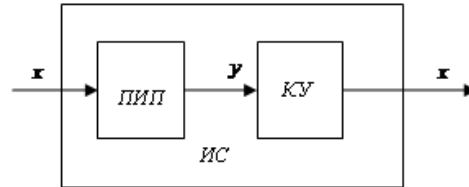


Рисунок 1 – Структурная схема измерительной системы с аппаратной коррекцией. ПИП – первичный измерительный преобразователь; КУ – корректирующее устройство; x – входной сигнал ПИП системы и выходной сигнал КУ; $y(t)$ – выходной сигнал ПИП

Математическая модель первичного измерительного преобразователя строится на основе модели типа «вход-выход», описываемой рядами Вольтерра. Преимущество данного подхода заключается в том, что не требуется знания физических законов связывающих входные и выходные величины (в основном, эти законы описываются интегральными, дифференциальными или разностными уравнениями).

В случае, если структура математической модели известна (структура интегрального, дифференциального или разностного уравнения), то для восстановления входного сигнала по данной математической модели требуется определить ее параметры. В работах [3, 4, 5] приводятся ряд результатов по параметрической идентификации нестационарных динамических систем со сосредоточенными параметрами, с распределенными параметрами и эрмитарных динамических систем, описываемых дифференциальными уравнениями с дробной производной. Параметры динамических систем, полученные в результате идентификации, используются в алгоритмах восстановления входных сигналов.

Постановка проблемы

Требуется разработать измерительную систему, состоящую из ПИП и КУ, соединенных последовательно (рис. 1), и восстанавливающую входной сигнал, поступающий на ПИП. Математически это означает, что цепь, состоящая из последовательно соединенных ПИП и КУ, реализует тождественный оператор.

Математическую модель КУ непрерывных систем представим в виде конечного ряда Вольтерра

$$x(t) = \int_0^t g_1^K(t, \tau_1) y(\tau_1) d\tau_1 + \int_0^t \int_0^t g_2^K(t, \tau_1, \tau_2) y(\tau_1) y(\tau_2) d\tau_1 d\tau_2 + \dots \quad (1)$$

$$\dots + \int_0^t \int_0^t \dots \int_0^t g_N^K(t, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N) y(\tau_1) y(\tau_2) \dots y(\tau_N) d\tau_1 d\tau_2 \dots d\tau_N,$$

где $x(t)$ – входной сигнал ПИП; $y(t)$ – выходной сигнал ПИП; $g_1^K(t, \tau_1)$, $g_2^K(t, \tau_1, \tau_2)$, ..., $g_N^K(t, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N)$ – ядра Вольтерра, подлежащие восстановлению.

В случае дискретных систем конечный ряд Вольтерра имеет вид

$$x(k) = \sum_{l=0}^k g_1^K(k, l) y(l) + \sum_{l_1=0}^k \sum_{l_2=0}^k g_2^K(k, l_1, l_2) y(l_1) y(l_2) + \dots + \sum_{l_1=0}^k \sum_{l_2=0}^k \dots \sum_{l_N=0}^k g_N^K(k, l_1, l_2, \dots, l_N) y(l_1) y(l_2) \dots y(l_N), \quad (2)$$

где $x(k)$, $k = 0, 1, \dots$ – входной сигнал ПИП; $y(k)$, $k = 0, 1, \dots$ – выходной сигнал ПИП; $g_1^K(k, l)$, $g_2^K(k, l_1, l_2)$, ..., $g_N^K(k, l_1, l_2, \dots, l_N)$, $k, l = 0, 1, \dots$ – искомые ядра Вольтерра.

Задача построения измерительной системы сводится к определению ядер Вольтерра корректирующего устройства, описываемого уравнением (1) (для непрерывных систем) или (2) (для дискретных систем).

Восстановление входных сигналов непрерывных нелинейных динамических систем

Определение ядер Вольтерра $g_1^K(t, \tau_1)$, $g_2^K(t, \tau_1, \tau_2)$, ..., $g_N^K(t, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N)$, непрерывной

нелинейной динамической системы, описываемой уравнением (1), основывается на следующем утверждении [6].

Пусть ядра Вольтерра $g_1^K(t, \tau_1)$, $g_2^K(t, \tau_1, \tau_2)$, ..., $g_N^K(t, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N)$, удовлетворяют следующим условиям:

1. Условием физической реализуемости

$$g_k^K(t, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k) = 0 \text{ при } \tau_1 > t \text{ или } \tau_2 > t \text{ или... или } \tau_k > t, k = 1, 2, \dots, N. \quad (3)$$

2. Преобразование Лапласа L_t , действующее по переменной t , преобразует ядра Вольтерра к виду:

$$G_k(p, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k) = L_t[g_k^K(t, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k)] = \int_0^{+\infty} g_k^K(t, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k) e^{-pt} dt = \hat{G}_k(p) e^{-\tau_1 q_{k1}(p) - \tau_2 q_{k2}(p) - \dots - \tau_k q_{kk}(p)}, k = 1, 2, \dots, N, \quad (4)$$

где $\hat{G}_k(p), q_{k1}(p), q_{k2}(p), \dots, q_{kk}(p), k = 1, 2, \dots, N$, – аналитические в полуплоскости $\text{Re } p \geq \alpha, \alpha = \text{const}$, функции.

При этих условиях преобразование Лапласа уравнения (1) имеет вид

$$X(p) = \hat{G}_1(p)Y(q_{11}(p)) + \hat{G}_2(p)Y(q_{21}(p))Y(q_{22}(p)) + \dots + \hat{G}_N(p)Y(q_{N1}(p))Y(q_{N2}(p)) \dots Y(q_{NN}(p)). \quad (5)$$

Доказательство данного представления приведено в работе [6], где также отмечены частные случаи.

Постановка задачи. Требуется по серии тестовых входных $x_k(t), k = 1, 2, \dots, \frac{N(N+3)}{2}$, и выходных $y_k(t), k = 1, 2, \dots, \frac{N(N+3)}{2}$, сигналов ПИП определить ядра Вольтерра корректирующего устройства измерительной системы, описываемого уравнением (1).

Предполагается, что ядра Вольтерра удовлетворяют условиям (3), (4).

Для серии входных сигналов $x_k(t), k = 1, 2, \dots, \frac{N(N+3)}{2}$, и соответствующих выходных сигналов ПИП $y_k(t), k = 1, 2, \dots, \frac{N(N+3)}{2}$, запишем систему уравнений

$$x_k(t) = \int_0^t g_1^K(t, \tau) y_k(\tau) d\tau + \int_0^t \int_0^t g_1^K(t, \tau_1, \tau_2) y_k(\tau_1) y_k(\tau_2) d\tau_1 d\tau_2 + \dots \\ \dots + \int_0^t \dots \int_0^t g_1^K(t, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N) y_k(\tau_1) y_k(\tau_2) \dots y_k(\tau_N) d\tau_1 d\tau_2 \dots d\tau_N, k = 1, 2, \dots, \frac{N(N+3)}{2}.$$

Обозначим через $X_k(p), Y_k(p)$ изображения Лапласа входных $x_k(t), k = 1, 2, \dots, \frac{N(N+3)}{2}$, и выходных $y_k(t), k = 1, 2, \dots, \frac{N(N+3)}{2}$, сигналов ПИП.

В результате получим систему уравнений

$$X_k(p) = \hat{G}_1(p)Y_k(q_{11}(p)) + \hat{G}_2(p)Y_k(q_{21}(p))Y_k(q_{22}(p)) + \dots \\ \dots + \hat{G}_N(p)Y_k(q_{N1}(p))Y_k(q_{N2}(p)) \dots Y_k(q_{NN}(p)), k = 1, 2, \dots, \frac{N(N+3)}{2},$$

относительно $\frac{N(N+3)}{2}$ искомым функций $\hat{G}_1(p), q_{11}(p), \hat{G}_2(p), q_{21}(p), q_{22}(p), \dots, \hat{G}_N(p), q_{N1}(p), \dots, q_{NN}(p)$.

Искомые ядра Вольтерра $g_1^K(t, \tau_1), g_2^K(t, \tau_1, \tau_2), \dots, g_N^K(t, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N)$ определим обратным преобразованием Лапласа по формулам

$$g_k^K(t, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} \hat{G}_k(p) e^{p t - \tau_1 q_{k1}(p) - \tau_2 q_{k2}(p) - \dots - \tau_k q_{kk}(p)} dp, k = 1, 2, \dots, \frac{N(N+3)}{2}, \sigma > \alpha.$$

После вычисления ядер Вольтерра восстановление входного сигнала проводится по формуле

$$x(t) = \int_0^t g_1^K(t, \tau_1) y(\tau_1) d\tau_1 + \int_0^t \int_0^t g_2^K(t, \tau_1, \tau_2) y(\tau_1) y(\tau_2) d\tau_1 d\tau_2 + \dots + \int_0^t \dots \int_0^t g_N^K(t, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N) y(\tau_1) y(\tau_2) \dots y(\tau_N) d\tau_1 d\tau_2 \dots d\tau_N.$$

Восстановление входных сигналов дискретных динамических систем

Как и в случае непрерывных нелинейных динамических систем, для построения дискретной измерительной системы, структурная схема которой представлена на рис. 1, требуется определить ядра Вольтерра $g_1^k(k, l)$, $g_2^k(k, l, l_2)$, ..., $g_N^k(k, l_1, l_2, \dots, l_N)$, $k, l = 0, 1, \dots$

Идентификация ядер Вольтерра нелинейных динамических систем, описываемых уравнением (2), проводится при следующих условиях [6].

Пусть ядра Вольтерра $g_1^k(k, l)$, $g_2^k(k, l, l_2)$, ..., $g_N^k(k, l_1, l_2, \dots, l_N)$, $k, l = 0, 1, \dots$ дискретной нелинейной динамической системы, описываемой уравнением (2), удовлетворяют следующим условиям:
1. Условия физической реализуемости:

$$g_1^k(k, l) = 0 \text{ при } l > k, \quad g_2^k(k, l_1, l_2) = 0 \text{ при } l_1 > k \text{ или } l_2 > k, \dots, \quad g_N^k(k, l_1, \dots, l_N) = 0 \text{ при } l_1 > k \text{ или } \dots \text{ или } l_N > k. \quad (6)$$

2. Z-преобразование ядер Вольтерра уравнения (2) удовлетворяет следующим условиям

$$G_1(z, l) = Z[g_1^k(k, l)] = \sum_{k=0}^{+\infty} g_1^k(k, l) z^{-k} = \hat{G}_1(z)[q_{11}(z)]^{-1},$$

$$G_2(z, l_1, l_2) = Z[g_2^k(k, l_1, l_2)] = \sum_{k=0}^{+\infty} g_2^k(k, l_1, l_2) z^{-k} = \hat{G}_2(z)[q_{21}(z)]^{-1}[q_{22}(z)]^{-2}, \quad (7)$$

$$\dots$$

$$G_N(z, l_1, l_2, \dots, l_N) = Z[g_N^k(k, l_1, l_2, \dots, l_N)] = \sum_{k=0}^{+\infty} g_N^k(k, l_1, l_2, \dots, l_N) z^{-k} = \hat{G}_N(z)[q_{N1}(z)]^{-1}[q_{N2}(z)]^{-2} \dots [q_{NN}(z)]^{-N},$$

где $\hat{G}_1(z)$, $q_{11}(z)$, $\hat{G}_2(z)$, $q_{21}(z)$, $q_{22}(z)$, ..., $\hat{G}_N(z)$, $q_{N1}(z)$, $q_{N2}(z)$, ..., $q_{NN}(z)$ – функции, аналитические в области $z \geq \alpha$, $\alpha = \text{const}$

При этих условиях Z-преобразование уравнения (2) имеет вид

$$X(z) = \hat{G}_1(z)Y(q_{11}(z)) + \hat{G}_2(z)Y(q_{21}(z))Y(q_{22}(z)) + \dots + \hat{G}_N(z)Y(q_{N1}(z))Y(q_{N2}(z)) \dots Y(q_{NN}(z)). \quad (8)$$

Доказательство данного утверждения и частные случаи формулы (8) представлены в работе [6].

Постановка задачи. Требуется определить ядра Вольтерра по серии тестовых входных $x_i(k)$ и выходных $y_i(k)$, $i = 1, 2, \dots, \frac{N(N+3)}{2}$, сигналов ПИП, Z-преобразование которых вычисляется по формулам

$$X_i(z) = \sum_{k=0}^{\infty} x_i(k) z^{-k}, \quad i = 1, 2, \dots, \frac{N(N+3)}{2}, \quad Y_i(z) = \sum_{k=0}^{\infty} y_i(k) z^{-k}, \quad i = 1, 2, \dots, \frac{N(N+3)}{2}.$$

Предположение, что ядра Вольтерра $g_1^k(k, l)$, $g_2^k(k, l_1, l_2)$, ..., $g_N^k(k, l_1, l_2, \dots, l_N)$ удовлетворяют условиям (6), (7), приводит к системе уравнений

$$X_i(z) = \hat{G}_1(z)Y_i(q_{11}(z)) + \hat{G}_2(z)Y_i(q_{21}(z))Y_i(q_{22}(z)) + \dots + \hat{G}_N(z)Y_i(q_{N1}(z))Y_i(q_{N2}(z)) \dots Y_i(q_{NN}(z)),$$

$$i = 1, 2, \dots, \frac{N(N+3)}{2}.$$

относительно искомым функций $\hat{G}_1(z)$, $q_{11}(z)$, $\hat{G}_2(z)$, $q_{21}(z)$, $q_{22}(z)$, ..., $\hat{G}_N(z)$, $q_{N1}(z)$, $q_{N2}(z)$, ..., $q_{NN}(z)$.

Из решения этой системы искомые ядра Вольтерра $g_1^k(k, l)$, $g_2^k(k, l_1, l_2)$, ..., $g_N^k(k, l_1, l_2, \dots, l_N)$, определяются обратным Z-преобразованием по формулам

$$g_1^k(k, l) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} \hat{G}_1(z)[q_{11}(z)]^{-1} z^{k-1} dz, \quad g_2^k(k, l_1, l_2) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} \hat{G}_2(z)[q_{21}(z)]^{-1}[q_{22}(z)]^{-2} z^{k-1} dz, \dots$$

$$\dots, \quad g_N^k(k, l_1, l_2, \dots, l_N) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} \hat{G}_N(z)[q_{N1}(z)]^{-1}[q_{N2}(z)]^{-2} \dots [q_{NN}(z)]^{-N} z^{k-1} dz, \quad \text{где } \sigma > \alpha.$$

Тогда восстановление входного сигнала в процессе эксплуатации проводится по формуле

$$x(k) = \sum_{l=0}^k g_1^k(k, l)y(l) + \sum_{l_1=0}^k \sum_{l_2=0}^k g_2^k(k, l_1, l_2)y(l_1)y(l_2) + \dots + \sum_{l_1=0}^k \sum_{l_2=0}^k \dots \sum_{l_N=0}^k g_N^k(k, l_1, l_2, \dots, l_N)y(l_1)y(l_2) \dots y(l_N).$$

Заключение

Предлагаемые методы восстановления входных сигналов, основанные на идентификации полиномов Вольтерра, могут быть использованы при синтезе измерительных систем, выполненных на различных элементных базах, и могут быть реализованы как программно, так и аппаратно.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ. Грант 16–01–00594.

Литература

1. Щербаков М. А. Итерационный метод оптимальной нелинейной фильтрации изображений // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2011. № 4 (20). С. 43–56.
2. Бойков И. В., Кривулин Н. П. Восстановление входных сигналов дискретных динамических систем // Измерительная техника. – 2017. – № 11. – С. 3–7; Boikov I. V., Krivulin N. P. Recovering the Input Signals of Discrete Dynamical Systems // Measurement Techniques. February 2018, V. 60. No. 11. P. 1073–1080.
3. Бойков И. В., Кривулин Н. П. Аналитические и численные методы идентификации динамических систем : моногр. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2016. – 398 с.
4. Кривулин Н. П. Определение параметров физических процессов, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных с переменными коэффициентами // В сборнике: Математическое и компьютерное моделирование естественнонаучных и социальных проблем / Сборник статей VIII Международной научно-технической конференции молодых специалистов, аспирантов и студентов. Под редакцией И. В. Бойкова. 2014. С. 172–178.
5. Бойков И.В., Кривулин Н.П. Параметрическая идентификация эрдитарных систем с распределенными параметрами // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2013. № 2 (26). С. 120-129.
6. Бойков И. В., Кривулин Н. П. Идентификация параметров нелинейных динамических систем, моделируемых полиномами Вольтерра // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2018. Том XXI, № 2(74). – С. 17–31.; I. V. Boikov and N. P. Krivulin Identification of Parameters of Nonlinear Dynamical Systems Simulated by the Volterra Polynomials // *Journal of Applied and Industrial Mathematics*, 2018, Vol. 12, No. 2, pp. 1-16.

СООТВЕТСТВИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ РЕГЛАМЕНТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ИЗЛУЧЕНИЙ И ПОЛЕЙ

*Грачев Н.Н., Сафонов С.Н.

*МИРЭА - Российский технологический университет, Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"

+7 (903) 214-51-56, nngrachev@mail.ru

Описаны результаты соответствия и гармонизации отечественных и зарубежных регламентов на уровне электромагнитных излучений. Рассматриваются вопросы нормирования и методики исследования воздействия электромагнитных излучений на биологические объекты, особенно человека. Рассматривая биологические эффекты, авторы справедливо указывают на противоречивость результатов в различных исследованиях. В настоящее время приведение в соответствие отечественных и зарубежных регламентов электромагнитных полей невозможно, поскольку зарубежные регламенты, как правило, не имеют медико-биологического обоснования.

Ключевые слова: электромагнитные излучения, предельно допустимые уровни, нормирование

Conformity of domestic and foreign regulations of electromagnetic radiations and fields. Grachev N.N., Safonov S.N., National Research University Higher School of Economics.

The results of conformity and harmonization of domestic and foreign regulations on the levels of electromagnetic radiation are described. The issues of rationing and research methodology are considered. Influence of electromagnetic radiation on biological objects, especially ha of a person. Considering biological effects, the authors rightly point out the inconsistency of the results in various studies. At the present time, it is impossible to harmonize domestic and foreign regulations of electromagnetic fields, since foreign regulations, as a rule, do not have a medical and biological justification.

Keywords: electromagnetic radiation, maximum permissible levels, rationing

В условиях глобализации торговли и расширения использования электрических приборов и оборудования все большую актуальность приобретают вопросы согласованности стандартов по ограничению воздействия электромагнитных полей (ЭМП) на человека, существующих в разных странах и декларируемых Международными организациями. Стандарты электромагнитной безопасности разрабатывают Европейский комитет по электротехническому нормированию (CENELEC), Немецкий институт по нормированию (DIN), Национальный Американский институт стандартов (ANSI), Международная комиссия по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP). Всемирная организация здравоохранения координирует деятельность различных организаций в направлении создания единых международных стандартов. Известно, что в настоящее время регламенты ЭМП, изложенные в национальных стандартах безопасности и документах Международных организаций существенно отличаются. В некоторых диапазонах частот различия составляют десятки и сотни раз. Так, например, в России приняты существенно более жесткие пределы экспонирования ЭМП, чем рекомендуются ICNIRP. К сожалению, несмотря на актуальность гармонизации гигиенических регламентов ЭМП, не наблюдается существенных достижений в этом направлении. В чем причина этого? Их несколько. Это и недостаточность научных исследований, обмена информацией между учеными различных стран, существенные различия в руководящих принципах нормирования фактора, которые изложены в «Руководстве по ограничению воздействия переменных электрических и магнитных полей (до 300 ГГц)», подготовленное ICNIRP в 1998 г. Целесообразно сопоставить методологию нормирования ЭМП, принятую в РФ и применяемую ICNIRP.

Нормирование ЭМП в России

Отечественное нормирование электромагнитных излучений имеет более чем пятидесятилетнюю историю [1-3]. Как в Советском Союзе, так и в России гигиенические нормативы разрабатываются научными учреждениями Академии медицинских наук и Министерства здравоохранения. Первые предельно допустимые уровни (ПДУ) ЭМП радиочастот были установлены в СССР в 1955 году и базировались на клинических данных воздействия ЭМП. Наибольший интерес к разработке методологии гигиенического нормирования проявился в 70-е годы. К этому времени в нашей стране и за рубежом был накоплен уже значительный феноменологический материал по биологическому действию радиоволн. Получены данные о зависимости биоэффектов от интенсивности, локализации и длительности воздействия ЭМП, частотного диапазона, модуляции, и других параметров излучения. Описана клиническая картина расстройств, возникающих в организме при воздействии ЭМИ высоких и низких интенсивностей. На основании обобщения результатов клинико-гигиенических и экспериментальных исследований были разработаны и утверждены «Рекомендации к проведению гигиенических и экспериментальных исследований для обоснования предельно допустимых уровней ЭМП радиочастот». В последующие годы был проведен ряд симпозиумов и семинаров, посвященных осмыслению новых данных по биологическому действию ЭМП, совершенствованию методологии нормирования ЭМИ.

Согласно сложившейся методологии, гигиенические, нормативы ЭМП разрабатываются на основании результатов специальных комплексных гигиенических, эпидемиологических, и экспериментальных научных исследований [4].

Гигиенические исследования.

При их проведении исследований оцениваются параметры электромагнитных излучений и других сопутствующих неблагоприятных факторов на рабочих местах персонала. На основании результатов данного этапа исследований разрабатывается модель для экспериментального изучения влияния электромагнитного фактора на организм животных и человека, максимально приближенная к реальным условиям облучения персонала.

Эпидемиологические исследования

Это один из важнейших этапов гигиенического нормирования. Клинические методы позволяют вести наблюдения за большим количеством людей, подвергающихся систематическому воздействию ЭМП на протяжении ряда лет, что невозможно сделать в эксперименте и, наконец, позволяют исследовать функции свойственные только человеку (психологический статус, умственную деятельность, некоторые эндокринные функции, специфические иммунологические реакции и т.д.). Метод исследования заболеваемости с временной нетрудоспособностью информативен для изучения влияния на организм факторов малой интенсивности, которые, воздействуя на неспецифические адаптационно-приспособительные механизмы, могут повышать уровень общей заболеваемости. Важнейшей функцией эпидемиологических исследований является также проверка эффективности гигиенических регламентов.

Исследования на добровольцах

Выполняются в производственных условиях в динамике рабочей смены и в условиях лабораторного эксперимента. Преимущества указанных исследований очевидны, поскольку их результаты не требуют какой-либо коррекции, как в случае эксперимента на животных. Данные

исследования на уровне целостного организма позволяют проследить сдвиги адаптивного и кумулятивного характера.

Экспериментальные исследования на животных

Необходимо отметить, что экспериментам на животных принадлежит важная роль в обосновании ПДУ и подтверждении результатов эпидемиологических исследований. В эксперименте должны максимально учитываться реальные параметры воздействующего на человека электромагнитного фактора. В условиях острого, подострого и хронического воздействия электромагнитных полей исследуется функциональное состояние наиболее чувствительных к ЭМП органов и систем организма (центральной нервной системы, показателей иммунитета, эндокринной и репродуктивной системы). В результате комплексных клинико-гигиенических и экспериментальных исследований определяется порог вредного действия. При переходе от пороговых величин к ПДУ вводится коэффициент запаса равный-10 в диапазоне СВЧ и 5- в области частот ниже 300 МГц. Указанные выше подходы частично или полностью реализованы при обосновании большинства действующих в настоящее время в России предельно допустимых уровней ЭМП.

Критерии ICNIRP определения регламентов ЭМП

Критерии ICNIRP, рассматриваемые при нормировании фактора изложены «Руководство по ограничению воздействия переменных электрических и магнитных полей (до 300ГГц)». В Руководстве изложены основные понятия, термины, определения, рассмотрены механизмы действия, биологические основы для регламентирования ЭМП, представлены рекомендуемые комиссией основные ограничения и контролируемые уровни переменных электрических и магнитных полей в производственных условиях и для населения. Документ дает представление о принятой Международной Комиссией методологии установления регламентов. На наш взгляд, ряд положений критериев Международной комиссии носят дискуссионный характер.

Комментарий первый. Согласно Руководству, регламенты ICNIRP устанавливаются на основании, анализа экспертами разрозненных, часто не сопоставимых экспериментов по изучению биологического действия ЭМП, а не на основе специальных исследований. По нашему мнению, при таком подходе невозможно определить порог вредного действия. Как уже сказано выше, в России ПДУ ЭМП разрабатываются на основе целенаправленных научных работ. На наш взгляд, нуждаются в коррекции требования ICNIRP к проведению лабораторных исследований. Их следует дополнить положениями по обоснованию модели эксперимента и продолжительности хронического воздействия ЭМП на животных, поскольку электромагнитные поля обладают выраженным кумулятивным эффектом. В России установлено, что в случае установления ПДУ для персонала, продолжительность облучения животных должна быть не менее 4-х месяцев и не менее 5-6 месяцев при установлении ПДУ для населения. Должны быть определены обязательные тесты, учитывающие установленные эффекты влияния ЭМИ на нервную, эндокринную, иммунную, репродуктивную и другие системы организма, изучаться отдаленные последствия воздействия ЭМП (канцерогенные, мутагенные, атерогенные, героэффекты). Согласно Руководству ICNIRP за основу при установлении ограничений воздействия: принимаются такие эффекты, как стимуляция периферической нервной и мышечной систем, возникновение электрических разрядов и ожогов, повышение температуры ткани. При установлении ПДУ этого недостаточно. Основное внимание в Руководстве уделяется рассмотрению биофизических аспектов, а не изучению функционального состояния целостного организма при воздействии ЭМП.

Рассматривая биологические эффекты, авторы справедливо указывают на противоречивость результатов в различных исследованиях. Этот факт имеет свое объяснение. Теоретически точное воспроизведение биоэффекта ЭМП разными исследователями (в других лабораториях) возможно, но практически не реально. Даже при абсолютной идентичности стендовой базы эксперимента не всегда удается достигнуть одинаковой равномерности поля в зоне облучения животных. Перечень факторов, влияющих на отклик организма обширен: Е и Н поляризация, градиент напряженности поля, длительность импульса и частота следования, особенности модуляции, состояние освещенности, температура воздуха, особенностей функционирования биологических объектов. Например, по нашим данным, высокоэнтропийные и низкоэнтропийные животные не одинаково реагируют на воздействие ЭМИ. Важен режим содержания животных ряд других параметров, влияющих на конечный биологический эффект. Именно поэтому регламенты могут разрабатываться на основе результатов только специальных исследований, поставленных в идентичных условиях.

Комментарий второй. В критериях ICNIRP основное внимание уделено оценке риска развития раковых заболеваний, который в настоящее время еще не имеет надежного экспериментального подтверждения. Вместе с тем и не учитываются заболевания, занимающее ведущее место в клинической картине воздействия ЭМП малой интенсивности: функциональные нарушения центральной нервной системы (астенические, астеновегетативные реакции), изменения со стороны сердечно-сосудистой системы (нейроциркуляторные дистонии, гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца), снижение иммунитета, изменение функции эндокринной и репродуктивной системы. Регистрируемая

при клинических наблюдениях патология подтверждается результатами экспериментальных исследований, выполненных на животных.

Комментарий третий. Требуется обсуждения правомерность использования в качестве основных ограничений таких физических величин, как плотность электрического тока, SAR (удельной поглощенной мощности), которые сложно измерить. Теоретические расчеты и измерения SAR на фантомах не учитывают особенностей взаимодействия ЭМП именно с живым биологическим объектом, различия в механизмах действия высоких и низких уровней ЭМП, особенности воздействия ЭМИ с различными параметрами модуляции и другие. На Рис.1 Представлена установка для исследования электромагнитного излучения мобильного телефона и результаты моделирования распределения поглощенной энергии электромагнитного излучения в голове человека.

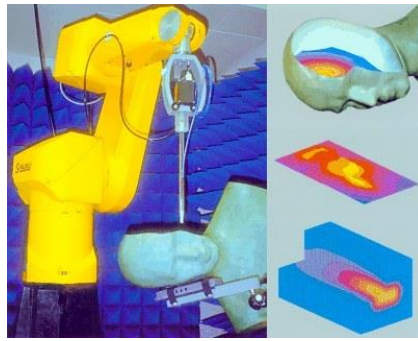


Рис.1 Установка для исследования электромагнитного излучения мобильного телефона и результаты моделирования распределения поглощенной энергии электромагнитного излучения в голове человека

Тело человека не однородно по электрофизическим свойствам. Живой организм представляет собой сложную систему с большим числом внутренних связей, изменяющихся при воздействии ЭМП. Следует подчеркнуть, что расстройства здоровья, наблюдаемые у персонала, работающего в контакте с ЭМП нетепловой интенсивности, рассматриваются клиницистами, прежде всего, как следствие нарушения в нервной регуляции взаимосвязанных органов и систем организма. На наш взгляд, использование расчетных методов правомерно для предварительного прогнозирования эффекта. По нашему мнению, основные ограничения и контролируемые уровни ЭМП, предлагаемые ICNIRP, требуют медико-биологического подтверждения путем проведения специальных экспериментальных исследований.

Очевидно, что на сегодня приведение в соответствие отечественных и зарубежных регламентов электромагнитных полей невозможно, поскольку зарубежные регламенты не имеют медико-биологического обоснования. В отличие от отечественных предельно допустимых уровней при их разработке не учитывалась кумуляцию эффекта. В Международных стандартах указаны лишь минимальные требования к интенсивности ЭМП, только для кратковременного воздействия электромагнитных полей. Представленные нормативы ЭМП носят рекомендательный характер. В Российской Федерации их соблюдение предельно допустимых уровней носит обязательный характер.

Здесь рассмотрены лишь некоторые аспекты проблемы гармонизации Международных стандартов в области регламентирования ЭМП. Очевидно, что должные подходы к таким сложным научным вопросам могут быть достигнуты только в междисциплинарном сотрудничестве и обмене опытом биологов, врачей, инженеров, биофизиков. Решению задач разработки согласованных документов по гармонизации международных и национальных стандартов должна предшествовать работа по унификации методических принципов регламентирования ЭМИ. Российский национальный комитет предпринимает активные шаги по информированию международного сообщества ученых о результатах фундаментальных клинико-гигиенических и экспериментальных исследований, выполненных в стране по изучению кумулятивных эффектов, отдаленных последствий воздействия электромагнитных полей, роли модуляции в биологической эффективности ЭМИ. РНКЗНИ принимает активное участие в организации международных и национальных конференций, симпозиумов, совещаний, круглых столов по проблемам биологического действия и гигиенического нормирования ЭМП. Однако существенных достижений в вопросе разработки согласованных международных стандартов ЭМП не наблюдается. Успешное решение этих задач во многом зависит от активности и конструктивной позиции Всемирной организации здравоохранения.

Литература

1. Мырова Л.О. Влияние опасных излучений на человека/ Л.О.Мырова, Н.Н.Грачев, В.Н.Никитина – М.: ООО «ВИЗАВИ». 2017. – 414 с.

2. Грачев Н.Н., Мырова Л.О. Защита человека от опасных излучений/Н.Н.Грачев, Л.О.Мырова – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2005, - 317 с.
3. Авраамов Ю.С., Грачев Н.Н., Шляпин А.Д. Защита человека от электромагнитных воздействий. – МГИУ, 2002.
4. Никитина В.Н. К вопросу о гармонизации Российских гигиенических нормативов электромагнитных полей и регламентов международной комиссии по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP) / Сб. докладов 7 Международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии. - СПб, 26-29 июня 2007. - С.341. - 343.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГИБРИДНЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ СТОХАСТИЧЕСКИХ МНОГОЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ

Диго Г.Б., Диго Н.Б.*

Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН
bernatsk@iacp.dvo.ru, digo@iacp.dvo.ru

Анализируются основные трудности, возникающие при оптимизации многоэкстремальных стохастических целевых функций в условиях ограниченности или отсутствия информации о характеристиках технических систем, и возможные пути их преодоления. Рассмотрены аспекты реализации эволюционных вычислений на основе гибридных алгоритмов применительно к проблемам оптимального параметрического синтеза.

Ключевые слова: многоэкстремальная стохастическая целевая функция, поисковая оптимизация, распараллеливание вычислений, гибридный алгоритм, эволюционные вычисления.

On the use of hybrid algorithms for optimization of stochastic multiextremal objective functions. Digo G.B., Digo N.B. Institute of automation and control processes far eastern branch RAS.

The main difficulties encountered in the optimization of multiextremal stochastic objective functions in the conditions of limited or no information about the characteristics of technical systems, and possible ways to overcome them are analyzed. Aspects of the implementation of evolutionary computations based on hybrid algorithms in relation to the problems of optimal parametric synthesis are considered.

Keywords: multiextremal stochastic objective function, search optimization, computation parallelizing, a hybrid algorithm, evolutionary computations.

Введение

Один из этапов оптимального параметрического синтеза (ОПС) технических систем заключается в решении задачи глобальной оптимизации стохастической многоэкстремальной многомерной целевой функции [1]. Специфика такой задачи состоит в ее неразрешимости в общем случае, поскольку нельзя гарантировать получение решения за конечное число шагов. Сложность ее численного решения связана с большой размерностью пространства параметров (и внутренних, и выходных), с отсутствием достаточной априорной информации о характере целевой функции, дефицитом информации о случайных закономерностях процессов изменения параметров проектируемых технических систем и, как правило, неявной зависимостью выходных параметров от значений внутренних параметров. Экстремум целевой функции приходится искать в условиях ее нелинейности и ограничений на управляемые параметры, при этом возникают различные сложности из-за недоступности или отсутствия дополнительной информации об объекте исследования. Это связано с достаточно большим объемом вычислений и требует значительных вычислительных ресурсов, поскольку практически единственным конструктивным методом расчета значений такой функции является метод статистического моделирования (метод Монте-Карло) [1]. Для его практического применения при решении задачи ОПС по критерию надежности разработаны методы, обеспечивающие сокращение временных затрат на основе использования технологии параллельных и распределенных вычислений [2–4]. Но проблема сокращения объема вычислений и временных затрат на отдельных этапах проектирования как за счет уменьшения числа циклов анализа системы, так и за счет сокращения точек перебора при поиске максимума целевой функции по-прежнему актуальна.

Постановка и анализ задачи

Возникающие при решении задач ОПС сложности, среди которых высокая вычислительная трудоемкость, изложены в [1-2]. Одним из путей уменьшения временных затрат является использование методов поисковой оптимизации на основе технологии распараллеливания вычислений. Здесь возможны различные стратегии, среди них – применение параллельных аналогов методов случайного поиска и

параллельного аналога метода сканирования (слепого поиска) [4-5]. При этом приходится учитывать наличие не только вероятностного характера критерия оптимальности и дефицита информации о случайных закономерностях процессов изменения параметров проектируемых систем, но и нелинейность целевой функции и ограничений на нее. Такой подход в реальных условиях для каждой конкретной задачи обеспечивает подбор своей последовательности шагов из разных методов, приводящей к наиболее эффективному результату на всех этапах поиска.

В описанной выше ситуации анализируется использование идей и методов эволюционных вычислений (ЭВ) [6], рассматривая их как альтернативу классическим методам поисковой оптимизации, неприемлемым в таких условиях.

Эволюционные алгоритмы (ЭА) дают возможность просматривать одновременно различные области пространства решений, находить новые области с лучшими значениями целевой функции, осуществлять поиск из множества точек, накапливать и использовать знания об исследованном пространстве поиска. Но для получения хорошего результата необходимо многократно (от сотен до миллионов раз) вычислять значения целевой функции, используя, например, технологии распараллеливания.

Поскольку эволюцию в общих чертах можно рассматривать как многоступенчатый итерационный процесс, состоящий из случайных изменений и последующего отбора, с помощью ЭВ можно находить близкие к оптимальным решения за приемлемое время. При этом будет осуществляться не просто случайный поиск, а последовательное преобразование множества решений и использование накопленной в процессе эволюции информации [7].

Как и всякие методы, ЭВ имеют свои достоинства и недостатки. К их достоинствам можно отнести широкую область применения; возможность подбора начальной популяции, комбинирования эволюционных вычислений с неэволюционными алгоритмами, продолжения процесса эволюции до тех пор, пока имеются необходимые ресурсы; пригодность для поиска в сложном пространстве решений большой размерности; отсутствие ограничений на вид целевой функции.

Недостатки ЭВ в основном касаются относительно высокой вычислительной трудоемкости, но ее можно преодолевать распараллеливанием на уровне организации ЭА и на уровне их непосредственной реализации в вычислительной системе [5].

Проведенный анализ показал целесообразность перехода к ЭВ в задачах глобальной многомерной оптимизации со стохастическими многоэкстремальными целевыми функциями.

Гибридные алгоритмы

При решении задач ОПС обычно приходится сталкиваться с тем, что заранее неизвестны характеристики целевых функций, а использование ЭВ позволяет уточнять их в ходе самого решения. Наиболее перспективными представляются адаптивные версии ЭА [8], учитывающие предысторию поиска и проблемно-ориентированную информацию об области поиска оптимальных решений. Для создания новых высокоэффективных алгоритмов может использоваться гибридизация. Потребность в ней возникает, когда применение только одного алгоритма оптимизации (классического или эволюционного) не дает удовлетворительного результата [7].

Обычно гибридный (комбинированный) алгоритм объединяет какой-нибудь стохастический алгоритм, сканирующий пространство поиска, и детерминированный алгоритм локального поиска. В допустимой области стохастическим алгоритмом проводится общий поиск, а претендент на глобальный экстремум выбирается при локальном поиске детерминированным алгоритмом без вычисления производных целевых функций.

Существует значительное число способов гибридизации поисковых алгоритмов оптимизации вообще и эволюционных алгоритмов (ЭА) в частности [9-10]. При этом гибридные алгоритмы могут объединять разные алгоритмы, а могут использовать несколько одинаковых алгоритмов с различными значениями *свободных* параметров, и преимущества одного алгоритма компенсируют недостатки другого, повышая эффективность решения задач. Кроме того, приходится выбирать различные подходы к их распараллеливанию [11-12].

Для гибридной версии ЭА и метода локального поиска [9] удобно использовать обобщенную пошаговую структуру из [13]:

Шаг 1. Генерация начальной популяции случайным образом.

Шаг 2. Оценка полученной популяции (с использованием штрафных функций).

Шаг 3. Генерация популяции потомков:

- Селекция (выбор двух индивидов из текущей популяции).
- Рекомбинация (скрещивание выбранных индивидов).
- Мутация (генетическое изменение полученного потомка).
- Локальный поиск из нескольких индивидов текущего поколения.

Шаг 4. Лечение недопустимых индивидов, если это необходимо.

Шаг 5. Переход к шагу 2, если не все поколения пройдены, иначе принятие в качестве решения задачи оптимизации наилучшего найденного индивида и значения его целевой функции.

На основе гибридных алгоритмов разработаны схемы поиска максимума алгоритмически заданных целевых функций с нелинейными функциями-ограничениями на параметры.

Формально задача ОПС представима в виде

$$\mathbf{x}_{НОМ} = \arg \max P\{\mathbf{X}(\mathbf{x}_{НОМ}, t) \in D_{\mathbf{x}}, \forall t \in [0, T]\}, \quad (1)$$

где $\mathbf{X}(\mathbf{x}_{НОМ}, t)$ – случайный процесс изменения параметров; $D_{\mathbf{x}} \subset R^n$ – область работоспособности в пространстве внутренних параметров; T – заданное время эксплуатации системы. Априорная информация о форме и ориентации области работоспособности $D_{\mathbf{x}}$ отсутствует, а условия работоспособности заданы в виде системы в общем случае нелинейных неравенств

$$A_j \leq y_j(\mathbf{x}) \leq B_j, \quad j = 1, \dots, m, \quad (2)$$

$\mathbf{y} = \{y_j\}_{j=1}^m$ – вектор выходных параметров, $A_j, B_j, j = 1, \dots, m$, – ограничения на его компоненты,

$$y_j = F_j(x_1, \dots, x_n), \quad (3)$$

$F_j(\cdot)$ – известный оператор, зависящий от топологии исследуемой системы. Зависимости (3) заданы неявно, в алгоритмической форме, в виде численного решения систем уравнений [1]. Кроме того, известны технологические ограничения на внутренние параметры, описываемые линейными неравенствами

$$x_{i\min} \leq x_i \leq x_{i\max}, \quad x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

Алгоритмически заданную целевую функцию $P\{\cdot\}$ из правой части выражения (1) перепишем в виде

$$\varphi(\mathbf{x}) = P\{\mathbf{X}(\mathbf{x}_{НОМ}, t) \in D_{\mathbf{x}}, \forall t \in [0, T]\}. \quad (5)$$

Задача максимизации

$$\varphi_* = \max_{\mathbf{x} \in D_{\mathbf{x}}} \varphi(\mathbf{x}) \quad (6)$$

многоэкстремальной функции $\varphi(\mathbf{x})$, определяемой выражением (5) и ограничениями (2), (4), не имеет аналитического решения.

В алгоритмах ЭВ, предназначенных для поиска решения оптимизационной задачи альтернативные решения трактуются как особи, степень приспособленности которых определяется условиями задачи, а для их эволюции применяются операторы скрещивания, мутации и редукции (селекции или отбора) [7]. Тогда при решении задачи (6) используется ЭА, включающий следующие этапы:

1. Генерация начальной популяции (случайной совокупности неоптимальных решений).
2. Выбор родительской пары.
3. Порождение потомства для каждой родительской пары с помощью оператора скрещивания.
4. Применение оператора мутации, вносящего случайные искажения, к порожденным особям.
5. Редукция особей из популяции по степени их приспособленности.
6. Повтор шагов 2–5 до выполнения критерия остановки.

Для решения задачи (6) используется гибридная структура, использующая алгоритм конкурирующих точек [14]. Он основан на принципе эволюции популяции конкурирующих между собой живых организмов, находящихся в ограниченном пространстве, и следующих положениях:

- условия конкуренции одинаковы для всех решений;
- некоторые худшие решения в определенные моменты отбраковываются;
- последовательный локальный спуск каждого решения (вначале грубый, затем более точный)

происходит независимо от спуска других решений.

Выбранная гибридная структура, использующая конкуренцию, позволяет формировать простые и эффективные алгоритмы поиска глобального экстремума, сокращающие трудоемкость вычислений. Это происходит и за счет использования различных подходов их распараллеливанию. Поскольку в конкурирующем алгоритме используется несколько одинаковых алгоритмов, выбрана глобальная модель (*global model*) параллелизма, в которой используется параллелизм по данным и параллельные вычисления организованы по типу *master-slave* [11].

Заключение

Проведенный анализ трудностей, возникающих при оптимизации многоэкстремальных стохастических целевых функций в условиях неопределенности, показал, что одним из путей их преодоления является использование методов поисковой оптимизации на основе технологии параллельных вычислений и с учетом индивидуальных особенностей исследуемого объекта. В реальных

условиях это позволяет для каждой конкретной задачи подбирать последовательность шагов, обеспечивающих наилучший результат на всех этапах поиска.

Проблему сокращения объема вычислений и временных затрат на отдельных этапах поиска экстремума целевой функции предлагается решать за счет сокращения точек перебора. Предложен подход к решению задачи ОПС, реализующий эволюционные вычисления. В ситуациях, когда применение одного алгоритма оптимизации не приводит к успеху, рассмотрена возможность использования гибридных алгоритмов, объединяющих как различные алгоритмы, так и одинаковые алгоритмы с различными значениями свободных параметров. Однако необходимо учитывать, что в зависимости от применяемых при гибридизации алгоритмов могут потребоваться разные подходы к их распараллеливанию.

Рассмотрена возможность применения ЭВ для прогнозирования наступления рискованного события при управлении и эксплуатации систем ответственного назначения на основе функционально-параметрического подхода теории надежности.

Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта ДВО РАН программы «Дальний Восток», проект №18- 5-044.

Литература

1. Абрамов О.В. Параметрический синтез стохастических систем с учетом требований надежности. – М.: Наука, 1992. – 176 с.
2. Батищев Д.И. Поисковые методы оптимального проектирования. – М.: Советское радио, 1975. – 216 с.
3. Тятюшкин А.И. Многометодная технология оптимизации управляемых систем. – Новосибирск: Наука, 2006. – 343 с.
4. Абрамов О.В., Катueva Я.В. Технология параллельных вычислений в задачах анализа и оптимизации // Проблемы управления. 2003. №4. С. 11-15.
5. Абрамов О.В., Катueva Я.В. Параллельные алгоритмы анализа и оптимизации параметрической надежности // Надежность, № 4, 2005. С. 19-26.
6. Аверченков В.И. Эволюционное моделирование и его применение: монография / В.И. Аверченков, П.В. Казаков. – Брянск: БГТУ, 2009. – 200 с.
7. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие / А. П. Карпенко. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. — 446 с.
8. Родзин С.И., Родзина О.Н. Поиск оптимальных решений комбинаторных задач: теория, эволюционные алгоритмы и их приложения для проблемно-ориентированных информационных систем // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. – 2014. – № 4(19) С. 18-33.
9. Luke S. Essentials of Metaheuristics. A Set of Undergraduate Lecture Notes. Zeroth Edition. Online Version 0.5. October, 2009 (<http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/>).
10. Сулимов В. Д., Шкапов П. М. Применение гибридных алгоритмов глобальной оптимизации к экстремальным задачам для гидромеханических систем // Наука и образование: Научное издание МГТУ им Н.Э Баумана. – 2013. №11. С.141-158.
11. Карпенко А.П. Параллельные популяционные алгоритмы одно- и многоцелевой оптимизации. Режим доступа: <http://agora.guru.ru/abrau2014/pdf/240.pdf>
12. Карпенко А. П., Щербакова Н. О., Буланов В. А. Гибридный алгоритм глобальной оптимизации на основе алгоритмов искусственной иммунной системы и роя частиц // Наука и образование: Научное издание МГТУ им Н.Э Баумана. – 2014. №3. С.255-274.
13. Эволюционные методы моделирования и оптимизации сложных систем: Конспект лекций // Авторы-составители: Е.С. Семенкин, М.Н. Жукова, В.Г. Жуков, И.А. Панфилов, В.В. Тынченко. Красноярск: 2007. С. 206-515.
14. Сотник С. Л. Конспект лекций по курсу "основы проектирования систем искусственного интеллекта", 1997-1998. http://gendocs.ru/v18471/лекции_по_системам_искусственного_интеллекта

УДК 629.7.051

ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОТНОСТИ И СОСТАВА ВЕРХНИХ СЛОЁВ АТМОСФЕРЫ С ПОМОЩЬЮ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Дрейзин В. Э., Аль Кадими Али Нури Мохаммед
Юго-Западный государственный университет
8-910-314-84-45; dreizin_ve@mail.ru

Обоснована актуальность задачи исследования плотности и состава верхних слоёв атмосферы с помощью инструментальных средств, размещаемых в микро- и нано- космических аппаратах. Проведено краткое описание строения атмосферы и исследования её плотности и состава инструментальными средствами. Показаны перспективность создания специализированной аппаратуры, предназначенной для размещения на микро- и нано- космических аппаратах, для исследования плотности и состава верхних слоёв атмосферы.

Ключевые слова: земная атмосфера, верхние слои, плотность и состав воздуха, измерения, датчик, ионные ловушки.

Prospects of investigation of density and composition of top atmospheric layers with small space appliances. Dreizin V. E., Al Kadimi Ali Nuri Mohammed, South-Western State University

The relevance of the problem of studying the density and composition of the upper layers of the atmosphere with the help of tools placed on micro and nano-space vehicles is substantiated. A brief description of the structure of the atmosphere and a study of its density and composition by instrumental means is given. The prospects of the creation of specialized equipment intended for placement on micro- and nano-space vehicles are shown to study the density and composition of the upper layers of the atmosphere.

Key words: terrestrial atmosphere, upper layers, density and composition of air, measurements, sensor, ion traps.

Введение

Задача изучения Земли как целостной природной системы и её атмосферы, как важнейшей части экосистемы Земли, имеет важнейшее значение для прогнозирования дальнейшего развития земной цивилизации в связи с всё возрастающим влиянием на неё антропогенных факторов. Для этого необходимо построение глобальных математических моделей, в которые входили бы подсистемы взаимодействия между атмосферой и водой, атмосферой и поверхностью почвы, процессы в каждом из слоёв атмосферы, взаимодействие между ними, а также взаимодействие верхних слоёв атмосферы с космосом. Эти модели должны включать механизмы саморегулирования в природе и влияние деятельности человека на окружающую среду. При этом они должны учитывать специфику природных условий и климата различных регионов Земли. Такой комплекс моделей позволит не только лучше понять функционирование экосистемы Земли и прогнозировать её дальнейшее развитие, но и оценить влияние на неё крупных инженерных решений: гидросистем и крупных энергетических комплексов, промышленных зон по добыче и переработке природных ресурсов, развитие транспортных систем и городов, включая мегаполисы и т.д.

Общее строение атмосферы и её инструментальные исследования

Атмосфера является одной из важнейших составляющих экосистемы Земли. Её приповерхностный слой – тропосфера интенсивно изучался как многочисленными непосредственными наблюдениями, так и с помощью постоянно совершенствуемых инструментальных средств.

Инструментальное исследование стратосферы началось более 100 лет назад с помощью стратосферных шаров-зондов. В настоящее время они оснащаются радиотелеметрической аппаратурой и могут достигать высот в 40-45 км. С их помощью исследовался высотный профиль температуры, плотности и состава атмосферы, а также сила и направление ветров на этих высотах. Стратосферные воздушные шары позволили значительно продвинуться вперед в изучении стратосферы. С их помощью был открыт озоновый слой и изучена его роль в сохранении биосферы Земли, изучен состав воздуха на этих высотах, проведены первые исследования атмосферного электричества (хотя основной проводящий слой атмосферы – ионосфера – располагается выше: на высотах от 80 до 1000 км), получены высококачественные фотографии земной поверхности с больших высот.

Более высокие слои атмосферы долгое время были недоступны для прямых инструментальных исследований. Они изучались путём наблюдений серебристых облаков, полярных сияний и метеоров.

Серебристые облака – самые высокие облачные образования в земной атмосфере, образованные на высотах 70-95 км (обычные облака располагаются на высоте менее 12 км). Наиболее благоприятные условия для обнаружения серебристых облаков создаются, когда солнце погружается под горизонт на 6-

12 градусов. В это время тень Земли закрывает более низкие слои атмосферы и освещает расположенные в мезосфере серебристые облака, делая их видимыми.

Полярные сияния возникают в результате взаимодействия космических излучений с магнитным полем Земли. Разнообразие форм и структур полярных сияний указывает на разнообразие и сложность физических процессов, происходящих в атмосфере Земли на высотах 100-150 км.

Наблюдения метеоров могут выполняться визуально, фотографированием и с использованием радиолокаторов. Применению инструментальных методов препятствует внезапное появление метеоров и скоротечность их прохождения. Поэтому многие данные о метеорах все еще основаны на результатах визуальных наблюдений. Самым современным средством изучения метеоров является радар. Применение радиолокационной техники позволило наблюдать метеоры не только ночью в ясную погоду, но и днем, при высокой облачности, практически круглосуточно. Для этого используются обычные радары с длинами волны от 4 до 12 м. Метеорный след состоит из высокоионизированной плазмы и хорошо отражает радиоволны. Сложность состоит в том, что невозможно заранее ориентировать радиолокационную антенну на метеор, так как метеоры внезапно появляются в любой области неба, и их полет длится не долгие секунды. Поэтому радиолокационная антенна фиксируется в одном положении или медленно вращается вокруг вертикальной оси, ведя круговой обзор. Поэтому далеко не все метеоры попадают в поле антенны.

Таким образом, прямые инструментальные исследования высоких слоёв атмосферы стали возможными только с развитием ракетно-космической техники и космонавтики. Беспилотные геофизические ракеты позволяют одновременно исследовать вертикальный профиль атмосферы на высотах от 20 до 400 км. Но с помощью ракет нельзя получать информацию со значительных площадей и в течение длительного времени. Зато это можно делать с помощью пилотируемых и непилотируемых спутников и орбитальных космических станций. Таким образом, исследования с использованием ракет и искусственных спутников Земли (ИСЗ) взаимно дополняют друг друга. Но орбиты ИСЗ располагаются на высотах свыше 350-400 км. Поэтому наименее исследованными оказались слои атмосферы на высотах от 50 до 400 км, где как раз и происходят наиболее важные процессы взаимодействия атмосферы с солнечным и космическим излучением. На этих высотах важную роль могут сыграть микро- и наноспутники, запускаемые с Международной космической станции (МКС) при выходе космонавтов в открытый космос, или с борта геофизических ракет.

Современные представления об общем строении земной атмосферы представлены на рисунке 1 [1]. Самый нижний слой – *тропосфера* – характеризуется постепенным уменьшением температуры с высотой. Он простирается от поверхности Земли до средней высоты около 12 км, хотя эта высота на самом деле колеблется от 9 км на полюсах до 17 км на экваторе. Температура на этой высоте достигает первого минимума и составляет примерно - 60° С). Температура в тропосфере с высотой понижается адиабатически, т. е. изменение температуры происходит вследствие убывания давления с высотой. Температурный профиль тропосферы во многом обусловлен поступающей к поверхности Земли солнечной радиацией. В результате нагрева поверхности Земли Солнцем формируются конвективные и турбулентные потоки, направленные вверх, которые и формируют погоду.

Далее до высоты в 50 км расположена *стратосфера*. Стратосфера – второй по массе слой атмосферы Земли. В стратосфере температура воздуха плавно нарастает с высотой, достигая максимума (от минус 30°С до плюс 20°С в зависимости от сезона и широты) на высоте примерно 48 км. Такой рост температуры обусловлен взаимодействием ультрафиолетового излучения с озоновым слоем, который располагается как раз в стратосфере. Озоновый слой начинается на высотах около 8 км над полюсами и 17 км над экватором и содержит большое количество озона O₃. Под действием ультрафиолетового излучения Солнца разрушаются молекулы O₂, N₂ и образуется атомарный кислород и азот. Атомарный кислород, присоединяясь к двухатомному, образует озон O₃. Из всех атмосферных газов и частиц, участвующих в поглощении части солнечных лучей, именно озон является наиболее активным. На образование озона тратится около 5 % поступающей к Земле солнечной энергии. Реакция легко обратима. При распаде озона эта энергия выделяется, за счет чего в стратосфере происходит рост температуры. Средняя концентрация озона в атмосфере составляет около 10⁻⁶ объёмных процентов; максимальная концентрация достигается на высотах 20—25 км. При образовании озона наиболее интенсивно поглощается ультрафиолетовое излучение с длиной волны 200 нм. Образовавшийся озон интенсивно поглощает более жёсткое ультрафиолетовое излучение (с длиной волны менее 200 нм) и мягкое рентгеновское излучение, защищая тем самым биосферу Земли, и, при этом, опять распадаясь на атомарный и молекулярный кислород. В последние десятилетия на эти процессы всё большее влияние начинает оказывать хозяйственная деятельность человека. Основным влияющим фактором является наличие в атмосфере значительного количества хлорфторуглеродов (фреонов). Последние широко применяются в производстве и быту в качестве хладагентов, пенообразователей, растворителей в аэрозольных упаковках и т.д. Фреоны, поднимаясь в верхние слои атмосферы, подвергаются фотохимическому разложению с образованием окисей хлора и фтора, интенсивно разрушающих озон.

Всего в мире производится свыше миллиона тонн озоноразрушающих веществ в год. К этому следует добавить и газовые выбросы самолётов и, особенно, ракет. Один запуск тяжёлой ракеты приводит к разрушению не менее 10 млн. тонн озона.

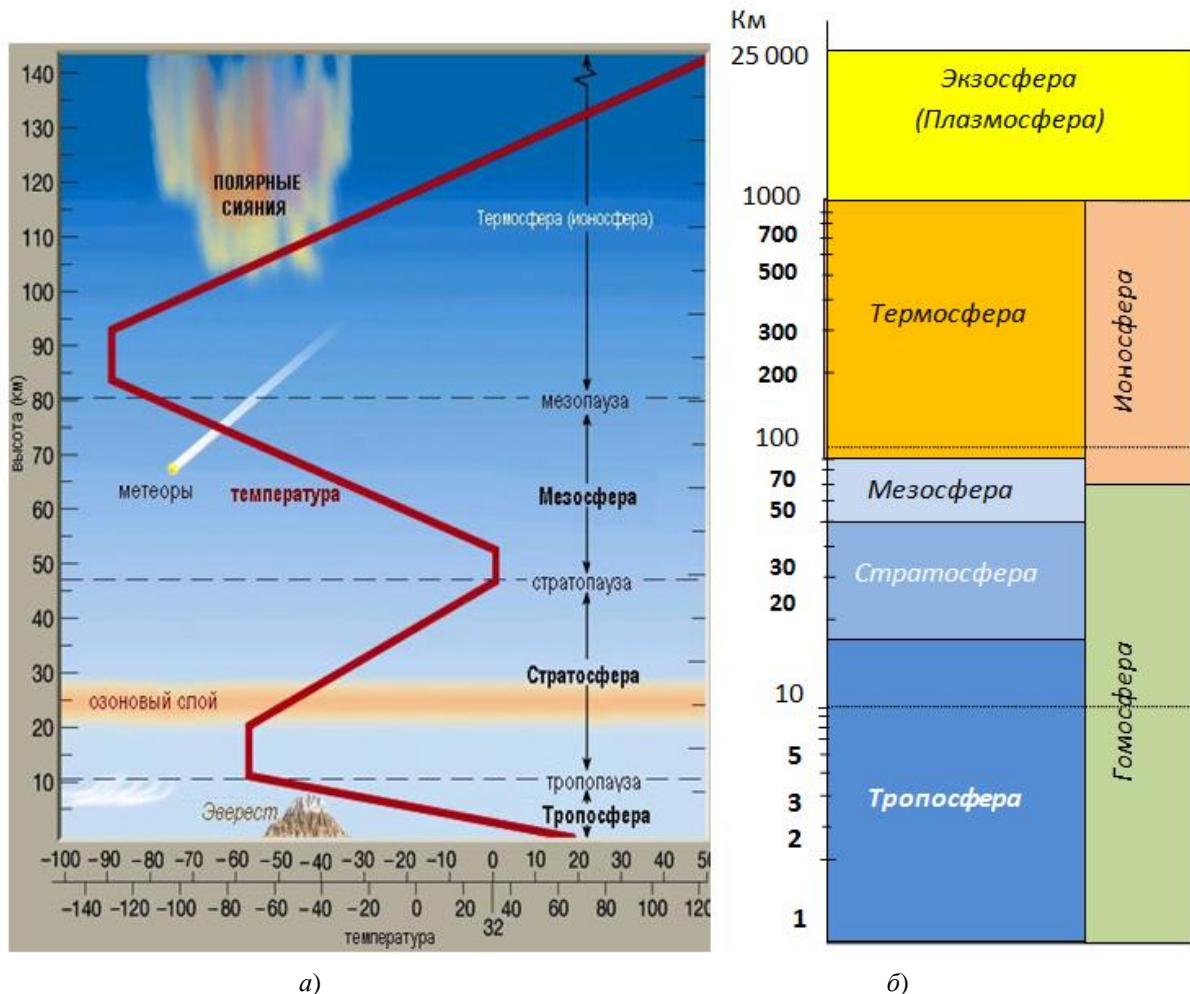


Рис. 1. Строение атмосферы
а – до высоты 150 км; б – до высоты 25 000 км

Стратосфера также влияет на погоду, хотя эти связи пока недостаточно изучены. Стратосфера вместе с тропосферой составляет 99,9% нашей атмосферы (по массе). Атмосферное давление в верхней части стратосферы составляет около 100 Па (в тысячу раз меньше, чем на уровне моря). По составу воздуха атмосфера на высотах от 0 до 70 км остаётся однородной и состоит, в основном, из молекулярных азота (N_2 – 78 %) и кислорода (O_2 – 21 %). По этой причине атмосферу до высоты в 70 км называют *гомосферой*.

Следующий слой называется *мезосферой*. Температура воздуха в мезосфере вновь плавно понижается и на высоте 85 км (мезопауза) достигает второго (более глубокого) минимума – примерно минус 93 °С. Именно в мезосфере наблюдаются вспышки метеоров от сгорающих микрочастиц, попадающих из космического пространства. Также в верхних слоях мезосферы на высотах примерно 80 км формируются серебристые облака. Заканчивается мезосфера мезопаузой на высоте примерно 85 км. Выше её лежит *ионосфера*.

Начиная с высоты свыше 80 км, под действием солнечного и галактического космического излучения происходит интенсивная ионизация молекул N_2 , O_2 и атомарного кислорода и азота. Поэтому слой атмосферы на высотах от 80 до 1000 км называют ионосферой. Следствием ионизации атомов и молекул воздуха является появление в ионосфере значительной концентрации свободных электронов. Максимальная концентрация электронов достигается на высотах 300-400 км. Однако максимальную проводимость ионосфера имеет на высоте порядка 150 км, поскольку именно на этой высоте максимальна объёмная суммарная концентрация электронов и ионов.

Ионосферная плазма интенсивно взаимодействует с геомагнитным полем, которое, в свою очередь, подвержено сильному влиянию солнечной активности. Именно благодаря этому

взаимодействию в полярных широтах возникают полярные сияния, которые в своё время служили основным источником информации о процессах, происходящих на этих высотах.

В ионосфере уже нарушается гомогенность состава атмосферы. Основными ионами являются N_2^+ и O_2^+ . Меньшую концентрацию имеют одноатомные ионы O^+ . С ростом высоты концентрация ионов O^+ понижается (максимум соответствует высоте 250-300 км), но появляются ионы водорода H^+ и начинает расти их концентрация. Область, где ионы водорода преобладают (свыше 1300 км) называют *протоносферой*, поскольку ионы водорода – это протоны.

Исследования плотности и состава атмосферы

Исследования плотности и состава атмосферы на разных высотах являются важной составляющей общих исследований земной атмосферы. Результаты этих исследований важны не только для понимания сложных процессов, происходящих в различных слоях атмосферы и построения соответствующих математических моделей, но и для практической космонавтики и долгосрочных прогнозов погоды. Однако, прямыми измерениями плотности и состав земной атмосферы исследовались лишь до высот 30-40 км, т. е. в пределах тропосферы и стратосферы (с помощью стратосферных шаровозондов). На этих высотах для измерения атмосферного давления (плотности воздуха) успешно использовались деформационные (на высотах до 20 км) и теплоэлектрические (на высотах до 50-60 км) вакуумметры. А для измерения состава воздуха – спектрометрические приборы (включая масс-спектрометры). Но на больших высотах, где давление становится менее 10 Па, теплоэлектрические вакуумметры (не говоря уже о деформационных) непригодны, а использовать ионизационный метод затруднительно, поскольку на таких высотах уже велика концентрация заряженных частиц (электронов, протонов и ионов), что может привести к большим искажениям показаний ионизационных датчиков давления. Поэтому на высотах свыше 70 км плотность атмосферы оценивалась косвенно – по наблюдениям орбит снижающихся ИСЗ. На основе многочисленных наблюдений была разработана математическая модель плотности верхних слоёв атмосферы, официально закреплённая в ГОСТ 25645.115 – 84 «Атмосфера Земли верхняя. Модель плотности для баллистического обеспечения полётов искусственных спутников Земли». Эта модель построена по данным о торможении ИСЗ, полученным за период с 1964 по 1982 годы. До высоты 120 км эта модель имеет достаточно простой аналитический вид, где лишь три переменных коэффициента, значения которых зависят только от высоты и приведены в соответствующей таблице. Но для высот от 120 км до 1500 км модель весьма сложна, её параметры зависят не только от высоты, но и от времени суток, времени года, уровня солнечной активности за рассчитываемый период времени, индекса солнечной активности на длине волны 10,7 см, среднесуточного индекса солнечной активности за 135 суток, предшествующих моменту расчёта, планетарного среднесуточного индекса геомагнитной активности, а также от более чем двух десятков коэффициентов, значения которых, в свою очередь, зависят от всех этих величин и приведены в таблицах (всего не менее 15000 значений). Там же приведена и программа для ЭВМ для проведения расчётов по этой модели. Столь высокая сложность этой модели определяется тем, что на высотах свыше 100 км атмосфера неоднородна, большое влияние на неё оказывает солнечное и галактическое излучение, состояние геомагнитной активности Земли, ионосферные токи, географические координаты, время суток и время года, предшествующие состояния солнечной и геомагнитной активности и, возможно, и другие факторы, о которых пока ничего не известно. Таким образом, данная модель основана на статистическом анализе баллистических траекторий снижающихся в результате торможения об атмосферу космических аппаратов с привлечением дополнительных сведений о географических, сезонных и суточных влияниях солнечной активности на состояния атмосферы. Поэтому прямые измерения плотности атмосферы на этих высотах очень важны. Но подходящие для этих целей инструментальные средства ещё не созданы.

Примерно аналогичная ситуация имеет место и с анализом состава воздушной среды на этих высотах. Из-за низкой плотности воздуха на таких высотах становятся неэффективными и спектрометрические приборы, рассчитанные на применение в земных условиях. Поэтому весьма актуальной является задача разработки специализированных средств прямых измерений плотности и состава воздуха на высотах свыше 50 и до 1000 км.

Выбор перспективных направлений исследований и разработок

Выше было показано, что для инструментальных исследований атмосферы на высотах от 50 до 500 км наиболее пригодны микро- и наноспутники. Малые космические аппараты (МКА) по массогабаритным показателям принято разделять на три группы: мини-КА – массой от 100 до 500 кг, микро-КА – массой 10-100 кг и нано-КА – массой до 10 кг.

Исследования околоземного космического пространства с помощью микро- и наноспутников началось совсем недавно (в 2000-х годах). Первые из них снабжались радиопередатчиками, вещавшими в радиолобительских диапазонах, и видеокамерами. Основным назначением этих первых аппаратов было

привлечение к космическим исследованиям молодёжи. Поэтому к созданию этих аппаратов широко привлекались студенты различных стран. Но вскоре стало ясно, что эти аппараты могут решать важные научные и народнохозяйственные задачи, поскольку, летая в течение нескольких месяцев над Землёй по постепенно снижающимся орбитам (до высоты 50-70 км), они могут собирать и передавать на Землю важные и для науки, и для хозяйственной деятельности, и для практической космонавтики данные о строении и составе верхних слоёв земной атмосферы и физических процессах, происходящих в них при взаимодействии с космическим и солнечным излучением. Поэтому задача создания инструментальных средств для исследования плотности и состава верхних слоёв атмосферы должна решаться для условий их размещения на микро- и наноспутниках [2].

Для прямых измерений низких давлений (а значит, и плотности) воздушной среды на больших высотах пригодны только вакуумметрические датчики на основе ионизационного метода. А из них наиболее перспективны для размещения в космических аппаратах вакуумметрические датчики с холодным катодом (инверсно-магнетронные датчики). Однако, использовать для этих целей существующие промышленные датчики не представляется возможным в силу их значительных массогабаритных характеристик и высокой потребляемой мощности [3. 4]. Но самой важной проблемой, несомненно, является влияние заряженных частиц и гамма-излучения на показания этих датчиков в условиях ближнего космоса. Для решения этой проблемы помимо совершенствования конструкции ионизационного инверсно-магнетронного вакуумметрического датчика с холодным катодом в целях существенного снижения его массогабаритных характеристик и энергопотребления необходимо снабдить его ловушками заряженных частиц (ионов, электронов и протонов) с тем, чтобы в рабочую зону ионизационного датчика могли попадать только нейтральные атомы и молекулы. В этом случае показания ионизационного датчика будут корректными, т. к. ионный ток датчика будет определяться лишь концентрацией нейтральных атомов и молекул, а гамма-излучение, от которого ловушки не защищают и интенсивность которого на этих высотах существенно выше, чем у поверхности Земли, будет лишь облегчать зажигание разряда в рабочей зоне датчика, не влияя на его показания. При этом ловушки заряженных частиц должны быть сконструированы таким образом, чтобы имелась возможность раздельно измерять концентрацию отрицательно заряженных (электронов и отрицательных ионов) и положительно заряженных (положительных ионов и протонов) частиц. Поскольку для работы инверсно-магнетронного датчика необходимо высокое напряжение (2...2,5 кВ), то это же напряжение можно использовать для ловушек заряженных частиц, работающих на принципе отклонения их траекторий в сильном электрическом поле. Более того, в этих ловушках может быть использован и масс-спектрометрический принцип измерения энергии частиц, что открывает перспективы более детального анализа состава атмосферы.

Заключение

В данной статье показана актуальность и изложены основные идеи создания специализированных инструментальных средств для исследования плотности и состава верхних слоёв атмосферы. Для их разработки необходимо провести глубокие теоретические исследования с математическим моделированием электрических и магнитных полей как в рабочей зоне самого вакуумметрического преобразователя, так и в ловушках заряженных частиц, а также происходящих в них процессов. И уже на этой основе приступить к конструкторской разработке нового комбинированного датчика и системы первичной обработки получаемой от него информации. Необходимо будет тщательно продумать методику и технические средства для проведения наземных испытаний нового прибора, что также не просто, поскольку воспроизвести в наземных условиях условия ближнего космоса весьма проблематично (важно не просто испытать его в вакуумной камере, но и смоделировать воздействие на него заряженных частиц). Проведение наземных испытаний – это общая проблема всей космической техники. Но прежде чем говорить об этом новый прибор надо создать.

Литература

1. Модель космоса: в 2 томах [Текст] / Под ред. М.И. Панасюка и Л.С. Новикова. – М.: КДУ. 2007.
2. Дрейзин В.Э., Задачи исследования околоземного космического пространства с помощью малых космических аппаратов [Текст] / В.Э. Дрейзин, А.А. Гримов // В сб.: Инфокоммуникации и информационная безопасность: состояние, проблемы и пути решения. ЮЗГУ. Курск. 2016. С. 242-247.
3. Дрейзин В.Э. Концепция построения нового поколения вакуумметров [Текст] / В.Э. Дрейзин, О.Г. Бондарь, Ю.А. Овсянников // Материалы X Междунар. конф. «Системные проблемы надёжности, качества, информационных и электронных технологий» / М.: Радио и связь, 2005. С. 211-216
4. Дрейзин В.Э. Основные направления модернизации первичных вакуумметрических преобразователей [Текст] / В.Э. Дрейзин, Ю.А. Овсянников, В.Г. Поляков // Материалы X Междунар. конф. «Системные проблемы надёжности, качества, информационных и электронных технологий» / М.: Радио и связь, 2005. С. 217-222.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ
ВНУТРИПРЕДСЕРДНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ЭЛЕКТРОГРАММ

Зарецкий А.П., Митягин К.С., Прохоров И.Б., Громыко Г.А.*, Кулешов А.П.**
Московский физико-технический институт (государственный университет), * ФГКУ «ГВКГ им.
академика Н.Н. Бурденко», ** ФГБУ «ФНЦТИО им. академика В.И. Шумакова»
mityagin@phystech.edu

Фибрилляция предсердий (ФП) является наиболее распространенным типом сердечной аритмии в клинической практике, характеризующейся хаотической проводимостью предсердий, что исключает возможность их координированного сокращения. Механизмы возникновения ФП до конца не изучены и являются предметом широких дискуссий. Считается, что аномальная проводимость электрического сигнала связана с повышенной триггерной активностью областей предсердий и возникающими сложными множественными волнами риентри, поддерживающих асинхронный ритм работы сердца. В данной работе приводится описание разработанного программно-аппаратного комплекса регистрации и обработки биполярных электрограмм, полученных при электроанатомическом картировании сердца у пациентов с фибрилляцией предсердий. Внедрение разработанного комплекса в клиническую практику позволит расширить возможности работы врача-электрофизиолога и получить инструменты картирования роторов при катетерной абляции.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, электрофизиологическое исследование, биполярные электрограммы, микроцентры, роторная активность, картирование.

Software-hardware system for recording and processing of intra-atrial bipolar electrograms. Zaretskiy A.P., Mityagin K.S., Prokhorov I.B., Gromyko G.A.*, Kuleshov A.P. **, Moscow Institute of Physics and Technology (State University), * Main Military Clinical Hospital named after N.N. Burdenko, ** National Medical Research Center for Transplantology and Artificial Organs named after V.I. Shumakov

Atrial fibrillation (AF) is the common type of cardiac arrhythmias seen in clinical practice characterized by chaotic atrial conductivity, which excludes the possibility of coordinated contraction. Underlying mechanisms of atrial fibrillation are incompletely understood and widely debated. The abnormal conductivity of electrical signal is associated with increased trigger activity and complex multiple wavefronts of microreentry that support the asynchronous heart rhythm. In this paper, we describe a developed hardware-software system for recording and processing of bipolar intracardiac electrograms from electroanatomical mapping of patients with atrial fibrillation. Implementation of developed system in clinical practice allows to expand work opportunities of electrophysiologist and obtain tools for mapping rotors on catheter ablation.

Keywords: atrial fibrillation, electrophysiological study, bipolar electrograms, microreentry, rotor activity, mapping.

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) является наиболее распространенным видом нарушений сердечного ритма. Данная патология выявляется у 2% взрослого населения и у 5.9 % людей старше 65 лет [1]. При отсутствии адекватной стратегии лечения с течением времени у большинства больных ФП прогрессирует из пароксизмальной формы в персистирующую и длительно-персистирующую, что в конечном счете приводит к развитию хронической сердечной недостаточности и повышению риска тромбоэмболического инсульта. Тактика лечения в отношении данной категории больных не до сих пор остается предметом широких научных дискуссий. Ряд исследований показывает, что применение катетерной абляции с электрической изоляцией легочных вен (ЛВ) является наиболее успешной формой интервенционного лечения ФП [2]. Однако данная процедура недостаточно эффективна (сохранение синусового ритма в течение первого года у 60-75 % пациентов) и скромные результаты у пациентов с персистирующей формой ФП стали причиной поиска и разработки различных модификаций процедуры абляции.

Понимание механизмов возникновения и поддержания фибрилляторной активности сердца создает важные предпосылки успешного превентивного лечения. В настоящее время широкое распространение получили две основные гипотезы [3]. Первая из них объясняет ФП существованием нескольких эктопических очагов, задающих высокий предсердный ритм. Вторая теория основывается на существовании множественных волн риентри, электрические волны возбуждения которых хаотически распространяются по проводящим участкам предсердной ткани. Считается также, что ключевую роль в поддержании ФП играют неоднородные зоны с замедленной рефрактерной активностью, в которых стабилизируются вихревые волны (микророторы). При переходе фронта активации через анатомические

барьеры с разной длительностью потенциала действия происходит дефрагментация волн и последующее фибрилляторное проведение в другие участки миокарда предсердий. Общие механизмы возникновения персистирующей и пароксизмальной ФП схожи с разницей в количестве локализованных роторов и частоте их фрагментации на периферии анатомических зон [4].

Прогрессирование пароксизмальной формы ФП в персистирующую обусловлено электрическим ремоделированием сердца, каждый пароксизм вызывает электрофизиологические изменения предсердий, которые способствуют возникновению аритмии. В недавно опубликованном исследовании [5] Narayan и соавторы продемонстрировали высокую эффективность применения процедуры абляции, основанной на инвазивном картировании зон локализации роторов с помощью мультиэлектродных катетеров типа “корзина”. Авторами продемонстрированы результаты по восстановлению синусового ритма у пациентов с персистирующей ФП во время абляции, кумулятивная эффективность при воздействии на роторные очаги составляла 82.4 %. Однако, высокая сложность проведения подобной процедуры ограничивает ее применимость в клинической практике.

Материалы и методы

Метод инвазивного электрофизиологического исследования нарушений ритма (ЭФИ) и картирования сердца широко используется в клинической практике более 20 лет. Хотя патофизиологические механизмы, лежащие в основе ФП, являются многофакторными, применение электроанатомического картирования во многих случаях помогает выявить доминирующие факторы. Картирование при помощи современных электродных катетеров основывается на анализе электрической активности предсердного электрофизиологического субстрата, выявление структуры которого необходимо для определения критической области возникновения и поддержания аритмии [6].

При контакте картирующего электрода с предсердной тканью записывается локальная электрограмма. В простейшей форме картирование можно провести с помощью одного биполярного электрода, перемещаемого рукой кардиохирурга по областям предсердий с регистрацией электрограмм. Методика стандартного последовательного картирования от точки к точке (“point-by-point”) подразумевает запись набора эндокардиальных сигналов, анализ особенностей которого позволяет локализовать роторную активность. Таким образом, возникает актуальная задача разработки технических средств регистрации, обработки и анализа биполярных электрограмм при электроанатомическом картировании сердца у пациентов с фибрилляцией предсердий.

Для решения данной задачи был разработан программно-аппаратный комплекс, включающий в себя персональный компьютер и макет устройства записи внутрипредсердных электрограмм. Реализованная плата макета выполняет непрерывную запись биполярных эндокардиограмм длительностью не менее 10 секунд, цифровая обработка и анализ которых осуществляется в персональном компьютере с помощью разработанного программного обеспечения Matlab. Рассмотрим функциональное устройство разработанной системы.

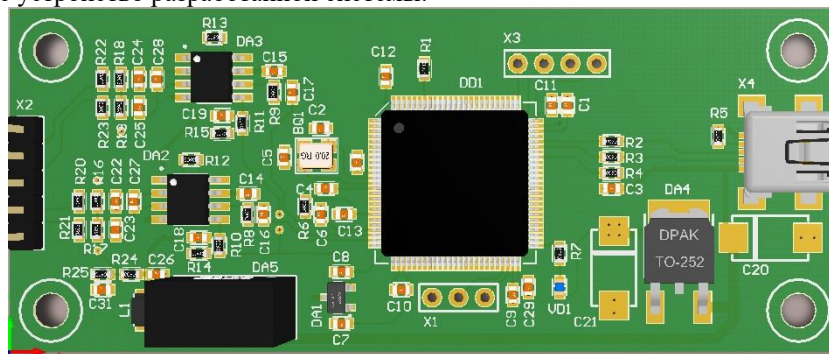


Рисунок 1 – Внешний вид платы макета регистрации эндокардиальных сигналов

Макет устройства (рис. 1) регистрации внутрипредсердных электрограмм подключается к ПК для пакетной передачи данных через USB-интерфейс. Разработанная плата подключается к 16-ти канальному пульту электродов электрофизиологической станции LabSystem Pro через экранированные кабели и обеспечивает одновременную регистрацию сигналов в двух каналах. Каждый канал съема данных осуществляет низкочастотную фильтрацию на основе RC-фильтра с частотой среза, равной 200 Гц. После фильтрации сигнал поступает в блок усиления для повышения чувствительности микроконтроллера к входному сигналу электрограммы, амплитуда которого не превышает 2 мВ. Для усиления используется операционный усилитель AD 620 RZ с опорным напряжением 1.64 В. Путем подбора резисторов получен коэффициент усиления входного сигнала, равный 1000. Такой выбор обусловлен диапазоном входного напряжения микроконтроллера, равным 3.6 В. Микроконтроллер STM32F405VGT6 осуществляет накопление данных в собственной оперативной памяти и их передачу

через кабель USB, подключенного к ПК. Питание схемы платы производится от вывода коннектора USB с напряжением 5 В. Компоненты разработанной схемы способны работать и при более низких напряжениях через dc-dc преобразователь. Устройство аналого-цифрового преобразователя (АЦП) осуществляет оцифровку сигналов с частотой дискретизации, равной 1500 Гц и 16-битной разрядностью.

При цифровой обработке зарегистрированных внутрипредсердных биполярных электрограмм используется полосно-пропускающий фильтр для удаления низко- и высокочастотных шумовых компонент. В качестве цифрового фильтра используется фильтр Баттерворта высокого порядка, которые обеспечивает минимальное искажение морфологии и сохранение частотных особенностей эндокардиальных сигналов за счет однородности характеристики в полосе пропускания без дрейфа изолинии. Нижняя частота среза фильтра составляет 3 Гц, выбор значения верхней частоты, равного 500 Гц обусловлено возможностью анализа вызванных потенциалов. Затем применяются дополнительные режекторные фильтры на 50 и 60 Гц для удаления наводок питания платы.

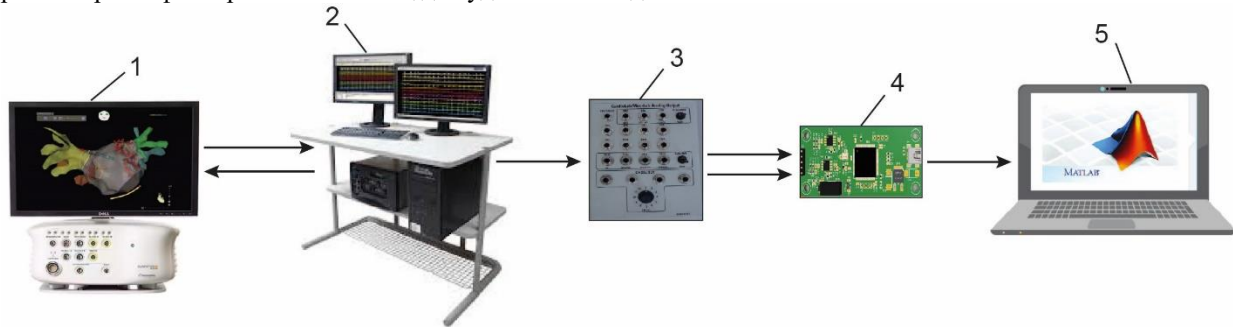


Рисунок 2 – Система сбора клинических данных

(1 – навигационная система Carto3, 2 – электрофизиологическая станция Labsystem Pro, 3 – коннектор аналоговых каналов, 4 – макет устройства регистрации предсердных сигналов, 5 – ПК)

Предварительная оценка электрофизиологической активности участков предсердий осуществляется на основе анализа доминантной частоты и расчета энтропии Шеннона отфильтрованных биполярным предсердных сигналов. Для повышения информативности оценки спектральных характеристик эндокардиограмм в качестве порогового значения используется индекс интенсивности, представляющий отношение средней мощности сигнала в окрестности доминантной частоты к средней мощности по всей полосе. Визуализация карты распределения значений доминантной частоты и энтропии Шеннона позволяет выделить наиболее интересные для дальнейшего картирования предсердные участки.

Применение биполярного катетера при последовательном картировании позволяет получить информацию о локальном времени активации на различных участках миокарда предсердий [7]. Записанный эндокардиограмма представляет собой последовательность активных и пассивных участков электрофизиологического возбуждения. При этом фрагмент активной зоны сигнала состоит из нескольких зубцов с характерными точками перегиба огибающей. Оценка скорости активации производится путем кластеризации значений точек перегиба на основе информационных признаков, учитывающих нестационарность и морфологические особенности эндокардиальных сигналов. Картирование участков фибрилляторной активности выполняется при помощи анализа производной обобщенной мгновенной фазы сигнала, полученной при декомпозиции сигнала на множественные эмпирические моды [8].

Описанные методы и алгоритмы анализа внутрипредсердных биполярных электрограмм были реализованы в программной среде Matlab. Каждый функциональный модель программы осуществляет определенный этап обработки сигнала (например, фильтрация или расчет доминантной частоты) с визуализацией результатов. Итоговые результаты анализа выводятся в графическое окно программы и записываются в текстовый файл.

Испытания разработанного программно-аппаратного комплекса проводилось на сформированной группе 27 пациентов с персистирующей ФП, проходивших лечение в кардиохирургическом отделении Главного военного клинического госпиталя имени Н.Н. Бурденко (средний возраст 59.3 ± 7.1 лет). Для каждого пациента проводилось картирование с использованием электрофизиологической станции Labsystem Pro, Bard Electrophysiology и навигационной системы Carto3, Biosense Webster (рис. 2). Запись предсердных электрограмм проводилась последовательно в 28-точках основных анатомических участков левого и правого предсердий при помощи биполярного катетера NaviStar, Biosense Webster с диаметром 3.5 мм между электродами. Полученная выборка сигналов использовалась для тестирования и отладки реализованных алгоритмов анализа предсердных электрограмм.

Заключение

По результатам проведенной работы разработан программно-аппаратный комплекс, предназначенный для регистрации, обработки и анализа внутрипредсердных биполярных электрограмм. Реализованная система позволяет расширить инструментарий работы врача-электрофизиолога при проведении электроанатомического картирования сердца у пациентов с фибрилляцией предсердий. Дальнейшая работа будет направлена на клиническую апробацию и испытания разработанного комплекса в Главном военном клиническом госпитале им. Н.Н. Бурденко.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-37-60012.

Литература

1. Kirchhof P., Auricchio A., Vax J. et al. Outcome parameters for trials in atrial fibrillation: executive summary. Recommendations from a consensus conference organized by the German Atrial Fibrillation Competence Network (AFNET) and the European Heart Rhythm Association (EHRA) // *Eur Heart J.* 2007. № 28. P. 2803-2817.
2. Kirchhof P., Calkins H. Catheter ablation in patients with persistent atrial fibrillation // *Eur Heart J.* 2016. № 10.
3. Jalife J, Berenfeld O, Mansour M et al. Mother rotors and fibrillatory conduction: a mechanism of atrial fibrillation // *Cardiovasc Res.* 2002.- 54: 204-216.
4. Sanders P, Berenfeld O, Hocini M et al. Spectral analysis identifies sites of high-frequency activity maintaining atrial fibrillation in humans // *Circulation.* 2005; 112: 789-797.
5. Narayan S.M., Krummen D.E., Shivkumar K. et al. Treatment of atrial fibrillation by the ablation of localized sources: Confirm (conventional ablation for atrial fibrillation with or without focal impulse and rotor modulation) trial // *J Am Coll Cardiol.* 2012. № 60. P. 628-636.
6. Бокерия Л. А., Филатов А. Г. Картирование аритмий // *Анналы аритмологии.* – 2012. – Т. 9. – №. 1.
7. Лян Е. В., Яшин С. М. Активационное картирование локализованного re-entry, поддерживающего фибрилляторную активность предсердий // *Вестник аритмологии.* – 2014. – №. 78. – С. 58-62.
8. Зарецкий А.П., Митягин К.С., Тычков А.Ю., Алимуратов А.К., Громыко Г.А. Метод анализа эндокардиальных сигналов на основе множественной эмпирической декомпозиции // *Сборник трудов XIII конференции ФРЭМЭ.* – 2018. – Т.1. – С. 369-373

СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ И ОРИЕНТАЦИИ ГОЛОВЫ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЙ

Захаров А.А., Баринов А.Е.*

* Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
aa-zaharov@ya.ru

В статье рассматривается разработка системы определения положения и ориентации головы человека на основе стереоизображений. Система используется для отслеживания положения и ориентации головы в тренажерах транспортных средств. При реализации системы разработан алгоритм нахождения соответствий на изображениях с использованием тепловых ядер на графах. Приведено исследование разработанного алгоритма.

Ключевые слова: компьютерное зрение, стереоизображения, положение и ориентация головы человека.

System of determining the position and orientation of the human head on the basis of stereo images. Zakharov A.A., Barinov A.E.*, *Murom Institut, Vladimir State University.

The development of the system for determining the position and orientation of the human head based on stereo images is considered in the article. The system is used to track the position and orientation of the head in vehicle simulators. The algorithm for finding correspondences on images using heat kernel on graphs is developed when implementing the system. An investigation of the developed algorithm is given in the article.

Keywords: computer vision, stereoscopic images, position and orientation of the human head.

Введение

Современные тренажеры транспортных средств являются единой системой, состоящей из множества устройств, каждое из которых имеет строго определенное назначение. В зависимости от степени сложности тренажер может имитировать либо определенные функции транспортного средства, либо полностью весь процесс управления. Тренажеры транспортных средств позволяют проводить качественную подготовку, воспроизводя сложные ситуации, которые отрабатывать в действительности опасно. Важной частью современных тренажеров является система визуализации окружающего пространства. На протяжении всего периода развития тренажеров разработке и совершенствованию этой системы уделялось большое внимание. Но даже в настоящее время создаваемый эффект присутствия в тренажере сильно отличается от ощущений водителя в реальном транспортном средстве. Одной из причин этого является то, что при синтезе окружающей обстановки в транспортном тренажере система визуализации не изменяет отображаемую картину мира в зависимости от положения и ориентации головы человека в кабине. В свою очередь, это приводит к невозможности реалистичного имитирования зеркал заднего вида и всей области вокруг транспортного средства. Это также отрицательно влияет на подготовку водителей транспортных средств. Для решения этой проблемы необходимо при моделировании виртуального пространства учитывать положение и ориентацию головы водителя.

Постановка проблемы

Создание системы определения положения и ориентации головы человека на основе изображений позволит увеличить эффект присутствия обучаемого в синтезируемой среде за счет изменения области видимости. Кроме повышения реалистичности отображения внешнего пространства, у обучающегося появится возможность освоения такого важного навыка, как контроль дорожной обстановки посредством обзора зеркал заднего вида. Это повысит качество подготовки водителей транспортных средств и в перспективе сократит количество дорожно-транспортных происшествий. Таким образом, определение положения и ориентации головы человека в пространстве на основе изображений является актуальной научно-технической задачей при создании тренажеров транспортных средств.

Выявлено, что при синтезе окружающей обстановки в большинстве транспортных тренажеров система визуализации не изменяет отображаемую картину местности в зависимости от положения и ориентации головы человека в кабине, тогда как при нахождении в реальном транспортном средстве обзор водителя в этом случае существенно изменяется (рис. 1).

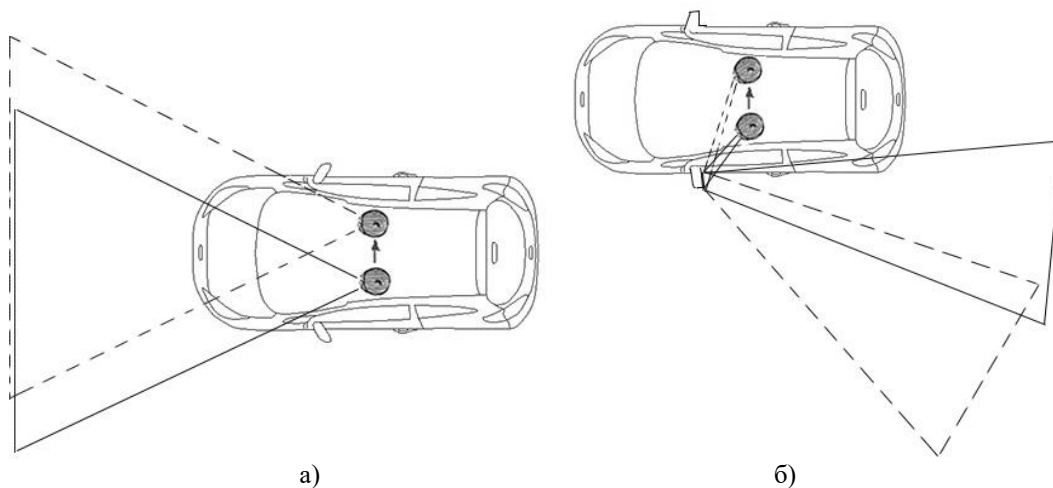


Рисунок 1 – Изменение области видимости при изменении положения и ориентации головы человека: а) изменение обзора через стекло транспортного средства; б) изменение обзора в зеркале заднего вида

Проведен анализ современных подходов к решению задачи определения положения и ориентации головы [1-3]. Было установлено, что на сегодняшний день поставленную задачу можно решить с помощью различных технологий. По принципу физического взаимодействия с отслеживаемым объектом можно выделить маркерные и безмаркерные системы. В маркерных системах принцип отслеживания состоит в использовании специальных датчиков, которые размещаются на объекте. Безмаркерные системы основаны на использовании методов компьютерного зрения и распознавания образов. Безмаркерные технологии являются более перспективными с точки зрения простоты использования, универсальности и стоимости аппаратного обеспечения.

Модель определения положения и ориентации головы
человека с использованием стереоизображений

Для определения положения и ориентации головы используется стереоустановка, состоящая из двух камер. Оптические оси камер расположены параллельно друг другу. Трехмерные координаты точки головы x , y , z находятся на основе параметров стереосистемы. Предварительно выполняется трехмерная реконструкция модели головы на основе стереоизображений с использованием алгоритма суммы абсолютных разностей (Sum of Absolute Differences, SAD). На основе трехмерной модели вычисляется текущее положение и ориентация головы.

Для отслеживания ориентации головы анализируются особые точки, выделенные на изображениях. Углы кивка $\alpha_{\text{кивок}}$, поворота $\alpha_{\text{поворот}}$ и наклона $\alpha_{\text{наклон}}$ рассчитываются относительно координатной системы стереоустановки. Определение этих углов сводится к вычислению угла между векторами, образованными соответствующими ключевыми точками в начальном и последующих положениях. Такими точками являются: крайние боковые точки (A, C), крайние верхняя и нижняя точки (B, D), центральная точка (E) (рис. 2).

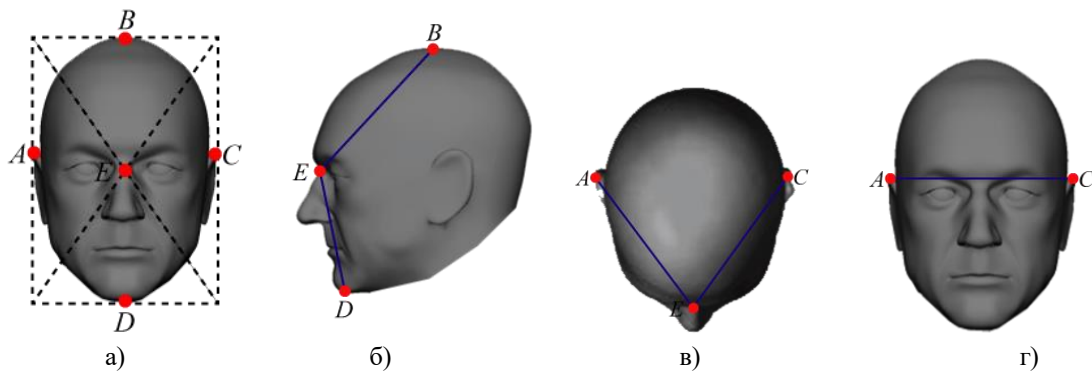


Рисунок 2 – Определение ориентации головы с помощью особых точек:

а) все особые точки; б) расчет кивка; в) расчет поворота; г) расчет наклона

Таким образом, например, для расчета наклона головы используется следующая формула

$$\alpha_{\text{наклон}} = \arccos \frac{\overline{AC} \cdot \overline{A_C C_C}}{\|\overline{AC}\| \|\overline{A_C C_C}\|}, \text{ где } \overline{AC} - \text{вектор, образованный особыми точками в начальном положении;}$$

$\overline{A_C C_C}$ – вектор, образованный особыми точками в текущем положении.

Разработка алгоритма нахождения соответствий на изображениях
с использованием тепловых ядер на графах

При разработке алгоритма предлагается использовать структурные методы компьютерного зрения с использованием спектральной теории графов. Преимуществом структурных подходов является то, что они позволяют анализировать большое множество элементов на основе малого количества простых составляющих и правил формирования графической модели. Также структурные методы позволяют описать те характеристики объекта, которые исключают его отнесение к другому классу, что повышает надежность распознавания [4, 5].

Повысить точность нахождения соответствий предлагается за счет использования только наиболее стабильных особенностей, которые присутствуют на двух сопоставляемых изображениях. Подобные стабильные особенности выделяются на начальном этапе алгоритма при помощи тепловых ядер на графах. Таким образом, используя только те особенности, которые с большей вероятностью будут присутствовать на сопоставляемых изображениях, предлагается уменьшить количество ложных соответствий. Такие особенности будут соответствовать вершинам графа, которые называются «горячими». Для нахождения соответствий между выделенными стабильными особенностями изображений используются известные дескрипторы (например, SURF).

На основе особенностей изображения головы строится граф. Определение наиболее стабильных особенностей основано на термодинамическом уравнении, которое позволяет рассматривать граф в виде физической системы, состояние которой изменяется во времени. При изменениях по ребрам графа в течение некоторого времени проходит информация. Решением термодинамического уравнения является тепловое ядро, которое описывается матрицей теплоты. Матрица теплоты графа имеет следующий вид

$$H_t(u,v) = \sum_{i=1}^{|V|} e^{-\lambda_i t} \phi_i(u) \phi_i(v), \text{ где } \lambda_i - \text{собственные значения; } \phi_i - \text{собственные векторы; } u, v - \text{вершины}$$

графа; t – время изменения состояния графа. Матрица теплоты позволяет определить «горячие» вершины графа. Взаимное расположение таких вершин устойчиво к аффинным преобразованиям. Если граф имеет m вершин, матрица теплоты состоит из m^2 элементов.

«Горячие» вершины определяются согласно условию $n_h = \{i \mid H_t(i,i) \geq \varepsilon\}$, где ε – порог, который равен $m+1$ -ому максимальному элементу матрицы H_t .

В разработанном алгоритме полученные «горячие» вершины представляются в виде иерархической структуры (рис. 3). Это позволит находить соответствия между выделенными особенностями на соответствующих уровнях иерархии, что повысит скорость вычислений.

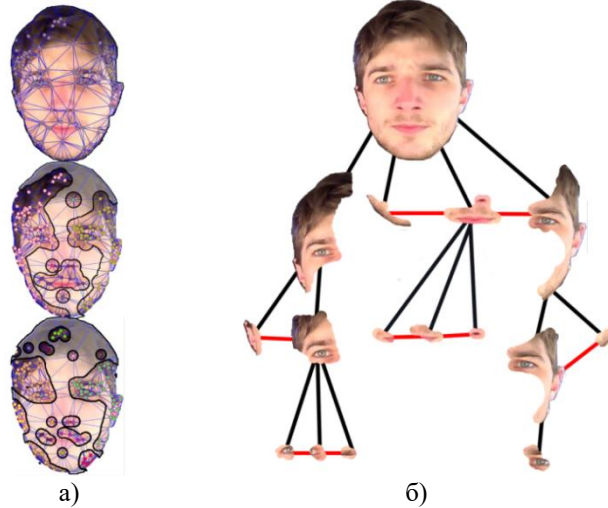
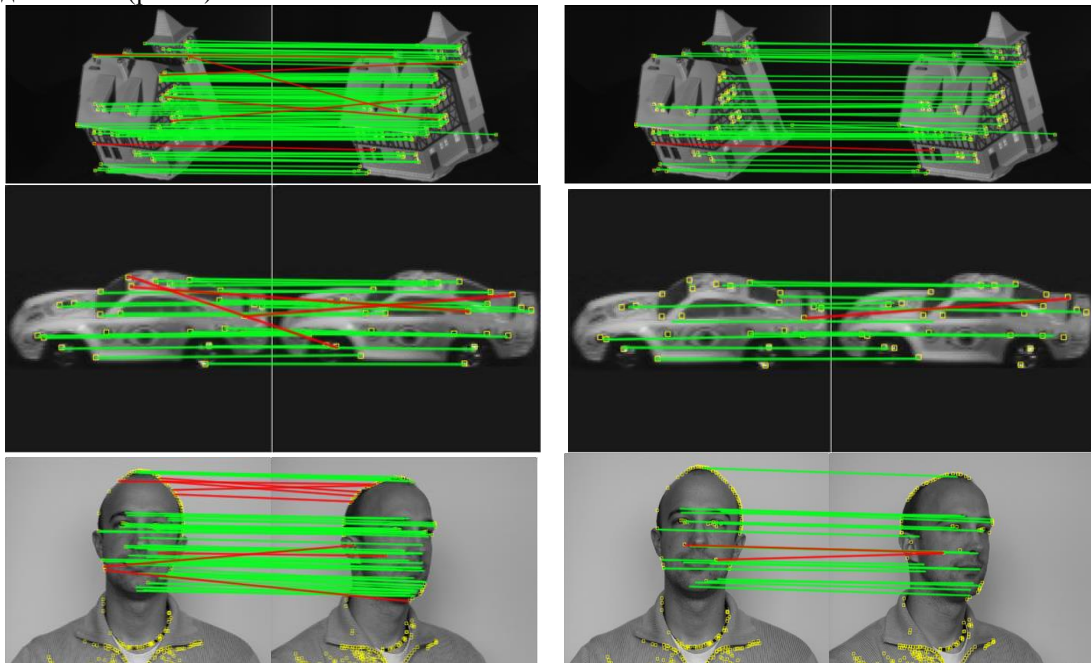


Рисунок 3 – Построение дерева «горячих» вершин: а) выделенные сегменты; б) дерево изображения

Исследование разработанного алгоритма проводилось с изображениями произвольных объектов и с изображениями лиц людей. В результате исследования была определена точность нахождения соответствий при изменении угла поворота объектов. Сравнение осуществлялось с методом SURF (рис. 4).



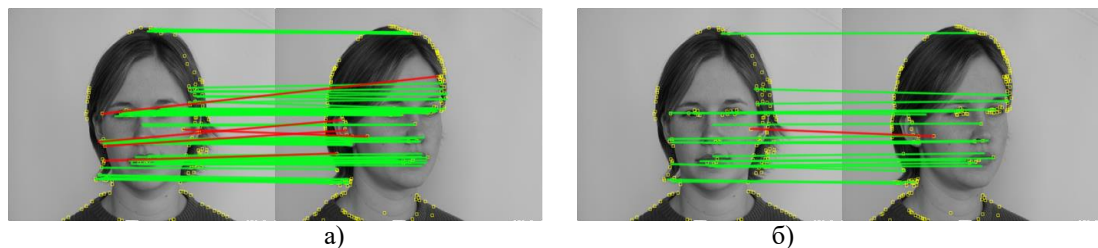


Рисунок 4 – Пример нахождения соответствий:
а) нахождение соответствий на основе метода SURF,
б) нахождение соответствий на основе разработанного алгоритма

Метод SURF находит больше соответствий, но процент ложных срабатываний выше. При увеличении угла поворота объектов до 50° количество ложных соответствий для разработанного алгоритма не превышает 10 %. Для алгоритма SURF это значение может достигать 50 % (рис. 5).

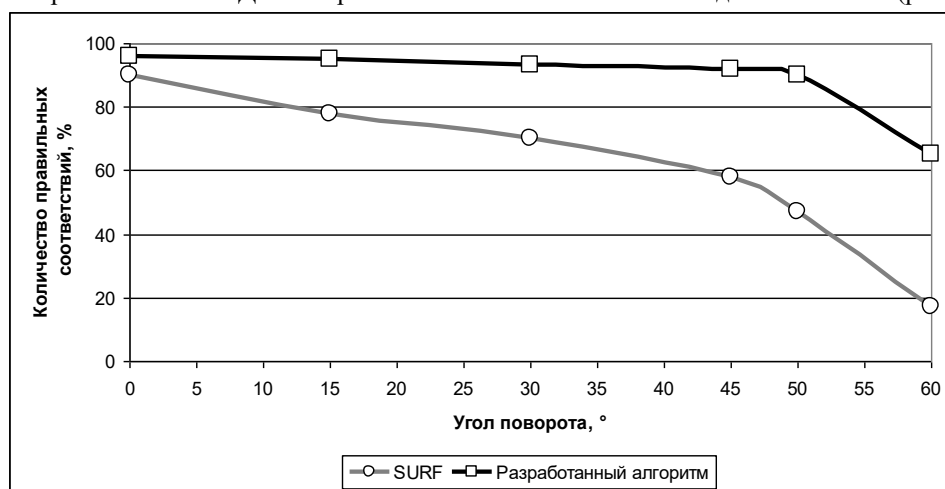


Рисунок 5 – Зависимость количества правильных соответствий от угла поворота объектов

Система реализована в среде программирования Visual Studio Community 2015 с использованием языка программирования C#. При разработке использовались как стандартные функции среды, так и сторонние библиотеки: OpenCV, ALGLIB, WebCamLib, Camera Calibration Tools.

В структуре тренажера разработанная система связана непосредственно с модулем средств отображения визуальной обстановки. В состав аппаратного обеспечения системы входят две веб-камеры Logitech C300 с матрицей 1.3 Мп (рис. 6).

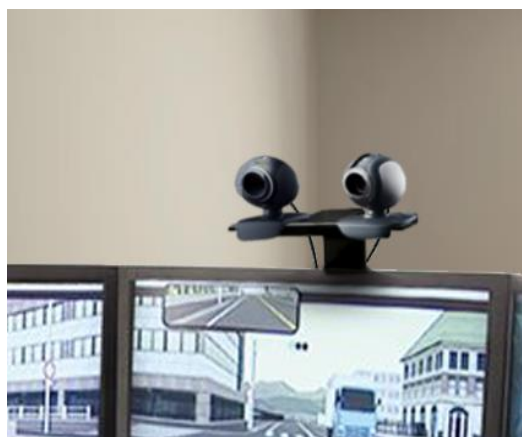


Рисунок 6 – Фиксация стереосистемы на мониторе тренажера

Заключение

Разработан и исследован алгоритм нахождения соответствий на изображениях с использованием тепловых ядер на графах, отличающийся использованием иерархических структур, построенных по наиболее стабильным областям изображения, и позволяющий уменьшать количество «выбросов» до

10% при угле поворота объекта в пространстве до 50°, что превосходит метод SURF. Реализована система определения положения и ориентации головы человека на основе стереоизображений, позволяющая повысить эффект присутствия обучаемого в синтезируемой виртуальной среде транспортного тренажера за счет изменения поля зрения.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке государственного задания Минобрнауки России (проект № 2.1950.2017/ПЧ).

Литература

1. Barinov A.E., Zakharov A.A. Graph matching algorithm in position and orientation estimation tasks // 24th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology Conference Proceedings. – 2014. – С. 411-412.
2. Баринов А.Е., Захаров А.А. Разработка алгоритма определения положения и ориентации 3d-объектов на основе извлечения градиентных особенностей изображения// Ползуновский вестник. – 2014. – № 2. – С. 50-54.
3. Тузилкин А.Ю., Захаров А.А. Нахождение соответствий на изображениях с использованием приближенного сравнения графов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 4. – С. 130-132.
4. Фу К. Структурные методы в распознавании образов. – М.: Мир, 1977. – 317 с.
5. Цветкович Д., Дуб М., Захс Х. Спектры графов. Теория и применение. – Киев: Наукова думка, 1984. – 384 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ ФОТОШАБЛОНОВ

Зо Мин Кхаинг

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Обнаружение дефектов является сложной задачей визуального распознавания; в статье представлен метод моделирования нейронной сети с разным количеством нейронов скрытого слоя для классификации дефекта фотомаски. Используется стандартный тип первичной нейронной сети с 3-мя слоями: входного слоя, скрытого слоя и выходного слоя. Число нейронов во входном слое зависит от количества входных параметров, а количество нейронов в выходном слое связано с целевыми данными обучающего набора данных. Отсутствие правила фиксации количества нейронов в скрытом слое и, следовательно, определения количества скрытых слоев и количества нейронов в каждом скрытом слое является сложной проблемой при использовании нейронной сети для решения любой задачи. В статье представлены результаты различных экспериментов, проведенных для обучения нейронной сети, наилучший результат получился при количестве нейронов в скрытом слое равным 11.

Ключевые слова: Искусственная нейронная сеть, классификация дефектов, фотомаска.

Simulation of a neural network for the classification of defects in photomask. Zaw Min Khaing, National Research University of Electronic Technology (MIET)

Defect detection is a complex task of visual recognition and in this article, the simulation of a neural network with a different number of hidden layer neurons for the classification of a photomask defect is presented. The standard type of classical neural network with 3 layers is used: the input layer, the hidden layer and the output layer. The number of neurons in the input layer depends on the number of input parameters, and the number of neurons in the output layer is associated with the target data of the training data set. There is no rule to fix the number of neurons in a hidden layer and therefore determining the number of hidden layers and the number of neurons in each hidden layer is a difficult problem when using a neural network to solve any problem. In this article, various experiments performed to train the neural network are presented; the best result was obtained with the number of neurons in the hidden layer equal to 11.

Keywords: Artificial neural network, classification of defects, photomask.

Нейронные сети используются в самых разных приложениях, большинство из которых связаны с распознаванием образов [1-4] и можно использовать для обнаружения дефектов топологии фотомаски. Точность изготовления микросхем определяется стабильностью параметров процесса и точностью топологии фотомаски (ФС). Поэтому задача разработки методов автоматического распознавания дефектов топологии весьма актуальна. В данной работе разрабатывается метод повышения достоверности автоматического контроля топологии фотомаски на основе нейротехнологии.

Распознавание дефектов фотошаблонов и интегральных схем требует записи фотошаблонов и соответствующих схемы с использованием свето-оптических или электронно-микроскопических методов (электронно-лучевое сканирование, рентгеновское сканирование). Все методы используют определенный вид пучка (свет, электроны) для сканирования данного изображения и записи измеренных значений интенсивности. Разрешение системы сканирования зависит от длины волны используемого излучения. Наивысшее разрешение, работающее со свето-оптическими методами, получается с использованием жестких рентгеновских лучей. Типичный результат сканирования показан на рисунке 1.

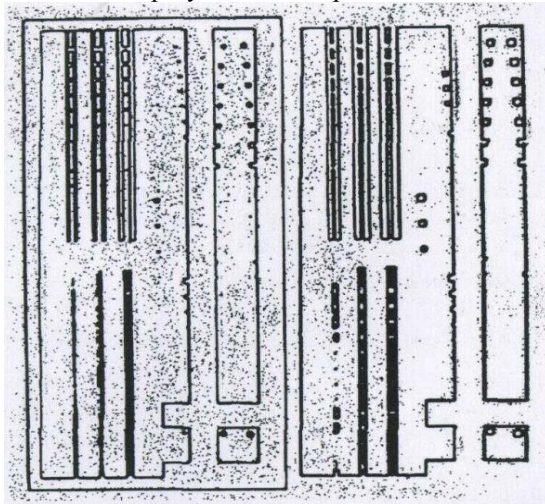


Рис.1. Типичное сканирующее изображение фотомаски

Отсканированное изображение имеет небольшую зашумленность из-за внешних сбоях (например, сильное освещение, тени) и неточных методов записи. Эти дефекты должны быть перехвачены системами технического контроля. Основная проблема заключается в том, чтобы различать реальные дефекты и допустимые отклонения. Как показано на рисунке 2, типы отказов разделены на четыре основных класса дефектов: дефект связи, краевой дефект, угловой дефект и отверстие (пятно)[5].

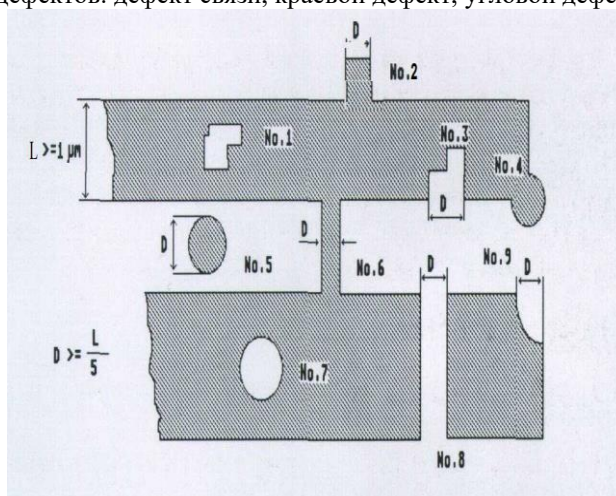


Рис.2. Типы отказов фотошаблона

Таб.1. Классы дефектов фотомаски

Тип дефекта	Номер дефекта на рис. 4.2
отверстие (пятно)	1,5,7
дефект связи	6,8
краевой дефект	2,3
угловой дефект	4,9

Наиболее распространенный метод для распознавание дефектов называется попиксельное сравнение шаблона и маски. Результатом является только список различий, но не классификация дефектов. Затем классификация должна быть выполнена самим пользователем. Основным недостатком

этого метода является требуемая высокая трудоемкость и временные затраты. Другая классическая методика проверки основана на проверке правил проектирования. Оба метода требуют мощных вычислительных ресурсов для приемлемой производительности в отношении времени обработки [6]. Использование нейронные сети дает следующие преимущества по сравнению с использованием обычных методов:

- высокая производительность из-за параллельной обработки данных;
- гибкость системы технического контроля путем способности обучения;
- нечувствительность к возмущениям (например, шум);
- способность сокращения количество (используемых) данных и хорошие возможности классификации

Наиболее часто используемая архитектура нейронной сети представляет собой прямую сеть с использованием хорошо известного алгоритма обучения обратного распространения. Поэтому эту архитектуру и алгоритм обучения используют для распознавания дефектов. Общий алгоритм работы приведен на рисунке 3.

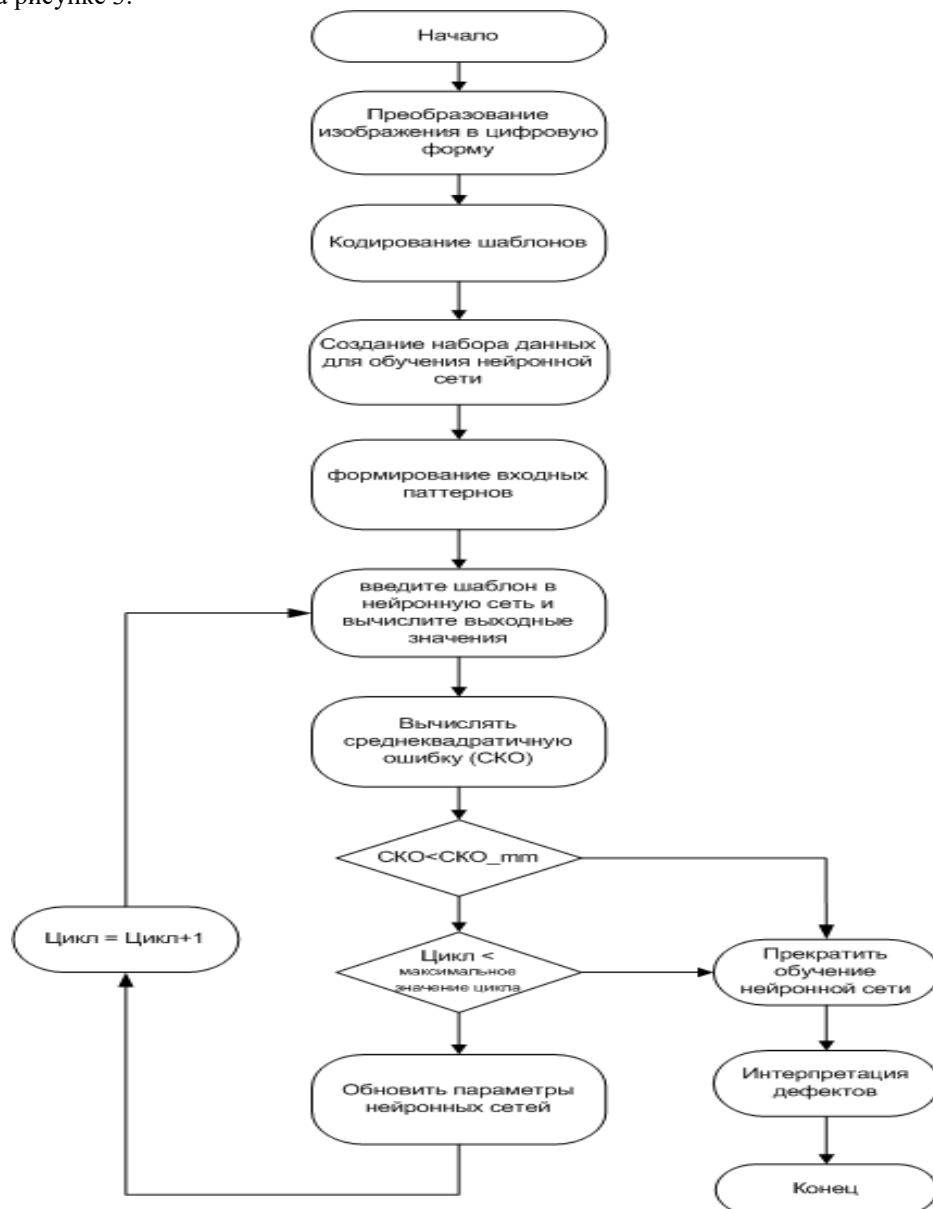


Рис.3. Принцип работы распознавания дефектов с использованием нейронной сети

Согласно предлагаемому алгоритму входные изображения оцифровываются для формирования входного набора данных нейронной сети. Изображения дефектов преобразуются в небольшие изображения размером 8 * 8 пикселей, и эти изображения используются для создания набора данных для обучения нейронной сети. Существует всего четыре типа дефектов, и они используются для создания

набора данных и для каждого класса меток соответствия существуют свои метки. После обучения нейронной сети эти дефекты, по существу, должны распознаваться нейронной сетью. Предложенная архитектура нейронной сети для распознавания дефектов выглядит как показано на рис. 4.

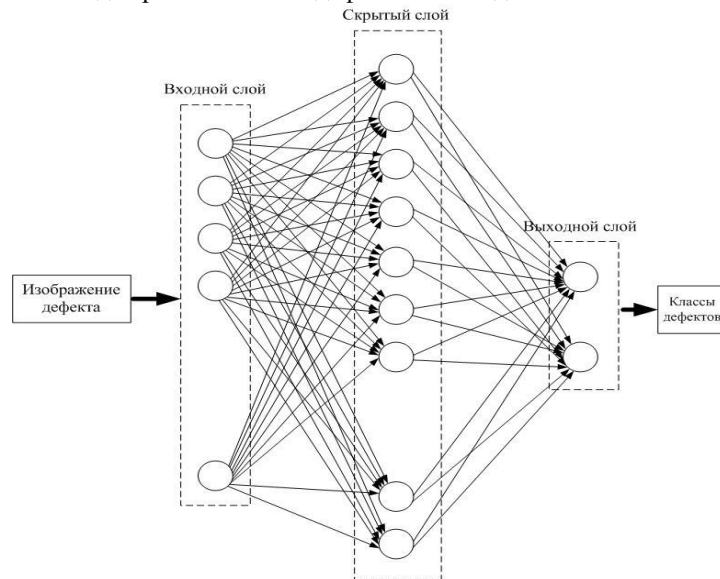


Рис.4. Архитектура нейронной сети для распознавания дефектов

Перед симуляцией необходимо определить пару параметров нейронной сети. Прежде всего, должно быть выбрано количество слоев и количество обрабатывающих элементов в каждом слое. В этом исследовании используется стандартный тип архитектуры с 3 слоями и количеством элементов обработки скрытого слоя в соответствии с результатами моделирования. Различное количество нейронов скрытого слоя с различными значениями точности показано в таблице 2 и согласно этой таблице, результат моделирования использования различного количества нейронов описан в виде графика, как показано на рисунке 5.

Таб.2. Использование стандартного типа нейронной сети для обнаружения дефектов шаблона фотографии

Количество нейронов	Точность
4	94,54
6	95,06
8	94,08
10	93,87
11	98,71
13	96,45
14	96,39
15	95,34
18	94,90
20	93,87

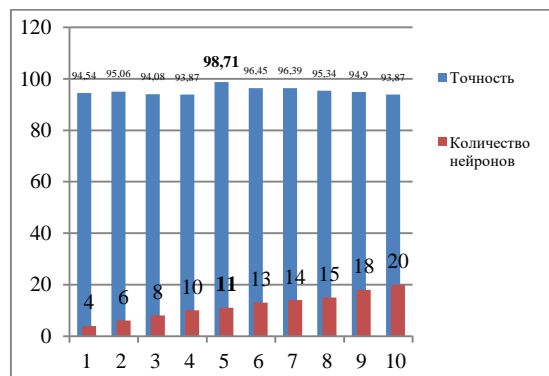


Рис.5. Сравнение точности с различным количеством нейронов скрытого слоя

Согласно результатам моделирования, лучшая точность получается, когда число нейронов равно 11, результат процесса обучения с числом нейронов 11 показан на рисунке 6.

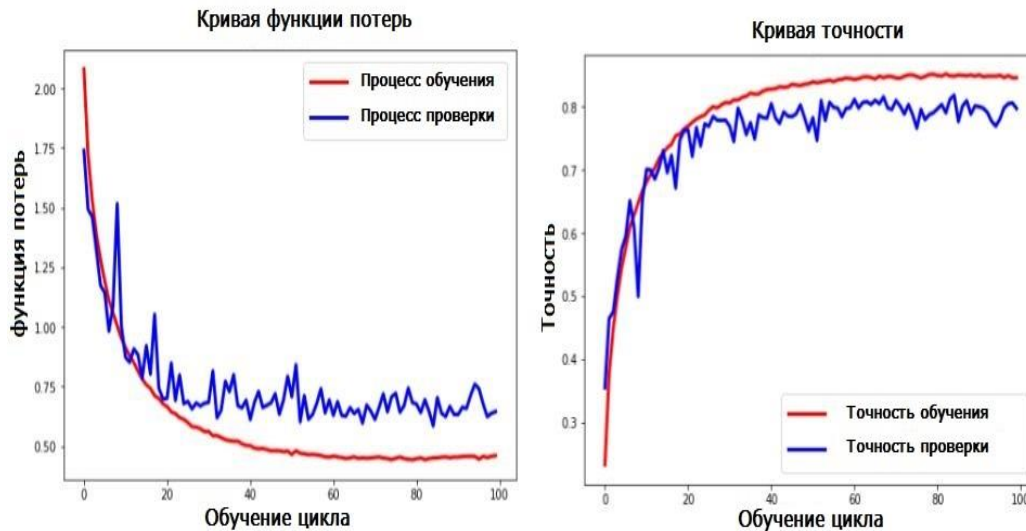


Рис.6. Результат моделирования обучения нейронной сети

Ниже приведены некоторые параметры, установленные для сетевого обучения в MATLAB:

- Функция обучения: `traingda` (адаптивная скорость обучения)
- Начальная скорость обучения: 0,2
- Прирост скорости обучения: 1,05
- Максимальные эпохи (цикл обучения): 10,000
- Цель ошибки: $5 * 10^{-6}$
- Минимальный градиент: $1 * 10^{-7}$

В этом исследовании нейронная сеть была обучена распознаванию типа дефектных изображений. Эффективность нейронной сети существенно зависит от набора тренировок. Учебный набор был создан для обучения нейронной сети. Учебный набор состоял из набора известных дефектных изображений, которые неоднократно представлялись в нейронной сети для изучения. После создания учебного набора данных был создан целевой набор. Целевой набор определяет выход нейронной сети и содержит информацию, которая определяет класс дефектных изображений в обучающем наборе, т.е. если это второй тип дефектных изображений, вывод нейронной сети должен быть [1 0]. Используется стандартный тип первичной нейронной сети с 3-мя слоями; различные эксперименты, проведенные для обучения нейронной сети, дали наилучший подходящий результат при числе нейронов равном 11.

Литература

1. Павлова А.И., Бобрикова К.А. "СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ ХОПФИЛДА", В мире научных открытий, № 5(77), 2016, с-134-144.
2. Д.В. Маршаков, В.А. Фатхи. "ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МНОГОСЛОЙНОЙ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРЯМОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ", Вестник ДГТУ. 2011. Т. 11, № 2(53).
3. В.М. Крыжановский, М.Ю. Мальсагов, И.С. Желавская. "ДВУХСЛОЙНЫЙ ВЕКТОРНЫЙ ПЕРСЕПТРОН ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ БИНАРНЫХ ОБРАЗОВ". Программные продукты и системы / Software & Systems № 4 (108), 2014, с.70-77.
4. Тант Зин Пью,Тин Чжо,Пья Сон Ко Ко,Пайе Тэйн Наинга. "Методика системы распознавания образов с помощью самоорганизующихся карт Кохонена нейронных сетей на основе Matlab". Институт Государственного управления, права и инновационных технологий (ИГУПИТ). Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» №5 2013. с.1-9.
5. Hartmut Suemann, Benhur Kiziloglu, Ulrich Ruckert, Karl Goser. // Neural nets for defect recognition on masks and integrated circuits: first results.
6. Sischka, D., Bisek, R.: "Detection of Defects on the Surface of Microelectronic Structures", IEEE Transaction on Electron Devices, Vol. 36, No. 1, January 1989, pp 8-13.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ

Калачева Е.А.

МИРЭА - Российский технологический университет

В докладе определены входные данные для проведения анализа и оценки результативности системы менеджмента качества (СМК) организации. Предлагается совокупность показателей для количественной оценки результативности СМК организации в области качества. Приведен пример показателей результативности СМК организации.

Ключевые слова: анализ со стороны руководства, результативность СМК.

Performance evaluation of the enterprise quality management system. Kalacheva E.A. MIREA - Russian Technological University.

The paper under discussion is focused on to determinate the input data for the analysis and performance evaluation of the enterprise quality management system (QMS). A set of indicators is proposed for quantitative performance evaluation of the enterprise QMS in the field of quality. An example of performance indicators of the enterprise QMS is considered.

Key words: management review, evaluation of the QMS.

Одним из требований стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 является анализ со стороны руководства (п. 9.3). Высшее руководство должно анализировать через запланированные интервалы времени СМК в целях обеспечения ее постоянной пригодности, адекватности, результативности и согласованности со стратегическим направлением организации [1]. В настоящее время разработано и реализуется множество способов оценки результативности СМК [2-6].

Анализ и оценку результативности СМК организации со стороны руководства проводят с целью:

- определения степени реализации требований, установленных в нормативной документации СМК организации;
- оценки деятельности организации в области качества, осуществленной за отчетный период;
- установления качества работ подразделений организации;
- установления причин, снижающих результативность СМК;
- определения возможностей для улучшения и принятия необходимых решений в виде корректирующих действий (Кд) и предупреждающих действий (Пд).

Рекомендуется процедуру комплексного анализа и оценки результативности СМК организации проводить один раз в год. В качестве отчетного периода принимают временной отрезок, равный одному календарному году (с января по декабрь).

Определим входные данные для проведения анализа и оценки результативности СМК организации:

- достижение целей в области качества;
- динамика показателей качества выпускаемой продукции и выполняемых работ;
- информация по претензионной работе с потребителем (заказчиком);
- сведения о работе поставщиков и качестве закупаемых материалов и покупных комплектующих изделий (ПКИ);
- результаты входного контроля;
- результаты внутренних и внешних аудитов СМК;
- данные о результативности проведения Кд и Пд;
- данные о поверке средств измерений и аттестации испытательного оборудования;
- результаты выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- результаты приемосдаточных испытаний;
- результаты анализа причин дефектов, отказов и несоответствий изделий основного производства на всех стадиях жизненного цикла;
- рекомендации по улучшению СМК;
- сведения о результативности действий, предпринятых в отношении рисков и возможностей.

Выходные данные комплексного анализа и оценки результативности СМК организации должны включать мероприятия по улучшению качества продукции, показателей процессов, повышению удовлетворенности потребителя (заказчика), по определению потребностей в ресурсах, сокращению потерь от брака и по улучшению деятельности организации в целом.

Для количественной оценки результативности СМК предлагается совокупность показателей, которая позволяет оценить деятельность организации в области качества в целом. Показатели

ранжированы по значимости, и каждому показателю присвоен весовой коэффициент. Пример показателей результативности СМК приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Показатели результативности СМК

Обобщенный показатель	Показатель
«Достижение целей...»	Процент «Достижения целей...»
Качество продукции	Процент сдачи продукции с первого предъявления отделу технического контроля (ОТК)
	Процент сдачи продукции с первого предъявления военному представительству Министерства обороны (ВП МО)
	Уровень технологической дисциплины (ТД)
	Количество межцеховых возвратов
Претензионная работа с потребителем (заказчиком)	РА, приходящиеся на комплект оборудования, находящегося в эксплуатации
Потери от брака	Количество оформленных «Извещений на брак»
	Коэффициент брака (отношение потерь от брака к объему выручки)
Управление закупками, ПКИ и материалы	Доля ПКИ, забракованных на входном контроле
	Доля рекламационных актов (РА), полученных по причине отказа ПКИ
Управление кадрами	Доля руководителей, повысивших квалификацию (от запланированного количества)
	Доля специалистов, повысивших квалификацию (от запланированного количества)
	Доля учеников, прошедших обучение (от запланированного количества)
	Доля работников, освоивших смежные профессии (от запланированного количества)
	Доля работников, прошедших обучение по СМК (от запланированного количества)
	Текучесть кадров
	Средний возраст работников
Управление документацией	Процент выполнения «Плана работ по стандартизации...»
	Процент сдачи конструкторской документации с первого предъявления
Оборудование	Доля оборудования старше 20 лет
	Доля оборудования 10-20 лет
	Доля оборудования 5-10 лет
	Доля оборудования до 5 лет
Улучшение	Результативность проведения Кд и Пд: процент выполненных мероприятий, разработанных по результатам проверок вышестоящих организаций, ресертификации/инспекционного контроля СМК
	Степень выполнения план-графика внутренних аудитов СМК
	Выполнение планов организационно-технических мероприятий (ОТМ) по результатам внутренних аудитов СМК
	Результативность процессов СМК
	Количество полученных патентов и свидетельств
	Коэффициент исполнительской дисциплины

Пример оценки результативности, весовые коэффициенты для каждого показателя и дальнейшие действия, которые необходимо предпринять исходя из фактически достигнутого значения показателя за

отчетный период, приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Начисляемые баллы

Показатель	Обобщенный показатель	Весовой коэффициент	Критерии оценки	Действие*
Процент «Достижения целей...»	Достижение целей	1	от 90 %	У
			от 80 % до 90 % включ.	Пд
			от 60 % до 80 % включ.	Кд
			до 60 % включ.	Кор
Процент сдачи продукции с первого предъявления ОТК (относительно установленного)	Качество продукции	0,25	достигнут	У
			не достигнут	Кд
Процент сдачи продукции с первого предъявления ВП МО (относительно установленного)		0,4	достигнут	У
			не достигнут	Кд
Уровень ТД (относительно установленного)		0,2	достигнут	У
			не достигнут	Кд
Количество межцеховых возвратов		0,15	уменьшилось	У
			осталось на прежнем уровне	Пд
			увеличилось	Кд
Среднее количество РА		Претензионная работа с потребителем (заказчиком)	1	равно 0 или уменьшилось более чем на 50 %
	уменьшилось на величину от 30 % до 50 %			Пд
	уменьшилось менее чем на 30 %			Кд
	увеличилось или осталось на прежнем уровне			Кор
Количество оформленных «Извещений на брак» (без учета аннулированных)	Потери от брака	0,45	уменьшилось более чем на 15 %	У
			уменьшилось не более чем на 15%	Пд
			увеличилось или осталось на прежнем уровне	Кд
Коэффициент брака (отношение потерь от брака (руб.) к объему выручки (руб.))		0,55	уменьшился	У
			остался на прежнем уровне	Пд
			увеличился	Кд
**

Примечание:

*У - достигнутое значение показателя соответствие или близко к желаемому.

Пд - достигнутое значение показателя не соответствует желаемому, однако не является критичным, и может привести к потенциальным несоответствиям и снижению результативности СМК.

Кд - достигнутое значение показателя не соответствует желаемому и является критичным.

Кор - необходимо предпринять срочные меры, направленные на устранение несоответствия и повышение результативности данного показателя.

** Последующие строки таблицы заполняются аналогично в соответствии с приведенными в табл. 1 показателями результативности СМК.

Результативность обобщенного показателя определяют по формуле:

$$R_j = \sum_1^n D_n K_n, \quad (1)$$

где D_n - количество баллов за n-й показатель результативности j-го обобщенного показателя, зависящее от действия, которое необходимо выполнить по результатам оценки показателя (У - 100 баллов; Пд - 70 баллов; Кд - 40 баллов; Кор - 0 баллов).

K_n - весовой коэффициент m-го показателя результативности; n - число показателей результативности j-го обобщенного показателя. Если результативность обобщенного показателя

определяют по нескольким показателям, то для каждого показателя устанавливают свой весовой коэффициент. Сумма всех весовых коэффициентов обобщенного показателя должна быть равна 1. Если у обобщенного показателя результативности только один показатель результативности, то $K_p = 1$.

Суммарную результативность СМК определяют по формуле:

$$R_{СМК} = \sum_1^j R_j K_j, \quad (2)$$

где K_j - весовой коэффициент j -го обобщенного показателя результативности; j - число обобщенных показателей. Все обобщенные показатели должны иметь равные весовые коэффициенты K_j , сумма которых должна быть равна 1. Например, если количество обобщенных показателей равно 10, то для каждого обобщенного показателя $K_j = 0,1$.

Полученные результаты заносят в итоговую таблицу (табл. 3).

Таблица 3 – Пример заполнения итоговой таблицы

	Обобщенный показатель/ показатель	Весовой коэффициент	Значение показателя	Действие	Результативность обобщенного показателя
1.	«Достижение целей...»	0,1	-	-	4
	Процент «Достижения целей...»	1	79%	Кд	40
...
10.	Улучшение	0,1	-	-	7,9
	Результативность проведения Кд и Пд: процент выполненных мероприятий, разработанных по результатам проверок вышестоящих организаций, ресертификации/инспекционного контроля СМК	0,2	93%	Пд	14
	Выполнение плана графика внутренних аудитов СМК	0,15	100%	У	15
	Выполнение планов ОТМ по результатам внутренних аудитов СМК	0,20	100%	У	20
	Результативность процессов СМК	0,20	85 баллов	Пд	14
	Количество полученных патентов и свидетельств	0,10	Увеличилось на 2 шт.	У	10
	Коэффициент исполнительской дисциплины	0,15	87%	Кд	6

В табл. 4 приведена оценка степени результативности СМК.

Таблица 4 – Результативность СМК

Суммарная результативность СМК, в баллах	Степень результативности СМК
менее 50 включ.	Неприемлемо. СМК не функционирует и требуется решение высшего руководства о переработке СМК.
от 50 до 75 включ.	Удовлетворительно. Требуется проведение Кд.
от 75 до 90 включ.	Хорошо. СМК функционирует результативно, но требуется устранение незначительных несоответствий и проведение Пд.
от 90 до 100 включ.	Отлично. Вмешательство высшего руководства в функционирование СМК не требуется.

Одним из основных источников информации для улучшения деятельности любой организации в области качества является оценка результативности СМК. Для проведения такой оценки нужна соответствующая методика, устанавливающая критерии и способ количественной оценки результативности СМК конкретной организации. Каждая организация вправе самостоятельно использовать наиболее приемлемый для себя подход к оценке СМК и на его основе разрабатывать методику оценки результативности СМК организации.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартинформ. – 2015.
2. Куликовский С.А. Выбираем методику оценки результативности СМК. Руководство к действию // Методы менеджмента качества. —2016. —№ 5. — С. 12-17.
3. Копнов В.А., Рогов А.А. Измеряем эффективность СМК // Стандарты и качество. — 2008. — № 3. — С.60-64.
4. Степанов А.В. Оценка результативности СМК: методический аспект// Стандарты и качество. — 2009. — № 1. — С.70-78.
5. Калачева Е.А. Оценка результативности процессов управления качеством и CALS/ИПИ-технологии. Сб. материалов международной научно-технической конференции «INTERMATIC–2014», 1–5 декабря 2014 г., Москва. / Под ред. академика РАН А.С. Сигова. – М.: МГТУ МИРЭА, 2014, часть 1, с. 150-153.
6. Гродзенский С.Я., Калачева Е.А. Оценка результативности СМК организации, осуществляющей разработку и производство наукоемкой продукции // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции. – М.: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2016, с. 210-212.

ВЕКТОРНАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ МОДУЛЕЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Костюкова А.П., Костюкова Т.П.

Уфимский государственный авиационный технический университет
+7 (927) 636-06-59, ktp@ufanet.ru

При создании составных инженерных систем на воздействие на результаты проекции центральное место занимают задачи, направленные на поиск оптимальных инженерных решений. Окончательное принятие решения при выборе структуры устройства и его параметров в статье предложено решить на основе модификации генетического алгоритма. По уменьшенной методике проведения процедуры проектирования был создан виртуальный носитель проекции генетического алгоритма, который позволяет за счет просеивания нерациональных вариантов на ранних этапах расчета существенно сократить время разработки при одновременном расширении диапазона обзора контролируемых параметров и выработать рекомендации по определению параметров силовых модулей, обеспечивающие повышение коэффициента мощности в 2 раза

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, модификация генетического алгоритма, независимые объекты, принятие решений

Vector design and engineering system power modules electrical objects on the basis of genetic algorithms. Kostyukova A.P., Kostyukova T.P., Ufa state aviation technical university.

At creation of composite engineering systems on the influence to outcomes of projection, the central place is occupied with the tasks, directional on searching for of optimum engineering solutions. Final acceptance a solution at the choice of structure of the device and its parameters we offer to solve on the basis of modification of genetic algorithm. On a reduced technique for holding the procedure of projection the virtual medium of projection FUII was created which allows at the expense of sifting nonrational variants at early stages of calculation essentially to reduce time of development at the simultaneous extension of a range of reviewing of controlled parameters and to work out the guidelines on definition of parameters FUII, providing a heightening of an electrical power factor in 2 times.

Key words: multicriteria optimization, modification of genetic algorithm, independent objects, decision-making.

Введение

При создании сложных технических систем центральное место занимают задачи, которые направлены на поиск наиболее рациональных технических решений. Такие задачи характеризуются значительным числом варьируемых параметров, и для их решения требуется проведение декомпозиции, выделения основного звена и определение соподчиненности и взаимосвязи локальных задач. Необходим анализ содержания и внутренних связей групп параметров, осуществляющих описание разрабатываемого объекта, который дает основание определить его атрибуты как основной элемент описания.

Действительно, сравнительная количественная оценка различных синтезируемых вариантов проекта возможна только при его конкретизации на уровне параметров. Поэтому выбор рационального принципа действия и схемы исполнения можно осуществить, последовательно решая задачи параметрической оптимизации с применением тех математических моделей, которые учитывают особенности каждого из рассматриваемых вариантов проекта. Управляющие воздействия на объект также характеризуются значениями своих параметров, и нахождение рационального управления рассматривается как определение некоторой совокупности параметров алгоритма управления. Наконец, допуски на параметры также могут рассматриваться в качестве своеобразных параметров.

Постановка проблемы

Таким образом, проблемы принятия решений для широкого класса устройств с достаточной полнотой характеризуются задачами параметрической оптимизации.

На выделенном множестве задач проектирования совокупность рабочих показателей $\bar{y} = (y_1, \dots, y_n)$ любого технического объекта должна однозначно определяться вектором параметров $\bar{x} = (x_1, \dots, x_m)$ посредством функциональных связей

$$y_j = f_j(\bar{x}), \\ j=1, m$$

В качестве одной из основных особенностей силовых модулей электротехнических объектов (СМЭО) как объекта оптимизации следует отметить большое количество, разнообразие и дискретность ряда параметров[1]. Часть из них может быть принята неизменной во времени, а другая – представляющая внешние воздействия, должна рассматриваться в динамике.

Многочисленность параметров СМЭО ставит проблему выбора среди них той группы независимых параметров, которые определяли бы существо решаемой задачи. Введение обобщенных параметров оптимизации, позволило, с одной стороны, уменьшить размерность задачи, а с другой – усложнило проблему определения множества проектов, удовлетворяющих существующим ограничениям.

Один или несколько, как в данном случае, показателей СМЭО выделяются в качестве целевых функций в процессе принятия решений.

$$F^S(\bar{x}^S + \Delta\bar{x}^S) \rightarrow \min \Rightarrow S^*, \bar{x}^S, \Delta\bar{x}^S \\ s \in S, \bar{x} + \Delta\bar{x} \in D$$

С учетом вышесказанного, общая проблема принятия решения формализована в виде задачи оптимизации функционала F при задании допустимой области D , где S – конечное множество проектов, различающихся структурой и принципом действия; F^S – некоторый обобщенный критерий предпочтения одного варианта другому; \bar{x}^S и $\Delta\bar{x}^S$ – векторы оптимальных значений параметров и допусков на параметры.

Задачи оптимизации решены на едином параметрическом базисе, дающем полное описание функциональной схемы СМЭО. Однако, в настоящее время невозможно прийти к созданию единой оптимизационной процедуры для разрешения многоаспектной задачи принятия решений. Поэтому необходима ее декомпозиция. При этом принцип декомпозиции состоит в выделении локальных задач, характеризующихся единичными критериями оптимальности или их группами.

Большое разнообразие силовых модулей электротехнических объектов со сложными системами управления требуют поиска математических критериев, позволяющих дать объективную оценку и сравнить эффективность используемых схемных решений силовых цепей и режимов их работы. По сравнению с системами, работающими от источников бесконечной мощности, для автономных энергетических систем задача оптимизации усложняется, поскольку показатели качества силовых модулей становятся частью показателей качества большой системы, параметры которой подлежат варьированию.

В теоретическом плане поиск обобщенного критерия оптимизации затруднен вследствие многообразия условий работы и характеристик (необходимые диапазоны и точности регулирования, широкий диапазон мощностей, различные длительности протекания физических процессов и т.д.). Все

это приводит к тому, что оптимизацию данной группы следует рассматривать по совокупности показателей, последовательно используя способ ранжирования.

Для решения поставленной задачи целесообразно применить несколько разных алгоритмов оптимизации. Поэтому заслуживает внимания "пакетный" подход к оптимизации параметров СМЭО, позволяющий переходить от одного алгоритма оптимизации на другой заменой в основной программе обращения к той или иной подпрограмме поиска[2]. "Пакетная" оптимизация параметров и элементов СМЭО увеличивает вероятность нахождения глобального оптимума функции цели СМЭО.

Широкое распространение в последние годы различных методов оптимизации привело к появлению новых алгоритмов нахождения минимумов функций многих переменных. Среди них важное место занимают методы, параметры которых изменяются в соответствии с информацией, полученной на предыдущих итерациях. Такие алгоритмы можно назвать адаптивными. Основными характеристиками адаптивных алгоритмов являются: во-первых, зависимость параметров метода от конкретной реализации случайных векторов; во-вторых, способность алгоритма достигать некоторой определенной цели. Под целью можно понимать сходимость алгоритма, увеличение скорости, попадание в заданную окрестность экстремума и т.д.

Электротехнические объекты в своем составе содержат следующие силовые модули: дроссели (коммутирующие, защитные, сглаживающие), блоки конденсаторов, трансформаторы (питания, согласующие) и разнообразные вентильные цепи[1]. Показатели качества СМЭО зависят от принятия решения по каждому элементу и от принятых решений по взаимосвязи их параметров, поэтому упрощенный алгоритм расчет может быть представлен рис.1

Задача оптимизации решена в "пакетном" режиме с адаптацией результатов оптимизации каждого из вариантов с результатами моделирования электромагнитных процессов. При оптимальном проектировании дросселей произведена экспертная оценка выходных показателей и в соответствии с рангом проводится многоэтапная оптимизации как внутри одного из возможных конструктивных исполнений, так и среди всех возможных исполнений. Процесс разработки представлен в виде дерева решений, в соответствии с которым вначале выбирается конкретный тип исполнения, затем, для этого исполнения при заданных технических условиях, находится область изменения геометрических соотношений, соответствующих одновременному достижению минимума массогабаритных показателей и энергетических потерь..

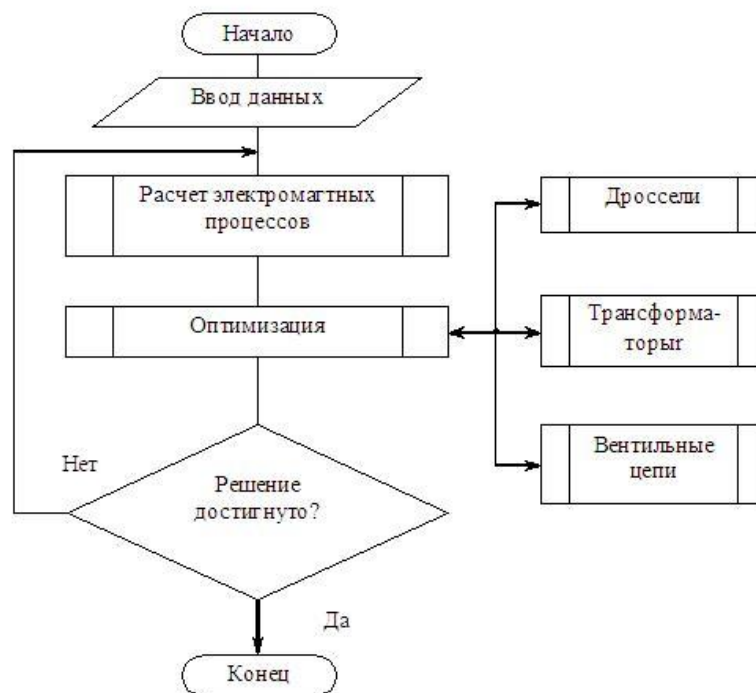


Рисунок 1 – Упрощенная блок-схема расчета

Среди множества равноценных точек области, выбор одной точки производится по второму критерию: добротности дросселя. Определение оптимального исполнения осуществляется путем сравнения различных вариантов по третьему критерию: приведенным годовым затратам, учитывающим как стоимость изготовления дросселя, так и затраты на его эксплуатацию.

Окончательное принятие решение по выбору структуры устройства и его параметров предлагаем решать на основе модификации генетического алгоритма[3]. Блок-схема алгоритма расчета представлена на рис.2.

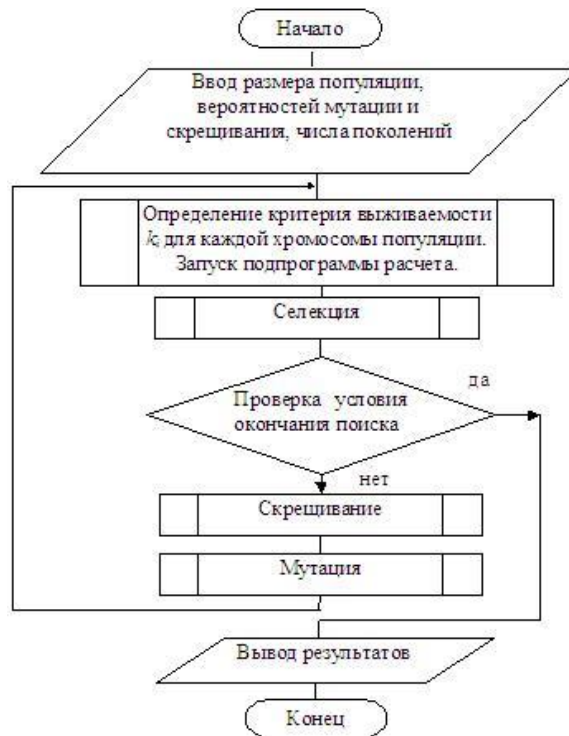


Рисунок 2 – Блок-схема оптимизации на основе генетического алгоритма

В качестве управляемых параметров (хромосом) в докладе приняты:

- C_b - емкость диэлектрического промежутка разрядно-импульсной нагрузки автономной системы;
- L_0 - индуктивность намагничивания трансформатора;
- L_0/L_S - коэффициент распределения индуктивностей трансформатора;
- $\omega = 1/\sqrt{L_0 \cdot C_{тр}}$ - частота колебательного контура, образованного индуктивностью намагничивания и собственной распределенной емкостью обмоток трансформатора.

В качестве критерия выживаемости, являющегося в данном случае многокритериальной функцией цели, принят обобщенный показатель, включающий в себя коэффициенты использования трансформатора, производительности нагрузки, устойчивости протекания переходного процесса и диапазона регулирования мощности оптимизируемого СМЭО.

Коэффициент использования трансформатора $k_{tr} = S_L/S_{tr}$ определен как отношение мощности на нагрузке S_L к мощности согласующего трансформатора S_{tr} .

Коэффициент, характеризующий производительность технологической нагрузки $k_L = t_{as}/T$, представляет отношение времени пробоя диэлектрического промежутка, т.е. времени активного состояния нагрузки t_{as} , к периоду питающего напряжения T .

Коэффициент устойчивости k_u протекания переходного процесса, предназначен для отслеживания повторяемости квазистационарного процесса в системе от периода к периоду питающего напряжения, чем меньше изменений в форме и мгновенных значениях выходного напряжений, тем выше значение этого коэффициента.

Коэффициент диапазона регулирования мощности k_p представляет собой отношение длительности монотонного, не содержащего экстремальных точек, изменения выходной мощности λ к половине периода питающего напряжения π .

Так как каждый из критериев признан равнозначным, то критерий выживаемости принимает следующий вид:

$$k = \frac{1}{4}(k_{tr} + k_L + k_s + k_r).$$

При выполнении данной процедуры использован метод рулетки. Тому номеру совокупности параметров, который имеет больший критерий выживаемости, отведен больший сектор круга α , стало быть, вероятность попадания случайного числа в такой сектор выше. Таким образом, формируется следующее поколение совокупности параметров, обладающее лучшими показателями качества СМЭО.

При невыполнении условия окончания поиска (номер поколения больше числа поколений, заданного перед началом запуска алгоритма) выполняется следующая операция скрещивания.

Алгоритм, реализующий описанную процедуру оптимизации, устроен таким образом, что совокупность управляемых параметров (хромосом)[4], обладающая большим критерием выживаемости имеет большую вероятность быть отобранной в процедуре селекции в следующее поколение.

Для осуществления этой процедуры был применен алгоритм одноточечного скрещивания двух соседних совокупностей параметров со случайным выбором строк. Причем скрещиванию подвергаются пары совокупностей с некоторой заданной вероятностью. Далее случайным образом выбирается точка кроссинговера и формируется новое поколение (рис.3).

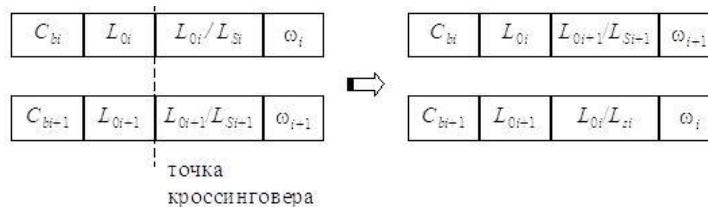


Рисунок 3 – Формирование нового поколения

Для обеспечения быстрой сходимости алгоритма к локальному экстремуму гены совокупностей замещаются на случайное число, которое принадлежит интервалу варьирования конкретного гена. При этом появляются совокупности параметров, обладающие либо лучшим, либо худшим критерием выживаемости. Впоследствии данные совокупности участвуют в указанных выше процедурах селекции и скрещивания.

Заключение

Принятие окончательного варианта геометрических соотношений произведено по конструктивно-технологическому признаку: раскрою электротехнической стали с минимальными потерями и возможности выбора обмоточного провода из нормализованного ряда.

По приведенной методике для проведения процедуры проектирования была создана виртуальная среда проектирования СМЭО (рис.4), которая позволяет за счет отсеивания нерациональных вариантов на ранних стадиях расчета существенно сократить время разработки при одновременном расширении диапазона рассмотрения управляемых параметров и выработать рекомендации по определению параметров СМЭО, обеспечивающих повышение коэффициента мощности в 2 раза.

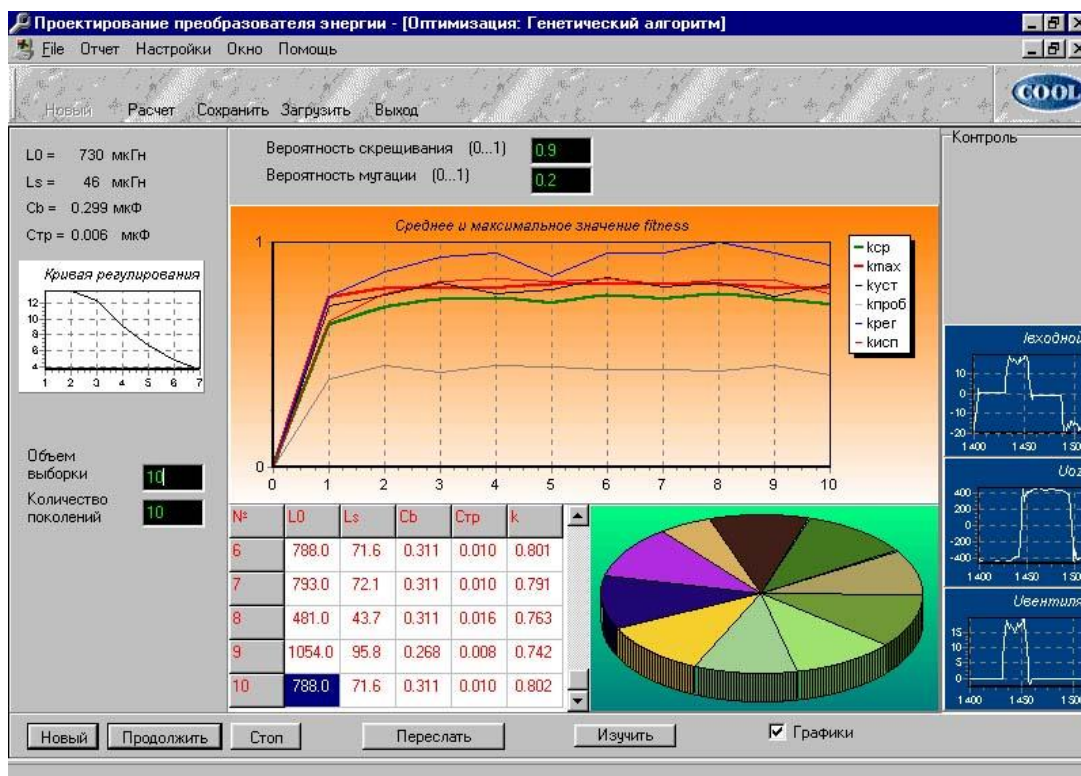


Рисунок 4 – Результатное окно среды проектирования

Литература

1. Костюкова, Т.П. Моделирование и принятие технических решений при разработке преобразователей параметров электроэнергии. –Уфа, 1999. –220 с.
2. Костюкова Т.П. Оптимизация силовых модулей автономных объектов на основе стохастических методов с самообучением Международный научно-исследовательский журнал «Успехи современной науки и образования», 2017г. №2 Том 5-С.105-109.
3. David E. Goldberg. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley Publishing Co., Inc, 1989.
4. Костюкова А.П. Нейросетевые методы оценки состояния систем преобразования электроэнергии // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн Материалы IV Международной научно-практической конференции. Тамбов 2017. С. 275-279.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛАЗЕРНЫХ ГИРОСКОПАХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Кофанов Ю.Н., Саргсян Г.А., Сотникова С. Ю., Субботин С.А., Белый А.В.
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
89163859249, alexeybely7@gmail.com

Данная статья посвящена созданию алгоритма метода обеспечения тепловых режимов лазерных гироскопов — оптоэлектронных приборов для измерения угловой скорости объектов, на которых они устанавливаются в системах инерциальной навигации. Метод решает одну из проблем, с которой сталкиваются разработчики навигационных систем – добиться заданных точностей работы при высоких тепловых нагрузках, в том числе, при внутренних тепловыделениях на электронных компонентах печатных узлов лазерных гироскопов. Применение при проектировании электронных навигационных приборов разработанного метода позволяет осуществить системный подход к проектированию и повысить показатели надежности и точности работы до требуемого уровня.

Ключевые слова: математическое моделирование; тепловые режимы; модель тепловых процессов, оптоэлектронные приборы.

Modeling of thermal processes in laser-gyro navigation systems. Kofanov Y.N., Sargsyan G.A., Sotnikova S.Y., Subbotin S.A., Bely A.V. National Research University Higher School of Economics

In this paper, we propose an algorithm for the method of securing the thermal environment of laser gyroscopes - optoelectronic devices measuring angular speed of the objects on which they are installed in the inertial navigation. The method solves one of the problems that developers of navigation systems face. That problem is achieving the specified accuracy of work at high thermal loads, including internal heat-evolution on electronic components of printed circuit assembly of the laser gyroscopes. The application of the developed method in the design of electronic navigation allows implementing system approach to design and increase reliability and accuracy of operation to the required level.

Keywords: math modeling; thermal regimes; model of thermal processes, optoelectronic devices.

Введение

На сегодняшний день методы проектирования и конструирования оптоэлектронных приборов, в частности, лазерных гироскопов и других радиотехнических устройств (РТУ), активно развиваются благодаря новому программному обеспечению. Растут требования к их безотказной работе при установке на подвижных объектах, особенно в авиационной, ракетной и космической технике. Спектр возможного негативного влияния на работоспособность РТУ обусловлен различными внешними и внутренними дестабилизирующими факторами.

В данной статье основное внимание уделено исследованию влияния тепловых факторов на работоспособность электронных навигационных систем, а именно лазерных гироскопов, которые встречаются практически на всех передвижных объектах [1].

В статье предлагается метод обеспечения допустимых тепловых режимов работы ЭК лазерного гироскопа. В основу метода положен принцип оценки требуемых коэффициентов тепловых нагрузок на каждом ЭК. Метод предполагает использование современных отечественных программ моделирования тепловых процессов в электронной аппаратуре АСОНИКА-Т и АСОНИКА-ТМ и демонстрируется на примере лазерного гироскопа МТ-404МЭ.

Постановка проблемы

Алгоритм предлагаемого метода обеспечения допустимых тепловых режимов работы радиотехнических устройств представлен на рис. 1. На рис. 1 приняты следующие сокращения: РТУ –

радиотехническое устройство, ПУ – печатный узел, ТЗ – техническое задание. Программный продукт, выбранный для моделирования тепловых процессов – автоматизированная система для обеспечения надежности и качества аппаратуры (АСОНИКА). Преимуществом системы АСОНИКА является наличие встроенных баз данных, которые содержат радиокомпоненты и конструкционные материалы в соответствии с национальными стандартами [2].

Проиллюстрируем применение разработанного метода для обеспечения уменьшенных коэффициентов тепловых нагрузок на одном из печатных узлов лазерного гироскопа МТ-404МЭ. Данный трехосный лазерный гироскоп, который предназначен для использования в качестве датчика положения объекта в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Он широко применяется в навигационных системах средней точности для систем управления движением объектов установки. Лазерный гироскоп МТ-404МЭ разрабатывается на предприятии АО «НИИ «Полус», являющимся главным поставщиком лазерных гироскопов в стране.

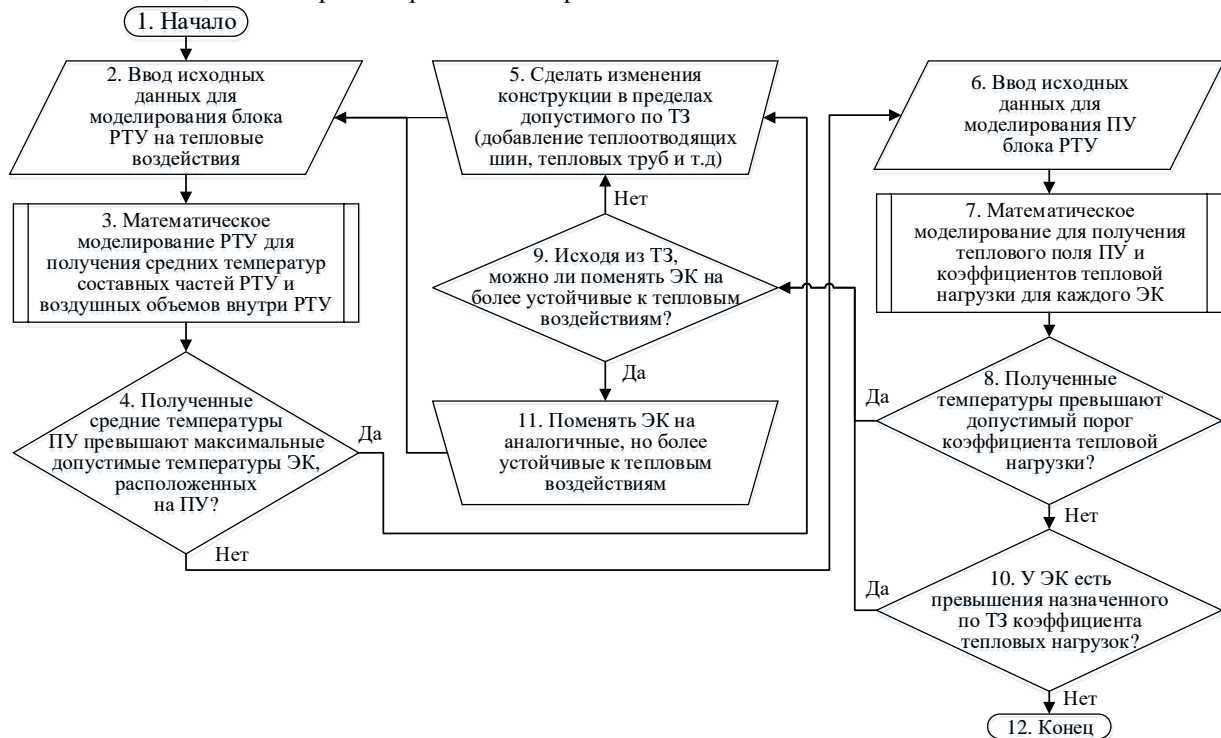


Рисунок 1 – Алгоритм метода обеспечения допустимых тепловых режимов работы радиотехнических устройств

Корпус лазерного гироскопа выполнен из дюралюминия АК-94. В соответствии с ТЗ он должен работать при температуре окружающей среды от -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$. В блоке отсутствует принудительное охлаждение. В данном лазерном гироскопе присутствуют следующие тепловые процессы между элементами конструкции: лучистый, конвективный и кондуктивный теплообмены, при этом необходимо учитывать проводимость тепла через воздушные объемы между печатными узлами и стенками блока [3].

Для теплового моделирования на начальном этапе (рис. 1, блоки 2 – 5) были подготовлены следующие исходные данные: тепловые параметры материалов несущих конструкций (теплопроводность, теплоемкость), взятые из баз данных и технических условий; тепловые параметры материалов и суммарные мощности тепловыделений ЭК отдельно для каждого печатного узла [4].

После анализа конструктивных особенностей МТ-404МЭ в подсистеме АСОНИКА-Т была построена топологическая модель тепловых процессов для блока.

Моделирование печатных узлов на втором этапе осуществляется в подсистеме АСОНИКА-ТМ. Исходя из результатов моделирования, определяются ЭК, температура на которых превышает предельное значение.

Для теплового моделирования на втором этапе (рис. 1, блоки 6 – 12) были подготовлены следующие исходные данные: тепловые параметры материалов и геометрические параметры печатной платы и всех ЭК; мощности тепловыделений в каждом ЭК; средние температуры окружающих стенок, печатных узлов и воздушных объемов, которые окружают исследуемый печатный узел, полученные при моделировании на первой этапе.

Необходимо отметить, что в подсистеме АСОНИКА-ТМ топологическая модель тепловых процессов для ПУ строится автоматически. Данная модель представляет собой двухмерную сетку,

которая условно наносится на ПУ. В основе этого заложен метод электротепловой аналогии. При этом происходит замена дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих температурные процессы в печатных узлах, уравнениями в конечных разностях.

Для демонстрации второго этапа моделирования с применением подсистемы АСОНИКА-ТМ и актуальности предлагаемого метода, был выбран один из печатных узлов лазерного гироскопа – ПЦ-МТ404. Данный печатный узел принимает сигналы с датчиков, обрабатывает их, преобразует в цифровой вид и отправляет на приемник. Он является наиболее удачным выбором для моделирования из-за большого количества установленных ЭК.

В результате моделирования были получены следующие результаты: температурное поле и карта тепловых режимов печатного узла ПЦ-МТ404, которые представлены на рис. 2 и в таблице 1, соответственно. Отметим, что в таблице 1 представлены результаты моделирования только для наиболее теплонагруженных ЭК.

Анализ полученных результатов показывает, что у ЭК DD10, DD2, DD8, DA3, несмотря на поставленные шины на первом этапе моделирования, оказались нарушенными условия коэффициентов тепловой нагрузки, т.е. коэффициенты превышают отметку 0,8.

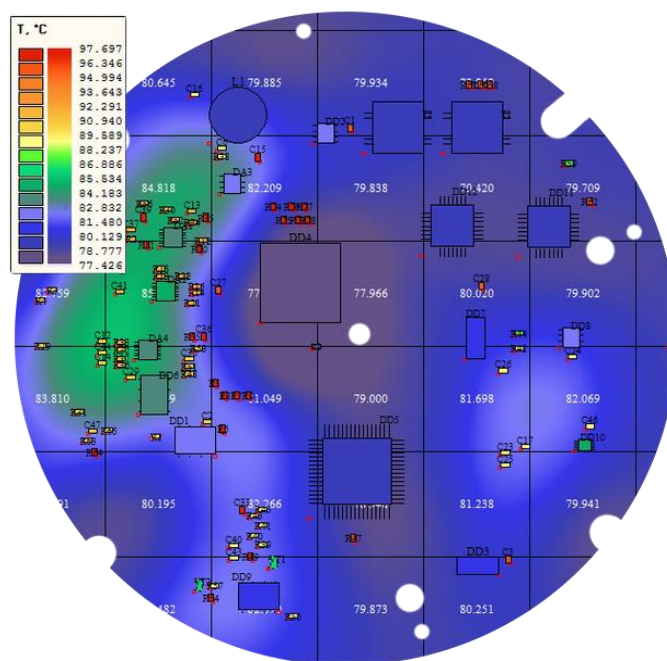


Рисунок 2 – Тепловое поле исследуемого печатного узла в подсистеме АСОНИКА-ТМ после моделирования тепловых процессов

Таблица 1 – Карта тепловых режимов работы ЭК при стационарном тепловом воздействии

№ п.п.	Обозначение ЭК	Температура ЭК		Коэффициент тепловой нагрузки ЭК	Превышение макс. допустимой температуры ЭК с учетом запаса
		Расчетная, [°C]	Максимальная допустимая по ТУ, [°C]		
1	DD10	70.88	85.00	0.83	Есть превышение
2	DD2	69.44	85.00	0.81	Есть превышение
3	DD8	69.43	85.00	0.81	Есть превышение
4	DA3	69.03	85.00	0.80	Есть превышение

Согласно методу, в таких случаях, когда замечаются превышения назначенного по ТЗ коэффициентов тепловой нагрузки (рис. 1, блок 10), нужно перейти к следующему блоку 9. Как видно из метода, блок 9 (рис. 1) имеет два выхода, а именно на блок 11 и на блок 5. Так как приведённые ЭК (табл. 1) являются микросхемами, то было принято решение уменьшить коэффициенты тепловых нагрузок, используя рекомендации блока 5 (рис. 1).

В итоге для обеспечения коэффициенты тепловых нагрузок, для элемента DD10, было решено использовать элемент Пельтье, принцип действия которого базируется на возникновении разности

температур при протекании электрического тока. А для трех ЭК DD2, DD8, DA3 было решено, применить термопасту для установки ЭК, с более высокими теплопроводящими характеристиками.

Данные изменения позволили получить окончательные результаты температур для ЭК, при этом обеспечив условия уменьшения коэффициентов тепловой нагрузки. Окончательные результаты моделирования представлены в табл. 2.

Заключение

Предлагаемый метод позволяет проводить анализ рабочих температурных режимов блоков, печатных узлов и лазерных гироскопов РТУ навигационных систем, отличающийся своей простотой для понимания и адекватностью полученных результатов. Как показано в примере, данный метод позволяет на ранних этапах проектирования лазерных гироскопов идентифицировать наиболее восприимчивые к тепловому воздействию ЭК и оптимизировать конструкцию для обеспечения условий, которые были сформулированы в ТЗ. Кроме того, этот метод может быть использован для повышения тепловой устойчивости других оптоэлектронных приборов РТУ.

Таблица 2 – Карта тепловых режимов работы ЭК при стационарном тепловом воздействии (после внесение корректив)

№ п.п.	Обозначение ЭК	Температура ЭК		Коэффициент тепловой нагрузки ЭК	Превышение макс. допустимой температуры ЭК с учетом запаса
		Расчетная, [°C]	Максимальная допустимая по ТУ, [°C]		
1	DD10	66.31	85.00	0.78	Нет превышения
2	DD2	63.27	85.00	0.74	Нет превышения
3	DD8	63.22	85.00	0.74	Нет превышения
4	DA3	63.20	85.00	0.74	Нет превышения

Благодарности

Статья подготовлена в ходе проведения работы (проект № 17-01-0105) в рамках Программы «Научный фонд Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)» в 2017 – 2018 гг. и в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации «5-100».

Литература

1. Чернов В. Ю., Никитин В. Г., Иванов Ю. П., Надежность авиационных приборов и измерительно-вычислительных комплексов: Учеб. пособие / СПбГУАП. СПб, 2004. 96 с.
2. Кофанов Ю.Н., Шалумов А.С., Увайсов С.У., и др. «Автоматизированная система АСОНИКА для моделирования физических процессов в радиоэлектронных средствах с учетом внешних воздействий» – М.: Радиотехника, 2013 г. 424 с.
3. Дульнев Г.А., Сигалов А.В. Поэтапное моделирование теплового режима сложных систем //Инж.-физ. Журн. 1983. Т. 45. №4. С. 651-656.
4. Кофанов Ю.Н. Автоматизированная система АСОНИКА в проектировании радиоэлектронных средств. М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2012. 58 с.

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВАХ

Кофанов Ю.Н., Сотникова С.Ю., Роткевич А.С.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва
+7 (926) 344-30-40, yurykofanov@yandex.ru

Метод виртуального моделирования, предлагаемый в работе, основан на учете при проведении моделирования тесной взаимосвязи протекающих физических процессов в электронном средстве между собой. Метод предполагает использование компьютерных программ моделирования физических процессов для достижения необходимых коэффициентов нагрузок на каждый электронный компонент при проведении виртуальных испытаний электронных средств. Метод позволяет оперативно проверить запасы выходных характеристик при внесении изменений в проект.

Ключевые слова: виртуальная модель, электронное средство, испытания, коэффициент нагрузки, проектирование, физические процессы.

Virtual modeling of physical processes in electronic means. Kofanov Y. N., Sotnikova S. Y. National research University "Higher school of Economics".

The method of virtual modeling, proposed in the work, is based on the account when modeling the close relationship of the physical processes in the electronic means with each other. The method involves the use of computer programs to simulate physical processes to achieve the required load factors for each electronic component during virtual testing of electronic means. The method allows you to quickly check the stocks of output characteristics when making changes to the project.

Keywords: virtual model, electronic mean, tests, load factor, design, physical processes.

Введение

Современный этап научно-технического прогресса характеризуется быстрым развитием электронных средств. В данной работе рассматриваются электронные средства, которые являются наукоёмкими, территориально распределёнными радиоэлектронными системами. Каждая система представляет собой функционально связанную совокупность программно-аппаратных электронных устройств обработки данных и обмена информацией. Устройства соединяются между собой физическими каналами передачи этой информации. Электронные средства (ЭС) большую роль играют в таких важных направлениях, как ракетно-космическая отрасль, авиация, сухопутный и водный транспорт, а также во многих других, изделия в которых имеют специальное назначение, в частности, для оборонной техники.

Надёжность проектируемых ЭС специального назначения во многом зависит от обеспечения уровней физических нагрузок электронных компонентов по электрическим, тепловым, механическим и другим факторам, воздействующим на эти компоненты [1]. Причём, протекающие в ЭС разнородные физические процессы взаимно влияют друг на друга, вызывая синергетический эффект, который проявляется в повышении нагрузок на отдельные электронные компоненты [2]. Во время эксплуатации ЭС, когда все физические процессы протекают одновременно, нагрузки на электронные компоненты могут достигать высоких значений. Но при испытаниях на правильность электрического функционирования ЭС технически невозможно реализовать совокупное воздействие тепловых, механических, радиационных и других внешних воздействий. Поэтому испытания на функциональность проводят поочередно раздельно по каждому воздействию фактору. Из-за этого нагрузки на электронные компоненты при испытаниях не достигают тех максимальных значений, которые они будут иметь во время эксплуатации ЭС. Такие компоненты выходят из строя, что приводит к авариям.

Описание предлагаемого метода виртуального моделирования

Выявление электронных компонентов с возможными пиковыми физическими нагрузками на стадии проектирования ЭС можно выполнить только на ЭВМ с помощью автоматизированной системы взаимосвязанных программ виртуального математического моделирования совокупности соответствующих физических процессов [3].

На рисунке представлена структурная схема одного из предложенных вариантов виртуального моделирования протекающих физических процессов. Схема отображает взаимосвязь электрических, тепловых, аэродинамических (гидравлических), механических и надёжностных моделей, являющихся основой электронного макета ЭС.

С учетом эффективности математического моделирования указанных выше физических процессов, протекающих в ЭС, в настоящей работе предлагается новый путь оценивания надёжности ЭС, подверженных жестким воздействиям. Совместное моделирование с учетом взаимного влияния одновременно протекающих в ЭС физических процессов дает возможность с минимальными погрешностями получить фактические значения электрических, тепловых, механических и других нагрузок на электронные компоненты и детали несущих конструкций [4]. При этом визуальное наблюдение на экране монитора за динамикой электрических, тепловых, механических и других физических полей создает виртуальный эффект полного представления о протекающих в ЭС физических процессах. Такой подход к моделированию дает возможность определить наибольшие коэффициенты физических нагрузок каждого электронного компонента путем сравнения фактических нагрузок с предельно допустимыми нормами по ним.

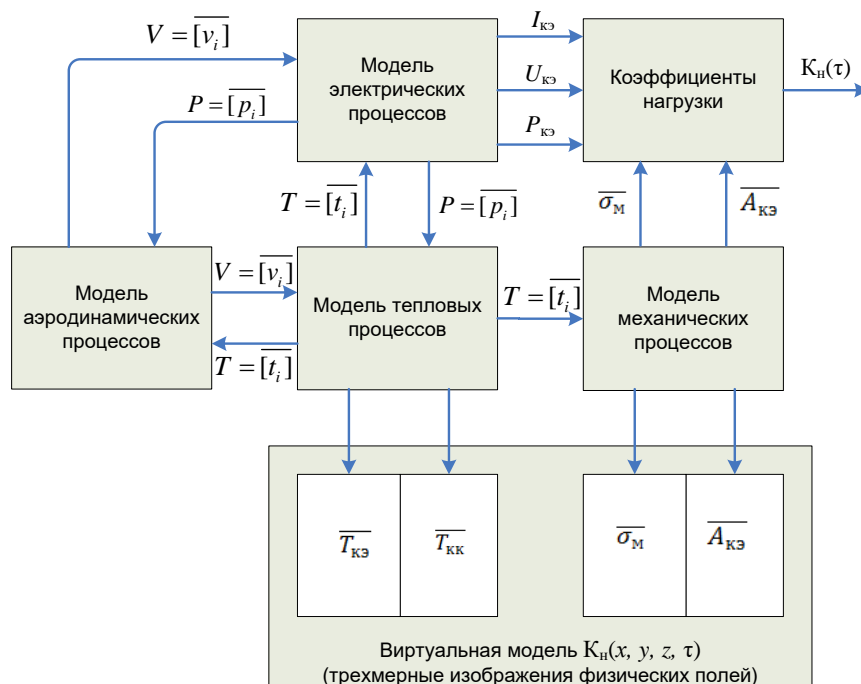


Рисунок 1 – Структурная схема виртуальной математической модели взаимосвязанных электрических, тепловых, аэродинамических (гидравлических), механических и надежностных моделей: $I_{кз}$, $U_{кз}$, $P_{кз}$ – векторы выходных электрических воздействий; P – вектор мощностей тепловыделений электронных компонентов; T – вектор температур конструктивных и электронных компонентов; V – вектор скоростей воздушных потоков; A – вектор механических ударных ускорений; K_n – вектор коэффициентов нагрузок

При отсутствии перегрузок разработчик ЭС может констатировать, что чем меньше коэффициенты нагрузок, тем выше надёжность ЭС. В отличие от вероятностных показателей надёжности, полученные в результате виртуального моделирования на ЭВМ коэффициенты нагрузок радиоэлектронных компонентов и частей несущей конструкции можно всегда проверить после изготовления ЭС путем проведения испытаний.

Заключение

Применение данного метода моделирования для космических инфокоммуникационных ЭС следует рекомендовать добиваться коэффициентов нагрузок не выше 0,5 – 0,6 от максимально допустимых нагрузок, указанных в технических условиях на электронные компоненты и материалы несущих конструкций. Это гарантирует безаварийную их работу при запуске и в течение заданных периодов эксплуатации.

Важно, что необходимые изменения в схемы и конструкции ЭС для достижения необходимых коэффициентов нагрузок на каждый электронный компонент разработчик вносит до изготовления лабораторных макетов или опытных образцов, а не после испытаний. Это сокращает и сроки разработок, и финансовые расходы. И, что не менее важно, разработчик видит виртуальную модель ЭС и в целом, и нагрузки по узлам и по всем электронным компонентам её конструкции. А это придает уверенность в надёжности ЭС.

Благодарности

Статья подготовлена в ходе проведения работы (проект № 17-01-0105) в рамках Программы «Научный фонд Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)» в 2017 – 2018 гг. и в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации «5-100».

Литература

1. Kofanov Y. N., Sotnikova S. Y. The theory of virtual modeling of physical processes in onboard electronic means, in: 2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT). Proceedings. M. : IEEE, 2018. P. 1-4.

2. Kofanov Y. N., Sotnikova S. Y. Interrelation of physical processes in a virtual model of onboard electronic means, in: Information Innovative Technologies: Materials of the International scientific – practical conference / Ed. By S. U. Uvaysov, I. Ivanov. M. : Association of graduates and employees of AFEA named after prof. Zhukovsky, 2017. P. 328-332.

3. Аппаратно-программный комплекс автоматизированного проектирования, обеспечения виртуализации испытаний и стойкости к воздействию дестабилизирующих факторов при эксплуатации РЭА / Н.В. Малютин, О.Ю. Мартынов, А.С. Шалумов, Ю.Н. Кофанов // Виртуализация проектирования и испытаний электронной аппаратуры: Труды ОАО «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники». М.: Радиотехника, 2011. С. 7–11.

4. Kofanov Y. N., Sotnikova S. Y. Virtual simulation method of interrelated physical processes in on-board electronic means, in: Proceedings of the 2017 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS). IEEE, 2017. P. 215-218.

ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДА СО СЛОИСТЫМИ ТРЕЩИНАМИ

Курбанмагомедов К.Д.¹, Муртаев М.А.²

¹УВО «Институт системных технологий», ²ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы обеспечения надежности трубопроводов, в которых возможно возникновение слоистых трещин. Рассматривается возможность оценки показаний на должности в зависимости от динамики развития трещины и выдаются рекомендации к техническому обслуживанию трубопроводов.

Ключевые слова. Надежность, отказ, неисправность, трещина, техническое обслуживание, развитие, вероятность безопасной работы, система, моделирование алгоритм.

Methodology of estimation of state and service of pipelines with layered cracks. Kurbanmagomedov K.D.¹, Murtaev M.A.², ¹Institute of System Technologies, ²Dagestan State Technical University".

Annotation. The paper considers the issues of ensuring the reliability of pipelines, in which the occurrence of layered cracks is possible. The possibility of assessing the indications to the posts depending on the dynamics of the development of the crack is considered and recommendations are given for the maintenance of the pipelines.

Keywords: reliability, failure, malfunction, crack, maintenance, development, probability of safe operation, system, simulation algorithm.

Слоистая трещина в трубопроводе представляет собой дефект металла трубопровода. Ее развитие и влияние на работоспособность трубопровода зависят от условий эксплуатации, а также от объема и периодичности технического обслуживания трубопровода Их образование связано с наличием в металлах неметаллических включений, сульфидов и швов водорода[1]. Образованию слоистых трещин способствует также некачественная связка металлов при возникновении сварочных напряжений и термомодеформационных циклов сварки.

В металле анизотропия вязкости и плоскости также приводит к возникновению слоистых трещин. Причиной этого являются неметаллические включения, имеющие разнообразную форму.

Слоистые трещины характеризуются на ранних этапах развития ступенчатыми террасами с короткими разрывами между ними[2]. При эксплуатации эти разрывы соединяются между собой и образуют трещину (рисунок1).

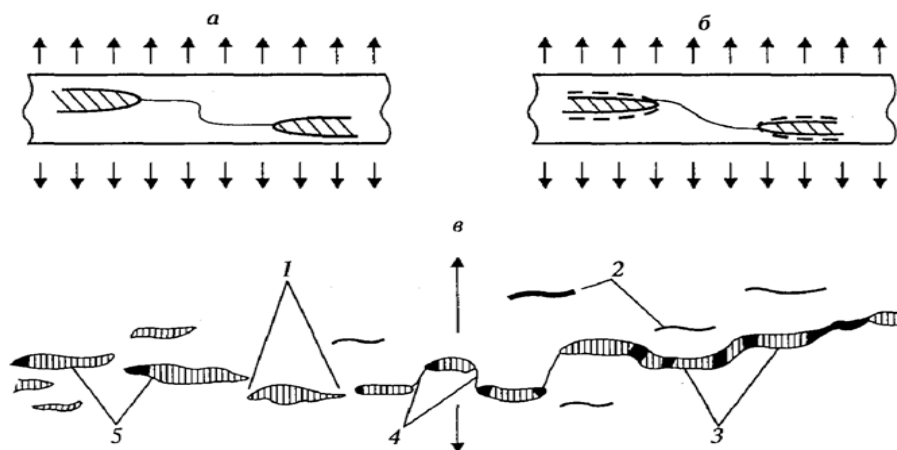


Рисунок 1 - Образование слоистой трещины (1-перемычки между микротрещинами, 2 - инородные включения, 3-области разрывов, 4-области среза, 5-фронты срезов трещины перед разрывами)

Слоистые трещины возникают также при затвердевании металла в виде холодного растрескивания, из-за низкой пластичности металла или в виде растрескивания в сварных соединениях при повторном нагреве, предназначенном для снятия внутренних напряжений. Кроме качества и технологии сварки к образованию СТ приводит свойство конструкции сварного узла и изменение свойств стали в направлении толщины листа трубопровода. В последнем случае имеется большая вероятность возникновения горячих кристаллизационных трещин. Горячие СТ образуются также при прокате для изготовления трубопроводов из-за наличия примесных материалов изменения их свойств при затвердевании и прокате. Нарушение сплошности материала приводит к изменению термохимических характеристик, к их разрушению. В особенности это касается режимов работы, связанных с динамическими многоцикловыми нагружениями, приводящими к возникновению очагов разрушения на границах образования трещин. В развивающейся трещине имеет место различное распределение поля напряжений. В ней возможны напряжения, стремящиеся распространить трещину в длину, но и напряжения направления перпендикулярно ее длине, стремящиеся увеличить расстояние между слоями трещины. При увеличении продольных и поперечных напряжений локальные микротрещины стремятся воссоединению и образованию крупных трещин, приводящих к разрушению металла. Некоторые авторы отписывают дефекты типа расслоения, под которым понимается усталостное расслоения металла, расслоение за счет инородного включения, раскаты, загрязнения, а также расслоения с выходом на поверхность, к которым относятся закат, подкат, плена, наклонные расслоения. К ним же относятся расслоения в околосварной зоне, которые классифицируются как расслоения, примыкающие к сварному шву, расслоения при кристаллизации металла, изменения толщины стенки трубопровода за счет локального уплотнения стенки горячекатаной трубы. Дефекты типа расслоения также можно отнести к типам дефектов «слоистые трещины».

В таблице 1 приведены данные о соотношении типов дефектов в нефтепроводах [3].

Таблица 1 - Соотношение типов дефектов на участке нефтепровода

Тип дефекта	Доля от общего количества дефектов
Вмятина	0,25
Включения	0,03
Расслоения	0,23
Потеря металла	0,49

Из данной таблицы расслоения и инородные включения в металл могут привести к образованию слоистых трещин. Распределение включений и расслоений по размеру следующее: расслоения длиной до 200 мм – 0,75; расслоения длиной от 200 мм до 1000 мм – и 0,14; расслоения длиной 1000 мм – 0,01; включения – 0,10. Это свидетельствует о достаточно большой протяженности слоистой трещины и, соответственно, о ее влиянии на формирование и характер поля напряжений в данном участке трубопровода.

По данным внутритрубной диагностики, проведенной в АК « Транснефть» для 6 тыс. км. трубопроводов [3], доля труб, имеющих дефекты, зависит от диаметра трубопровода и региона расположения трубопровода (для южных регионов доля труб с дефектами на 15% выше по сравнению с

северными регионами и районом Среднерусской возвышенности). Распределение дефектов по типам для труб различного диаметра представлено в таблице 2.

Таблица 2 - Соотношение типов локальных дефектов в зависимости от диаметра нефтепровода

Типы дефектов	Диаметр труб, мм		
	1020	800	500
Потеря металла	0,0774	0,7010	0,2590
Расслоения	0,1374	0,1850	0,4450
Включения	0,7172	0,0450	0,0670
Вмятина	0,0303	0,0520	0,1710
Заплаты	-	0,0003	0,0003
Арматура	0,0236	0,0130	0,0560

Из таблицы следует, что наиболее подвержены к образованию дефектов трубопроводов из-за расслоений и инородных включений подвержены трубопроводы меньшего диаметра, что связано с более сильным влиянием на распределение напряжений в трубопроводе данных состояний участка трубопровода.

В то же время распределение расслоений и включений по размерам характеризуется следующими особенностями (таблица 3):

- расслоения более часто возникают в трубах меньшего диаметра;
- инородные включения чаще появляются в трубах большего диаметра, хотя общий процент данного типа дефектов невысокий.

Таблица 3 - Распределение расслоений и инородные включения по размерам в зависимости от диаметра нефтепровода

Тип дефекта	Диаметр труб, мм		
	1020	800	500
Расслоения длиной менее 200 мм	0,280	0,670	0,761
Расслоения длиной свыше 200 мм но не более 1 метра	0,130	0,120	0,100
Расслоения длиной свыше 1 метра	0,050	0,10	0,009
Включения	0,54	0,200	0,130

Рассмотрим графическую модель СТ, имеющей место на трубопроводе большого диаметра и характеризующейся эллиптической формой (рисунок 2).

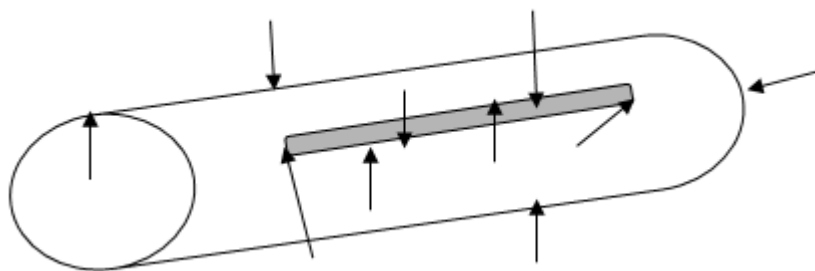


Рисунок 2 - Графическая модель слоистой трещины (стрелками показаны нагрузки на стенки трубопровода и на края трещины)

Для данного типа трещины известно решение для оценки максимального допустимого напряжения

$$\sigma_{\max} = 6(1 + 2a/b),$$

где a и b - полуоси эллипса, σ - среднее напряжение в сечении. Распределение напряжений показывает наличие наибольших напряжений на краях трещины. Концентрация напряжений как при растяжении, так и при других видах деформаций значительно зависит от формы отверстия или выточки (рисунок 3). Доказано, что с увеличением длины трещины максимальное допустимое напряжение возрастает при возникновении поперечных сил растяжения.

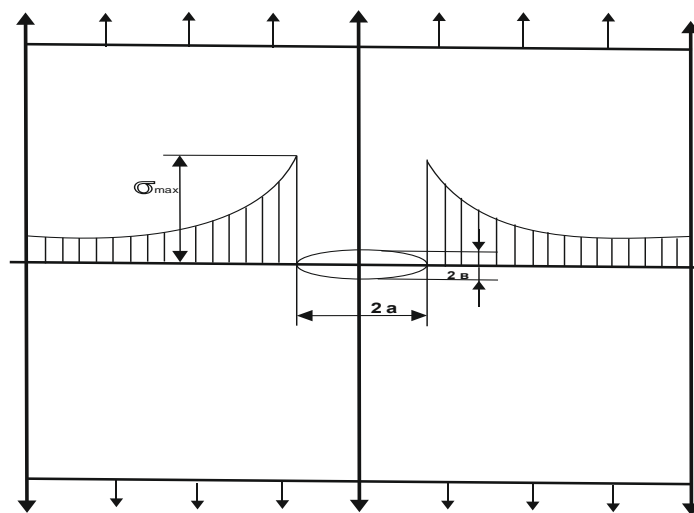


Рисунок 3 - Концентрация напряжений в слоистой трещине

С увеличением отношения a / b максимальные напряжения возрастают и при узком отверстии, расположенном перпендикулярно направлению растяжения, достигают очень большого значения. В связи с этим большие напряжения возникают у краев поперечных трещин.

В качестве методики исследования слоистых трещин предлагается следующая методология, основанная на выборе наиболее существенных параметров или одного параметра:

- оценка вероятности появления некоторого количества дефектов (трещин) на участке трубопровода в соответствии с моделью Пуассона;
- построение стационарной аналитической модели дефекта для оценки тренда наиболее существенного параметра;
- построение динамической аналитической модели применение во времени наиболее существенного параметра;
- оценки плотности распределении параметра;
- оценки вероятности нахождения дефекта в области работоспособности;
- оценка вероятности наличия скрытого дефекта;
- оценка вероятности не обнаружения дефекта после первого контроля при условии, что в начале периода эксплуатации все элементы системы были исправными;
- оценки плотности распределение размера дефекта в допустимых пределах.

Рассмотренные процедуры, являющиеся основой алгоритма вычислений, позволяют реализовать исследование состояния трубопровода, рассчитать необходимые число проверок и длительности периодов эксплуатации.

Для трубопроводов одним из важных параметров при исследовании дефектов типа СК является размер дефекта, его длина и изменение линейного размера в процессе эксплуатации.

В этом случае адаптивный алгоритм вычислений можно представить состоящим из следующих процедур [2,4]:

1. Оценка вероятности появления некоторого количества дефектов m на всей длине трубопровода

$$P_0(m) = (L\lambda)^m \exp(-L\lambda)/m!,$$

где P_0 – вероятность того, что в трубопроводе имеется m дефектов, L - длина трубопровода, λ - среднее количество дефектов на единицу длины трубопровода.

2. Оценка размера дефекта при многоцикловом нагружении трубопровода

$$dl/dN = C_n (\Delta K_i)^n,$$

где N – число циклов нагружения, C_0, n – константы, ΔK_i – фактор интенсивности нагружения.

3. Анализ изменения размера дефекта (трещины) за время эксплуатации до первого контроля

$$l_1 = l_0 + \int_0^N \frac{dl}{dN} dN.$$

4. Вычисление плотности распределения дефектов по размеру с начала эксплуатации до первого контроля определяется как плотность функции случайного аргумента $l_1(l_0)$

$$f_1(l_1) = f_0(\varphi(l_1)) / \varphi'(l_1),$$

где $f_1(l_1)$ – плотность распределения размера дефектов за время эксплуатации за время T_k , f_0 – плотность распределения размера дефектов после изготовления, $\varphi(l_1)$ – функция обратная аргумента $l_1(l_0)$, $\varphi'(l_1)$ – производная функция $\varphi(l_1)$.

5. Вычисление вероятности того, что за первый период эксплуатации имеющийся дефект не достигнет критических размеров вычисляется по следующей формуле

$$F(l_{кр}) = \int_0^{l_{кр}} f_1(l) dl,$$

где $l_{кр}$ - критический размер дефекта, при котором происходит отказ.

6. Анализ вероятности безотказной работы трубопровода с учетом распределения количества дефектов

$$P_1(l_{кр}) = L\lambda(1-F(l_{кр})).$$

7. Анализ вероятности необнаружения одного дефекта

$$P_1(l_1) = \int f_1(l_1)q(l_1),$$

где $f_1(l_1)$ – вероятность необнаружения одного дефекта из одного имеющегося, $q(l_1)$ – вероятность необнаружения при контроле дефекта размера l_1 .

8. Вычисление вероятности необнаружения m – дефектов после 1-го контроля.

9. Вычисление плотности распределения дефекта после проведения одной процедуры контроля.

10. Вычисление вероятности того, что после 1-го периода эксплуатации останется m дефектов.

11. Вычисление вероятности необнаружения одного дефекта из одного имеющегося после проведения 1 проверки за период контроля $(1-i) T_k$ до $i T_k$.

12. Оценка вероятности недостижения критического размера дефекта за период контроля $(1-i) T_k$ до $i T_k$.

Приведенные расчеты используют такие параметры трубопровода, как длина трещины, количество дефектов на единицу длины трубопровода и длина участка трубопровода, подлежащего для анализа состояния. Выбор данного параметра связан с тем, что:

- позволяет оценить остаточный ресурс и прочность трубопровода до разрушения;
- подобрать, как было спорно ранее, режима технического обслуживания;
- подобрать условия погружения и эксплуатации с целью приостановлении развития трещин;
- предотвратить взрывоопасные ситуации в трубопроводах.

Таким образом, в трубопроводах достаточно актуальным является вопрос выявления слоистых трещин, которые занимают большую долю возникающих в них дефектов. Одной из основных характеристик в них является длина трещины, характеризующаяся в конечном итоге общее состояние трубопровода, его остаточный ресурс.

Литература

1. Захаров М.Н., Лукьянов В. А. Прочность сосудов и трубопроводов с дефектами стенок в нефтегазовых производствах.- М.; ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2000-216 с.
2. Лелеков В.И. Расчетные методы оценки надежности энергетической техники и систем: учебное пособие. – М.: Изд-во МГОУ, 2010. – 104 с.
3. Энциклопедия в машиностроении XXI. Оборудование материаловедение и металлургия.
4. Курбанмагомедов К.Д., Мутаев М.А. Методология применения средств адаптивного диагностического моделирования технологических трубопроводов по состоянию.//Системные технологии-2017-№22-с.39-48.

ЦЕЛОСТНОСТЬ ИНФОРМАЦИИ В ДЛИТЕЛЬНЫХ ПЕРИОДАХ ВРЕМЕНИ: ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ

Минзов А.С., Невский А.Ю., Баронов О.Р.
НИУ «МЭИ», кафедра БИТ
+7 (926) 565-05-76, MinzovAS@mpei.ru

В статье рассматриваются вопросы обеспечения целостности информации в длительных периодах времени. Такая задача ранее не ставилась. Однако опыт показывает, что в длительных периодах времени в электронных архивах может происходить неконтролируемое изменение информации и даже её исчезновение. Атаки на целостность электронных архивов могут носить целенаправленный характер. Это вызывает необходимость создания информационных технологий по обеспечению целостности архивов. В работе рассматривается механизм работы системы обеспечения целостности информации в электронном архиве путем создания распределенной управляемой доверенной среды. Это позволяет контролировать процессы, данные, действия пользователей и принимать решения по выбору владельцев архива, восстанавливать архив при частичной потере информации в нем и противодействовать атакам на целостность архива.

Ключевые слова: целостность информации, электронный архив, длительный период времени, атака.

Integrity of information in a long period of time: problems and their solutions. Minzov A.S., Nevskiy A.U., Baronov O.R. NRU "MPEI".

The article discusses issues of ensuring the integrity of information over a long period of time. This task was not raised earlier. However, experience shows that in the long periods of time in electronic archives there can be an uncontrolled change in information and even its disappearance. Attacks on the integrity of electronic archives can be targeted. This requires the creation of information technology to ensure the integrity of archives. The work is devoted to the mechanism of the integrity of information in the electronic archive by creating a distributed managed trusted environment. This allows you to track the processes, data, user actions and make decisions about the choice of the owners of the archive, restore the archive with a partial loss of information in it and meet attacks on the integrity of the archive.

Keywords: information integrity, electronic archive, long period of time, attack.

Введение

Появление новых технологий создания доверительной среды в распределенных информационных технологиях на основе блокчейн (технология построения связанных списков) и системой консенсуса (принятие решения на основе общего согласия) позволило несколько по-другому взглянуть на механизмы конфиденциальности, целостности и доступности информации. При этом наиболее интересные из них оказались те, которые направлены на создание принципиально новых механизмов обеспечения целостности информации. Почему возникла такая проблема? Дело в том, что в настоящее время все решения по управлению системами информационной безопасности имеют ограниченные жизненные циклы управления [1-7], а нормативные документы включают в себя рекомендации по выводу элементов систем защиты информации из эксплуатации [1-2]. Реально длительность жизненного цикла систем безопасности существенно зависит от морального старения элементов этих систем и составляет сегодня менее 10 лет. А что делать дальше с наиболее ценными архивами информации, особенно в условиях катастроф, локальных конфликтов и других угроз целостности однозначного ответа на этот вопрос не существует.

Есть и еще одна тенденция, которая вплотную приближается к рассматриваемой проблеме. Это необходимость хранения личной цифровой информации в длительном периоде времени, значительно превышающем время жизни человека. До сих пор считается, что самой надежной формой хранения информации является бумага. Известно выражение, что «рукописи не горят», однако, это далеко не так. Интенсивная урбанизация населения, повышение плотности застройки городов создают проблемы для хранения информации на бумажных и других носителях от пожаров и других угроз. С другой стороны, интенсивный переход к цифровым технологиям привёл нас к тому, что время жизни носителей информации в электронном виде не существенно отличается от времени жизни бумажных документов. Отсюда возникает главное противоречие: с одной стороны, идет резкая интенсификация технологий обработки и обмена информацией, а с другой стороны мы совершенно не заботимся о том, как, где, сколько времени и в каких формах хранится эта информация.

Есть ещё одна тенденция, связанная с нарастанием значительных объемов данных, которые требуются нам для запоминания. Причём эта информация имеет, как правило, смысл, но лишена некоей логической последовательности. К ней относятся: логины и пароли от различных информационных систем, социальных сетей, почтовых служб; пароли от электронных кошельков денежных информационных систем и дистанционного банковского обслуживания; пароли доверенной загрузки и систем электронной подписи; пин-коды платежных банковских карт; информация, относящаяся к личной и семейной тайнам и другая. Часть этой информации передается другим лицам с разным уровнем доступа, а личная информация может передаваться по наследству. Таким образом, сегодня возникает противоречие между увеличивающимися возможностями информационных систем, средств связи и телекоммуникаций и устаревшими подходами к обеспечению целостности информации в этих системах в длительных периодах времени.

Целостность информации и механизмы её обеспечения и контроля

Термин «целостность» используется в различных областях знаний: информационная безопасность, компьютерная безопасность, защита компьютерных сетей и информационных систем. Но практически везде он имеет одинаковый смысл:

1. *Целостность информации* (ресурсов автоматизированной информационной системы) — состояние информации (ресурсов автоматизированной информационной системы), при котором ее (их) изменение осуществляется только преднамеренно субъектами, имеющими на него право [4].

2. *Целостность информации* — состояние информации, при котором отсутствует любое ее изменение, либо изменение осуществляется только преднамеренно субъектами, имеющими на него право.

3. *Целостность ресурсов информационной системы* — состояние ресурсов информационной системы, при котором их изменение осуществляется только преднамеренно субъектами, имеющими на него право, при этом сохраняются их состав, содержание и организация взаимодействия.

4. *Целостность информации* – это состояние информации, при котором отсутствует любое её изменение субъектами, не имеющими на это права. Основные процессы, которые должны обеспечиваться в механизмах целостности: хранение, передача и отображение информации.

Таким образом, в широком смысле этого слова термин целостность имеет отношения не только непосредственно к самой информации, но также и к тем субъектам, которые имеют отношение к хранению, передаче и отображению информации.

Все угрозы нарушения целостности информации относятся к любым формам несанкционированного воздействия на информацию, приводящие к её изменению, нарушению логической последовательности или исчезновению. В ответственных информационных системах, например критических информационных инфраструктурах, механизм целостности может быть более сложным и включать защиту информации от субъектов, имеющих права на её изменение, но действия которых могут привести к её разрушению или уничтожению .

Основными механизмами обеспечения целостности информации (данных) в информационных системах являются:

1. Обеспечение отказоустойчивости (надежности) хранения информации. Это достигается многократным дублированием информации (получение реплик информации) на различных носителях и в виртуальных средах. Показатели надежности могут быть рассчитаны при известных вероятностях безотказной работы отдельного устройства или облачного сервиса.

2. Обеспечение безопасного восстановления информации при её хранении. Такая задача возникает в том случае, когда информация представляет собой архивы документов, копии которых отличаются по контролю целостности.

3. Обеспечение требований по целостности информации при передаче её по линиям связи путем помехоустойчивого кодирования, хэширования, шифрования, использования имитовставки и применения электронной подписи документов.

4. Выполнение требований по доступности и целостности информации путем выполнения требований по резервированию каналов связи, оборудования и проведения других мероприятий по обеспечению непрерывности бизнеса [2].

5. Выполнение требований по конфиденциальности к информации, содержащейся в информационных системах, и к информационным технологиям обеспечения целостности информации и её контроля.

Практическая реализация контроля целостности обеспечивается в механизме инкапсуляции при проектировании классов в объектно-ориентированном программировании. При этом необходимо ориентироваться на требования стандартов [4-6] (Common Criteria), которые описывает инфраструктуру требований по свойствам безопасности отдельных её компонентов. Для этого в этих стандартах предусматриваются функции безопасности в форме семейства FDP_UIT, которые определяют требования по обеспечению целостности данных пользователя при их передаче между объектом и другим доверенным продуктом информационной технологии, а также возможность их восстановления при обнаружении ошибок.

К сожалению, вопросы обеспечения целостности информации при её отображении в настоящее время не рассматриваются. Однако в будущих информационных системах и особенно в критических информационных инфраструктурах это требование может появиться.

Есть ещё один важный аспект этой проблемы. В длительных периодах времени будет происходить не только контролируемое изменение информации в архивах документов, но и смена владельцев этих архивов. Для этого необходима разработка механизмов безопасной реализации этих процессов. Существуют и технические аспекты этой проблемы, связанные с управлением архивом, его расширением и переходом на новые форматы и технологические платформы.

Остается актуальной и другая задача — создание доверенной среды всех субъектов, имеющих отношение к архиву.

Таким образом, механизмов обеспечения целостности информации на длительный период времени сегодня не существует, а процессы управления архивами с позиций обеспечения их целостности не рассматривались.

Постановка задачи обеспечения целостности информации в длительных периодах времени
Наименование проекта:

Система обеспечения целостности архива в продолжительных интервалах времени (СОЦ)

Цель проекта:

Разработка механизма управления архивом информации с передачей прав его наследования очередному владельцу при заданном уровне надежности хранения криптографически защищенной информации.

Ограничения и допущения:

- Общая сеть (Интернет) будет модернизироваться эволюционно с сохранением преемственности протоколов передачи информации.
- Операционные системы также остаются консервативными в отношении поддержки команд исполняемых файлов. Направление их развития идет в сторону повышения надежности, производительности, безопасности и расширения интерфейсов взаимодействия с оборудованием и приложениями.
- Форматы хранения информации консервативны и будут изменяться в сторону обеспечения их безопасности и надежности при условии совмещения их разных версий.
- Виртуальные среды будут все более доступны для архивов и процессов.
- Права владельца архива и других его пользователей контролируются системой (System Management Console), размещенной в виртуальной среде на одной из платформ PaaS (Platform-as-a-Service). Любые их действия, направленные на расширение своих прав, приводят к блокированию у них консоли управления (Archive User Console).
- Все действия с архивом протоколируются и могут быть восстановлены пользователями, имеющими на это права. Изменения истории архива недопустимы, даже владельцем документа. Все изменения проводятся только относящиеся к текущему времени.
- Смена владельца архива проводится по процедуре, организованной System Management Console на основании списка очередных владельцев архива. Условием запуска этой процедуры может быть потеря активности владельца архива в течении определенного промежутка времени, либо желание его владельца через его консоль (Archive Owner Console).
- Решение на включение нового пользователя архива и его права принимает владелец архива. Решения по доступу пользователей к общей публичной информации принимает System Management Console по заданным критериям.
- Аутентификация пользователей архива и процессов осуществляется на основе архитектуры открытых ключей. Эта процедура запускается при входе в архив.
- Ограничения на время работы СОЦ нет. Переход на другие технологические платформы осуществляется без изменения программной среды приложений и проводятся под управлением владельца архива по процедуре, исключающей возможность его модификации, также полного или частичного исчезновения (нарушения целостности).
- Все элементы системы (процессы и данные) многократно дублируются, синхронизируются при изменениях и контролируются на целостность.
- Восстановление архива проводится по процедуре установления консенсуса для его отдельных элементов.

Структура системы обеспечения целостности информации в архиве

Структура системы представлена на рис.1. Вся организация работы архива в длительном периоде времени осуществляется в четырех взаимосвязанных структурах:

- Консоль управления архивом (AMC - Archive Management Console).
- Консоль системы управления (SMC - System Management Console).
- Консоль владельца архива (AOC - Archive Owner Console).
- Консоль пользователя архива (AUC - Archive User Console).

Управление архивом осуществляется автономно на одной из активных платформ. Хранение архива осуществляется в нескольких десятках или сотен копий в различных виртуальных средах на платформах PaaS. Передача управления на архив и синхронизация всех изменений с другими копиями архива осуществляется через SMC. Формат хранения архива настраивается при запуске системы и представляет собой логически связанную структуру документов, которые классифицируются при вводе в архив по определенным признакам. Определяющим фактором является дата документа, занесенного в архив, но реестр документов позволяет отображать содержание архива во всех возможных сочетаниях описания признаков документов. Все документы архива зашифрованы и передаются пользователю архива после проверки возможности его доступа и полномочий.

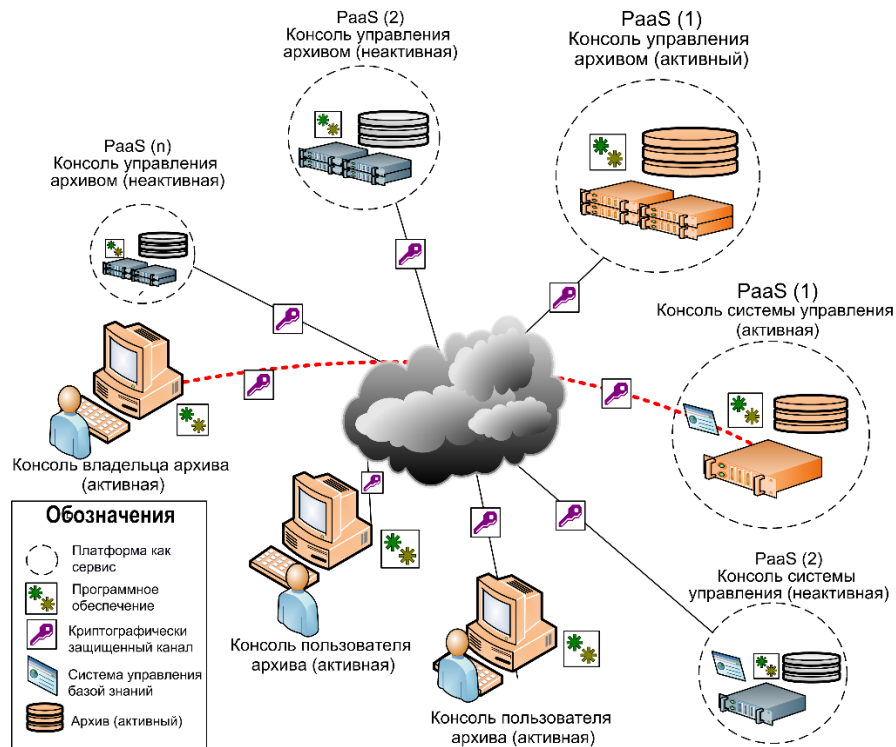


Рисунок 1 – Структура системы обеспечения целостности архивов

Наиболее сложным элементом систем обеспечения целостности является SMC. Именно её функции определяют длительность обеспечения целостности архива и включают:

1. Принятие решения на передачу прав доступа к архиву очередному владельцу (при определенных условиях). Применение разных механизмов наследования архива.
2. Организация взаимодействия с пользователями активного архива и установление им прав доступа.
3. Контроль работы всех пользователей архива и подготовка отчетов.
4. Синхронизация изменений архива во всех его копиях и информации управления.
5. Контроль целостности процессов консолей управления AMC, SMC, AOC, AUC и данных .
6. Генерация ключей и их сертификатов. Содержание архива ключей.
7. Шифрование архива. Синхронизация службы времени консолей управления.
8. Перенос архива на новые платформы и среды.
9. Восстановление целостности архива по отдельным его элементам с использованием процедуры консенсуса.
10. Оценка рисков нарушения целостности архива со стороны пользователей и уведомление об этом владельца архива.
11. Перенос виртуальных копий на материальные носители.
12. Поиск новых виртуальных средств для хранения копий.
13. Выявление признаков атак на активный архив и смена активного архива.

Функции очередного владельца архива включают:

1. Установление на своём хосте консоли владельца архива и получение от SMC права на его управление.
2. Пополнение списка очередных владельцев архива определение способов связи SMC с ним.
3. Определение мест хранения архива в современных виртуальных средах.
4. Определение прав и условий доступа к архиву очередных участников и других пользователей.
5. Изменение содержания архива в пределах времени его владения и доступных ему документов.
6. Изменение доступных ему настроек управления архивом.
7. Определение форматов хранимой информации.
8. Запуск процессов переноса архива в другие виртуальные среды и устройства.
9. Принятие решения на передачу прав доступа к архиву очередному владельцу.

Заключение

Механизм работы СОЦ основан на создании распределенной управляемой доверенной среды, позволяющей контролировать процессы, данные, действия пользователей и принимать в отдельных случаях решения по выбору владельцев архива, управлять работой архива, восстанавливать архив при частичной потере информации в нем и противодействовать атакам на целостность архива в продолжительном периоде времени.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2006 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002-2012 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Свод норм и правил менеджмента безопасности.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27003-2012 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Руководство по реализации системы менеджмента информационной безопасности.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности.
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-1-2013 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 1. Введение и общая модель.
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-2-2013 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 2. Функциональные компоненты безопасности.
7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-3-2013 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 3. Компоненты доверия к безопасности.

СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННАЯ АРХИТЕКТУРА И BPM

Мухаметшин В.Н.

Сургутский государственный университет
valerii.mvn@gmail.com

В статье предлагается решение архитектуры, объединяющее сервис-ориентированную архитектуру (SOA) и управление бизнес-процессами (BPM). Описано определение, характеристики и реализация SOA; описан механизм BPM; дается общая архитектура с комбинацией SOA и BPM совместно с конкретной процедурой проектирования.

Ключевые слова: сервис-ориентированная архитектура, управление бизнес-процессами, BPM, бизнес-процесс.

Service-oriented architecture and business process management. Mukhametshin V.N. Surgut State University.

This article proposes a solution of architecture combining Service-Oriented Architecture (SOA) and Business Process Management (BPM). First, explain the definition, characteristics and implementation of SOA; second, introduce the concept and mechanism of BPM; finally, give an overall architecture with combination of SOA and BPM, along with the concrete designing procedure.

Keywords: SOA, service-oriented architecture, business process management, BPM, business process.

Введение

Наряду с быстрым, глобальным развитием информационных технологий, информационные системы для всех целей нужны повсеместно. При проектировании информационных систем, большое внимание, зачастую, уделяется тому, чтобы сделать систему более гибкой и готовой к изменениям и настройке, в дополнение к стабильности, безопасности и эффективности. В работе даны определения, характеристики SOA; описан механизм BPM; предложена общая архитектура SOA и BPM. В данной работе, взяв за основу архитектуру информационных систем, исследуется гибкость и технологичность информационных систем и предлагается исполняемый метод проектирования информационной системы, объединяющей SOA и BPM. SOA предоставляет услугу стандартного интерфейса через системную абстракцию, в то время как BPM описывает бизнес-процесс, который потребляет сервис. Сочетание SOA и BPM дает такие преимущества системы, как свободная связь объектов системы, независимость языка,

тем самым повышая гибкость функционирования и управления бизнес-процессами в информационной системе.

Сервис-ориентированная архитектура SOA

Сервис-ориентированная архитектура или SOA представляет собой бизнес-ориентированный метод проектирования и функционирования информационных систем. Метод поддерживает интеграцию, которая создает тип задачи или сервиса, который связан и может быть использован повторно.

В SOA, условно, существуют 3 роли, определенные в модели: поставщик сервиса (service provider), описание сервиса (Service Broker), потребитель сервиса (Service Consumer).

Service Provider (поставщик услуги): предоставляет услуги в соответствии с договором и публикует их стороннему предприятию услуг или Service Broker.

Service Consumer (потребитель сервиса): находит и вызывает другие сервисы программного обеспечения для предоставления бизнес-решений.

Service Broker (сервис-посредник): выполняет хранение, генерирует интерфейсы к программам, опубликованным поставщиком услуг.

Участники в SOA взаимодействуют друг с другом через 3 основных действия: публикация, поиск и привязка. Поставщик услуг предоставляет услуги на обслуживание. Потребитель сервиса находит необходимые услуги через описание сервиса, затем связывается к этим сервисам [1]. Поставщик услуг и потребитель услуг также могут взаимодействовать друг с другом.

Основные характеристики SOA включают в себя следующее:

инкапсуляцию сервисов: сервисы инкапсулированы в функции приложения, которые могут сделать многоразовые компоненты для бизнес-процесса;

повторное использование услуг: многоразовая конструкция значительно сокращает затраты;

совместимость между службами: в SOA, сервисы могут работать друг на друга, используя предварительно определенный протокол общения;

обслуживание автономного объекта функции: обслуживание составных модуль состоит из разных компонентов;

слабосвязанные объекты: он должен быть слабо связаны между службой и привязки между службой заказчика и поставщика услуг;

прозрачность местоположения: услуги разработаны в соответствии с требованиями бизнеса и должны отражать изменения требований.

Концептуально, в SOA существует в основном три абстрактных уровня [2]. Операция: логическая единица работы. Операции SOA можно сравнить с объектно-ориентированным методом. Сервис: логическая группа операций. Службы могут быть организованы в иерархической структуре, чтобы уменьшить связь и сложность. Бизнес-процесс: набор действий или действий, выполняемых в течение длительного времени для выполнения заданных задач.

Архитектура информационной системы, объединяющей SOA и BPM

2.1. Обобщенная архитектура SOA

Обобщенная архитектуры SOA включает в себя различные возможности, которые необходимо учитывать при внедрении SOA на предприятиях, какие бы продукты и услуги ни выбирало предприятие. Базовой архитектурой является совместный уровень – корпоративная сервисная шина, которая облегчает взаимодействие между службами. ESB предоставляет все возможности связи, необходимые для вызова всех служб, выполняемых во всей архитектуре.

С помощью обобщенной архитектуры SOA (рис.1) стоит отметить полный набор сервисов, ориентированных на пользователей, процессы и интеграцию информации:

сервисы взаимодействия: подключение к людям в SOA. Они распространяют его функции и данные конечным пользователям и удовлетворяют их пользовательские потребности;

сервисы процесса: обеспечить организацию взаимодействия между управлением процессом и другие различные услуги, выполняя бизнес-процесс;

информационные сервисы: содействие унификации, репликации и преобразовании данных. Их можно реализовать различными способами;

сервисы доступа: достижения существующих активов приложений и данных из ESB;

партнерские сервисы: предоставляет документы, протоколы и управление партнерами, необходимые в бизнес-процессе;

сервисы бизнес-приложений: сервис в режиме реального времени для новых интегрированных прикладных компонентов в системе;

сервисы разработки: инструменты являются основными компонентами любой архитектуры;

сервис обслуживания: включает в себя способности, связанные с масштабом и производительностью.

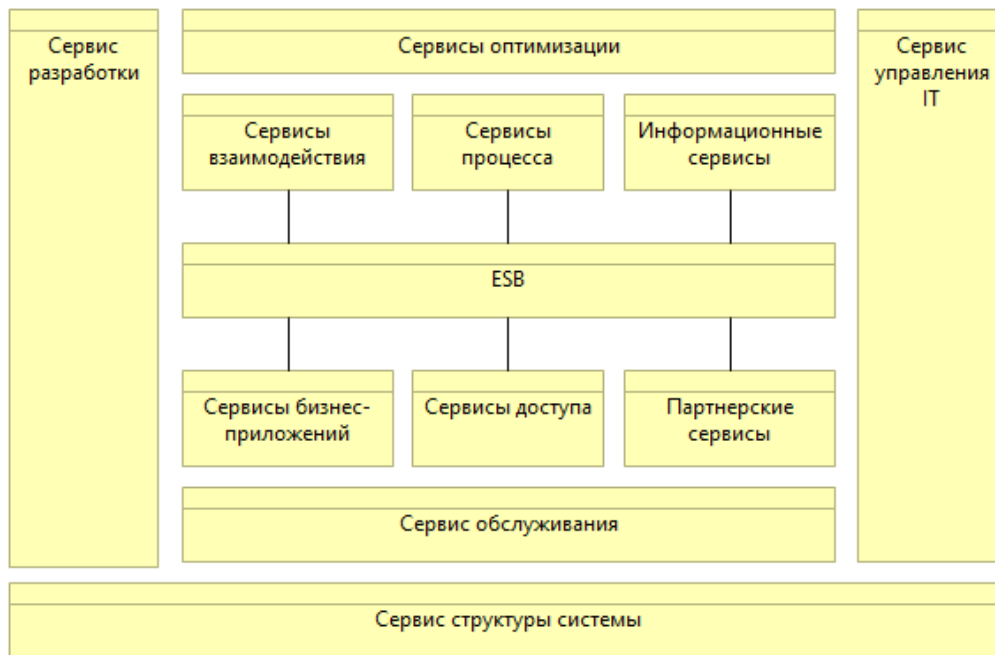


Рисунок 4 – Обобщенная схема SOA

2.2. Управление бизнес-процессами BPM

Управление бизнес-процессами (BPM) – это приложение, которое обеспечивает стратегию работы и решения, которые способствуют интеграции между людьми, между системами и между людьми и системами, соответствующими изменениям бизнес-среды. Она состоит из нескольких процессов, таких как моделирование, внедрение, мониторинг и управление [3].

2.3. Архитектура, сочетающая SOA и BPM

Архитектуру, сочетающую SOA и BPM, можно разделить условно на 4 уровня или слоя: исходный, SOA, BPM, слой пользовательского интерфейса. Основные функции каждого уровня и связи между ними представлены ниже.

Исходный слой: существующие системы на предприятии, такие как ERP, CRM, SCM и сервер баз данных. Эти прикладные системы в настоящее время поддерживают бизнес и будут продолжать использоваться. Однако, взаимодействие между этими системами является слабым, и данные, и функции не могут быть использованы повторно. SOA инкапсулирует некоторые функции этих систем в услуги для дальнейшего повторного использования и интеграции.

SOA-слой. На основе исходного слоя инкапсулирует некоторые функции в сервисы в соответствии с требованиями бизнеса и предоставляет эти услуги на уровень BPM выше его для формирования процессов. SOA - слой можно рассматривать как служебную шину, на которой предприятие подключает повторно используемые функции в серверных приложениях в качестве служб через адаптер веб-служб. Когда слой BPM выше должен позвонить один службе, он отправляет SOAP-запрос к веб-серверу, который через мыло маршрутизаторы, направляется на определенный адаптер, монтируемая на автобусе. Затем бэкэнд-приложение подключается с помощью адаптера, и, наконец, возвращает SOAP-ответ слою BPM.

BPM-слой. Этот слой делает управление, обслуживание и деятельность к основному бизнес-процессу предпринимательства. Деловая активность является составной частью бизнес-процесса, и реализуется с помощью услуг, предоставляемых слой SOA. В настоящее время наиболее распространенный вид услуг от слоя SOA – это веб-сервис, так что BPM – это фактически создание процессов организации web-сервисов.

Слой пользовательского интерфейса: этот слой, являющийся либо клиентскими программами, вызывающими процесс, либо службами, такими как веб-приложения и настольные приложения, либо доступом от деловых партнеров, является интерфейсом для работы пользователей системы.

Наиболее важной деталью архитектуры, сочетающей SOA и BPM, являются слои SOA и BPM, соответственно. Наиболее важной особенностью является то, что функции исходного слоя инкапсулируются, в то время как процессы и планы бизнес извлекаются отдельно в BPM слой для управления. Такой метод повышает коэффициент утилизации существующей системы, подчеркивает концепцию рабочего потока и повышает маневренность и скорость реагирования предприятия [4].

2.4. Порядок проектирования архитектуры информационной системы

1. Определение данных, службы и модели процесса. Для предоставления многоразовых услуг с сервис-ориентированной архитектурой первым шагом является определение данных, служб и модели процессов в бизнес-области.

2. Определение основных служб. Основные службы или услуги – это те услуги, которые уже нельзя разделить. Определить размер атомного услуги по ее повторные использования.

3. Определение составных услуг композитные услуги обратитесь к веб-сервисам, которые состоят из других служб. Составная служба аналогична другим веб-службам, так как она имеет протокол WSDL и вызывается мылом. Мы можем либо создавать составные сервисы непосредственно путем программирования, либо использовать веб-сервис Orchestration и BPEL.

4. Определение бизнес-процесса. Бизнес-процесс реализует сложные бизнес-функции многих этапов; в нем обычно участвуют многие участники, включая внутренних пользователей, внешних пользователей и деловых партнеров. Во время выполнения семантики бизнес-процессов определяется бизнес-Язык выполнения бизнес-процесса (только BPEL), в то время как процесс двигателя выполняет задачу процесса и подтверждает, что бизнес-план реализуется по сценарию BPEL.

5. Изучение средств, с помощью которых служба потребителя получает доступ к веб-службе и использует ее. Последним шагом в архитектуре информационной системы является изучение средств, с помощью которых потребитель сервиса получает доступ и использует веб-сервис, облегчающий доступ к бизнес-услугам как внутренних, так и внешних пользователей. Все авторизованные сервисные заказчиков, в том числе ИТ-систем, терминалов пользовательских приложений и web-сервисов, должны быть в состоянии получить доступ к любым услугам, в том числе атомарных и составных, и бизнес-процессы, опубликованные на веб-службы-в любое время, а не только в конечном счете, усугубляет бизнес-процессов.

Заключение

Объединение SOA и BPM может принести дополнительные преимущества. Точка присоединения SOA и BPM – это «сервис». SOA предоставляет услуги стандартизированного интерфейса путем абстракции, а BPM потребляет эти услуги при выполнении бизнес-процесса. Связь абстрактного слоя сервиса и уровня бизнес-процессов свидетельствует о повышении эффективности информационной системы, тем самым унифицировав технологию предоставления сервисов и их использования, управления бизнес-процессами.

Литература

1. P. Mell, T. Grance. The NIST Definition of Cloud Computing., NIST Special Publication 800-145 (September 2011). National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce.
2. Platform-as-a-Service Private Cloud with Oracle Fusion Middleware. An Oracle White Paper (October 2009). Oracle.com.
3. M. Bell (2010). SOA Modeling Patterns for Service-Oriented Discovery and Analysis. Wiley & Sons. p. 390.
4. T. Shan (2004). "Building a service-oriented e Banking platform". IEEE International Conference on Services Computing, 2004. (SCC 2004). Proceedings. 2004. pp. 237–244.

ПРИМЕНЕНИЕ UML ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И СИСТЕМ

Мухаметшин В.Н.
Сургутский государственный университет
valerii.mvn@gmail.com

В статье дается обобщенное описание языка UML, его основные конструкции, характеристики, особенности, диаграммы и элементы. Так же, рассмотрены вопросы практического применения UML.

Ключевые слова: UML, проектирование программного обеспечения, UML-диаграммы, архитектура программного обеспечения.

Using UML to formalize the design of software and systems. Mukhametshin V.N. Surgut State University.

The article contains a generalized description of UML, its basic structures, characteristics, features, diagrams and elements. The issues of practical application of UML are also considered.

Keywords: UML, software design, UML diagrams, software architecture.

Введение

Не так давно системы и методы разработки программного обеспечения не требовали, чтобы разработчики придерживались конкретного подхода к созданию систем, и, хотя это, возможно, было полезно в том, что это давало разработчикам свободу выбора метода, однако неформализованные подходы могут повлиять и ограничить систему неожиданными способами или даже привести к сбою, что может приводить к проблемам обслуживания.

В статье исследуется унифицированный язык моделирования (UML) как язык проектирования, который позволяет использовать подход, обеспечивающий тесную интеграцию анализа, проектирования и программирования. Кроме того, рассматривается возможность его совершенствования. В первом разделе статьи описывается язык моделирования с точки зрения проектирования. В свою очередь раздел 2 охватывает основные конструкции UML. В разделе 3 UML исследуется с практической стороны, в частности, его применение.

Язык моделирования UML

Моделирование с помощью UML (Unified Modelling Language), как следует из его названия, действительно касается создания моделей программного обеспечения системы, позволяет производить проектирование с помощью создания соответствующих диаграмм, описание и формальное документирование программного обеспечения и систем. Под моделью стоит понимать абстракцию реальности, а это значит, что моделирование в условиях полной реальности, просто из-за сложности модели может повлечь сбой и ошибки при эксплуатации.

В целом, модель представляет собой представление о системе или ПО. Первоначально, в UML был предложен набор из девяти различных методов моделирования, представляющие девять различных моделей или представлений системы. С выпуском UML 2 ещё 5 дополнительных диаграмм были включены в язык. В направлении формализации проектирования архитектуры программного обеспечения проводили или проводят исследования – C. Kobryn, J. W. Satzinger, R. B. Jackson.

Формализация проектирования с использованием UML

Формализация в UML подразумевает как возможность описания с помощью соответствующей диаграммы различных компонентов системы, так и возможные механизмы, а также сами элементы диаграмм и их связи.

2.1. Диаграммы

Условно, методы можно разделить на структурные или статистические и поведенческие или динамические представления системы, последняя версия языка моделирования, включает дополнительные типы диаграмм для модели управления в сравнении с первыми версиями [1].

2.1.1. Структурные диаграммы

Структурные диаграммы включают в себя следующие виды статических моделей UML: диаграмма профиля, диаграммы классов, диаграммы объектов, диаграммы компонентов, диаграмма развертывания, диаграммы составной структуры, диаграмма пакетов. Стоит отметить, что статические модели представляют моментальные состояние системы при данной точке или нескольких точек во времени.

Диаграммы классов представляют собой основу объектно-ориентированной парадигмы и позволяют предоставлять модели классов. Диаграмма классов определяет систему как из анализа, так и из проектной перспективы, предоставляет, что система может делать, показывая, как будет строиться система – дизайн, в целом. Диаграммы классов являются включают перечень атрибутов, поведения и обязанностей системных классов. Правильно детализированные диаграммы классов могут быть непосредственно переведены в программный код. Кроме того, правильно разработанная диаграмма классов может направлять процесс разработки программного обеспечения, а также предоставлять подробную систему документации.

Объектные модели и диаграммы представляют собой конкретные случаи или примеры классов и как таковые, как правило, рассматриваются более конкретные, чем более абстрактные классы.

На диаграмме компонентов представляются различные части программного обеспечения, которые содержит система. Она может включать интерфейсы между компонентами, а также их взаимосвязи. Диаграммы компонентов определены на более абстрактном уровне чем диаграммы классов.

Диаграммы развертывания также можно рассматривать как частный случай диаграмм классов. В этом случае диаграмма моделирует, как подключаются модули обработки во время выполнения и возможность работать одновременно. Основное различие между диаграммами компонентов и развертывания заключается в том, что диаграммы компонентов сосредоточены на программных

единицах, в то время как диаграммы развертывания изображают аппаратное обеспечение предлагаемой системы.

Диаграммы профиля представляют собой структурные диаграммы, которые описывают расширение механизмов для UML, определяя пользовательские стереотипы (действия), помеченные значения и ограничения. Профили позволяют адаптировать метамодель UML для разных платформ и доменов использования.

Структурные диаграммы компоновки представляют отношения и коммуникации между функциональными частями системы. Эти диаграммы представляют верхние уровни системы, абстрактные виды моделируемой системы.

Диаграмма пакетов, по существу, является подтипом классов или диаграмм объектов. Они предназначены для представления связанных элементов или отображения сгруппированных связанных элементов UML. Диаграммы пакетов позволяют осуществлять просмотр зависимостей между различными частями системы. Таким образом, диаграммы пакетов представляют собой обобщенный вид на модель, и, следовательно, предоставляют возможность улучшить понимание системы как для пользователей, так и для других заинтересованных сторон, если это требуется.

2.1.2. Поведенческие диаграммы

В отличие от статических диаграмм, динамические диаграммы в UML предназначены для описания поведения системы, поскольку такие диаграммы показывают переход между состояниями, взаимодействие с пользователями или внутренними классами и объектами, перемещения через различные действия, которые предназначены для этого.

К первичным поведенческим диаграммам стоит отнести: диаграмма использования, диаграмма деятельности, диаграмма состояний. Набор из четырех диаграмм взаимодействия представляет собой подтип поведенческой диаграммы: диаграмма последовательности, диаграмма активности, диаграмма взаимодействия, диаграмма синхронизации.

Хотя модели классов и диаграммы представляют собой основу объектно-ориентированной парадигмы, как обсуждалось ранее, однако, модели и диаграммы представляют систему из перспектив конечного пользователя и представляют задачи, которые система и пользователи должны осуществлять в выполнении своих заданий. Примеры использования моделей и в результате диаграммы использования используются субъекты (лица или системы, находящиеся за пределами системы интереса, которая должна взаимодействовать с разрабатываемой системой), использовать случаев и отношений между участниками и прецедентами.

Диаграммы операций моделируют поток контроля через действия в системе и, как таковые, на самом деле являются просто схемами. Кроме того, диаграммы активности являются примерами графиков состояний.

Диаграммы взаимодействия предназначены для отображения сообщений, таких как сообщения и события между объектами и между ними. UML 2.X существенно улучшенный поток контроля в диаграммах взаимодействия по UML 1.X. Старая изоморфная последовательность. Диаграммы взаимодействия и диаграммы синхронизации. Диаграммы сотрудничества известны как схем UML 2.X [2]. Четыре взаимодействия диаграммы кратко описаны ниже.

Схемы последовательности изображают и проверяют подробно логические шаги использования. На диаграммах последовательности представляются временные упорядочения сообщений между объектами в системе и, как таковые, включают в себя жизненные линии для объектов, участвующих в последовательности, а также фокус контроля в моменты времени.

Обобщенная диаграмма взаимодействия - это упрощенная диаграмма деятельности. Эта диаграмма может помочь понять, как система работает, но она не учитывает детали сообщений и информации. Сообщения передаются между объектами. Это диаграмма высокого уровня, которые не являются предназначенными для передачи информации о деталях или деталях взаимодействия системы с другими системами или подсистемами.

Диаграмма связи подчеркивает или представляет элементы, участвующие во взаимодействиях в отличие от последовательности и контрольных потоков. Некоторые детали могут быть потеряны при преобразовании из диаграммы последовательности в диаграммы связи.

Диаграммы времени чаще всего используются в системах реального времени, с помощью которых осуществляется передавать элемент синхронизации, связанный с действиями, проходящими по всей системе. Диаграммы времени показывают жизненный цикл и события, которые происходят во времени, поскольку система работает во время выполнения.

2.2 Механизмы расширяемости

Язык UML обладает формальной грамматикой, лексикой и синтаксисом для выражения необходимого - детали системных моделей по девяти диаграммам. Хотя UML представляет собой полный и формальный язык разработки моделей, нет реалистичным способом, который может быть достаточным для всех моделей во всех системах.

Чтобы помочь решить двойственные проблемы общего характера UML и необходимость сделать его также специфичным для домена, был разработан UML 2.X для создания измененной версии языка, который может изменяться, чтобы он также охватывал специфические домены.

Аналогично, UML позволяет разработчикам инструментов создавать профили, которые могут быть адаптированы к конкретному типу системы, например, в режиме реального времени.

В базовом смысле стереотипы просто добавляют новые слова в словарь UML. Стереотипы обычно являются выводами из существующих структур, уже найденных внутри UML, но все же достаточно различны, чтобы быть конкретными для конкретного контекста. Предоставление информации о номерах версий или выпусках является примером используемых меток. Метки могут быть добавлены к любому элементу в UML, чтобы обеспечить ясность разработчикам и пользователям вовремя и после цикла разработки. Ограничения в UML позволяют добавлять ограничения для систем, которые изменяют или расширяют правила для применения (или не применяются) в условиях и триггеры, которые могут быть исключениями для этих правил.

Применение UML

Характеристики UML, описанные в предыдущих разделах, позволяют получать языку широкое распространение. Внедрение и использование UML в качестве основного языка моделирования для объектно-ориентированных систем можно рассматривать как косвенное свидетельство возможности использования в задачах анализа, проектирования и реализации. UML представляет собой стандартный способ моделирования объектно-ориентированных систем, который усиливает усилия по разработке систем, а будущие усовершенствования UML обеспечат еще большую функциональную совместимость с различными системами. UML также обеспечивает очень необходимое коммуникационное соединение между пользователями и дизайнерами путем включения в его возможности – моделирование диаграмм использования. UML может использоваться с различными методологиями разработки и не является привязанной к одному подходу. Таким образом, UML по-прежнему обеспечивает поддержку моделирования для разработчиков. Продолжающееся стремление к архитектуре, управляемой моделью (model-driven architecture), является доказательством того, что, моделирование становится все ближе и практичнее [3]. Примеры использования – это больше, чем объектно-ориентированные. Ориентированный на использование подход был подвергнут критике, поскольку он принимает ориентированную на процесс, а не объектно-ориентированный вид системы. Условно, получаемые диаграммы использования, являются ориентированными на процесс, их роль в развитии объектно-ориентированных систем должно быть поставлено под сомнение и, возможно, исключено из использования в объектно-ориентированных методах разработки именно по этой причине [4]. Однако, поскольку почти все предприятия ориентированы на процесс или, по крайней мере, таким образом, большинством конечных пользователей, возможно, было бы желательно, даже необходимо, чтобы разработчики улавливать необходимые требования конечного пользователя посредством их описаний на основе процессов задач, которые они и система должны выполнять.

С появлением аспектно-ориентированного программирования возможно то, что весь объектно-ориентированный подход может быть заменен новой парадигмой. В случае чего, может возникнуть проблема в том, что UML ограничен своими механизмами расширяемости.

Заключение

В работе приведено формальное описание таких понятий из объектно-ориентированной парадигмы проектирования, как диаграмма классов, диаграмма прецедентов, отношения наследования и так далее. Стоит отметить, что UML, или какой-либо другой язык моделирования, метод разработки или методология не являются всеобъемлющими для анализа, проектирования и внедрения программного обеспечения и систем. Но, это неудивительно, потому что присущие, существенные характеристики разработки программного обеспечения делают разработку и проектирование принципиально сложной деятельностью. Однако, UML объединяет многие важные технологии разработки программного обеспечения, которые являются необходимыми для проектирования программного обеспечения и систем.

Литература

1. Gamma E., Richard H., Ralph J. and John Vl. Design patterns: Abstraction and reuse of object-oriented design. Springer Berlin Heidelberg.
2. Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I.: The Unified Modeling Language User Guide. MA: Addison-Wesley.
3. Kobryn, C.: What to Expect from UML 2.0. SD Times.
4. Selic, B., Ramackers, G., and Kobryn, C.: Evolution, Not Revolution. Communications of the ACM, vol. 45, no. 11, pp. 70-72.3445

ПОДХОДЫ К ВЫЧИСЛЕНИЮ МЕР СЕМАНТИЧЕСКОЙ АССОЦИАЦИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Найханов Н.В., Хаптахаева Н.Б.

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
khapnb@gmail.com

Вычисление семантической ассоциации является процессом автоматической оценки силы семантической связи между двумя текстовыми единицами на основе анализа различных лексических и семантических отношений. Одним из важных факторов при создании метода вычисления силы семантической ассоциации является выбор подходящего источника знаний для извлечения знаний о неявных семантических отношениях. В статье рассмотрены типы семантических ассоциаций, категории источников фоновых знаний, особое внимание уделено Википедии, как масштабируемому источнику энциклопедических знаний. Представлен аналитический обзор подходов к вычислению семантических ассоциаций с использованием источника фоновых знаний.

Ключевые слова: семантическая ассоциация, источники знаний, Википедия, подходы, вычисление семантической связанности.

Approaches for measuring of semantic associations: status and prospects. Naykhanov N.V., Khaptakhaeva N.B. East Siberia State University of Technology and Management.

Semantic association computation is the process of automatically quantifying the strength of a semantic connection between two textual units based on lexical and semantic relations. One critical factor is the selection of a suitable knowledge source for extracting knowledge about the implicit semantic relations. In the last years, semantic association computation approaches have started to exploit web resources instead of conventional resources such as thesauri, dictionaries. This article introduced types of semantic association, categories of background knowledge sources and an overview of the semantic association strength computation approaches. Special attention is paid to Wikipedia.

Keywords: semantic association, knowledge sources, Wikipedia, approaches, semantic relatedness computation.

Введение

Семантические меры используются в качестве основных компонентов в большом количестве приложений, которые сильно зависят от оценок семантических ассоциаций. Сфера применения семантических мер многопрофильна. Множество приложений искусственного интеллекта, по сути, основано на мерах семантических ассоциаций. Цель настоящей работы заключается в выявлении состояния и перспектив развития подходов к вычислению мер семантической ассоциации.

Как правило, в интеллектуальных информационных системах на вход подаются два фрагмента текста, вычисляется сила семантической связи между ними и на выходе получается действительное число. Для человека определение силы семантической связи между словами является легкой задачей, т.к. человек обладает обширными знаниями о мире и способностью рассуждать. Люди могут сравнивать и оценивать семантические ассоциации разных слов, даже если они не знают формального определения понятий и границы ассоциаций. Если человеку сказать слово "зима", то его первым ответом может быть слово "лето", которое противоположно по смыслу слову "зима". Так как эти два слова тесно связаны. Автоматизация этого процесса ограничивается использованием скудных знаний, плохой способностью вывода скрытых отношений и отсутствием достаточного понимания сложных отношений, которые существуют между реальными объектами, выражаемыми словами.

К настоящему времени до сих пор не существует общепринятого определения семантической ассоциации. В работах [7, 14] она называется семантической связью между двумя текстовыми единицами (слова, фразы, n-граммы, предложения и даже документы).

Соответственно, вычисление семантической ассоциации является задачей вычисления количественной оценки силы семантической связи между двумя текстовыми единицами на основе анализа различных семантических отношений. Рассмотрим различные подходы к вычислению меры семантической ассоциации.

Классификация подходов к вычислению мер семантической ассоциации

Для начала рассмотрим виды семантических ассоциаций. К ним относятся: семантическая близость, семантическая связанность и семантическое расстояние.

Под семантической близостью подразумевается сходство пар объектов, а не семантическая связанность объектов, когда объекты различной природы имеют некоторую связь, например, пилот – самолет [3].

Семантическая близость состоит из семантических связей между двумя терминами, которые имеют аналогичную природу, состав и атрибуты, это особая мера близости, предназначенная для количественной оценки семантической схожести лексем, например, существительных или словосочетаний. Такая мера показывает высокие значения для пар слов, находящихся в семантических отношениях, таких как синонимия, гипонимия, ассоциативность, когипонимия.

Семантическая связанность тесно связана с семантической близостью, но является более общим термином, включая множество классических и неклассических отношений. Она охватывает не только семантическую близость, но также относится к тем понятиям, которые могут не иметь схожую природу, состав и атрибуты, но тесно связаны.

Семантическое расстояние используется аналогично, но в противоположном контексте. Это противоположность семантической близости и связанности. Оно указывает на то, как далеки или близки два слова с точки зрения их значений.

Для вычисления мер семантической ассоциации необходимы источники фоновых знаний.

Классификация источников фоновых знаний

Различают две категории источников фоновых знаний: формальные и неформальные [10].

В неформальных источниках фоновых знаний слова или понятия не структурированы, следовательно, явным образом не определены лексические и семантические связи между словами. В отличие от структурированных источников знаний, неструктурированные источники знаний не предоставляют пометки смысла слов. Подходы с использованием неструктурированных источников знаний, как правило, основаны на распределении слов в огромной коллекции документов. К неформальным источникам фоновых знаний относятся корпуса текстов.

Наиболее часто используемыми формальными источниками знаний являются словари, тезаурусы, словарные базы, энциклопедии и онтологии. Основные различия между ними заключаются в подходе к структуризации знаний, а также в типе и количестве знаний, которые они содержат. С ростом веб-контента различные виды знаний стали организовываться в виде онлайн-словарей, тезаурусов, энциклопедий и онтологий. Энциклопедия компилирует конспект сведений на различные темы из одной или нескольких отраслей знаний. Пример такой энциклопедии, это Википедия, которая является совместно построенной, многоязычной и свободно доступной онлайн-энциклопедией. К тому же Википедия постоянно обновляется, существующие статьи пополняются последними событиями, появляются новые разделы и тексты. Википедия имеет подробную информацию по каждой теме в виде статей [1, 2]. Википедия имеет преимущества по сравнению с другими источниками знаний, такими как WordNet и Wiktionary. Википедия обеспечивает огромное количество знаний, связанных с конкретной предметной областью, что делает её привлекательным ресурсом.

Направления исследований подходов к вычислению мер семантической ассоциации

В настоящее время известны [10] три основных направления научных исследований, классифицированных по основанию "использование источника фоновых знаний": подход Knowledge-Learn, подход Knowledge-Rich и гибридные подходы.

За последние несколько лет, благодаря своей важной роли в разработке естественно-языковых приложений, основанных на семантике языка, вычислению меры семантической ассоциации стало уделяться большое внимание. Тем не менее, существуют определенные факторы, которые затрудняют реализацию автоматических подходов вычисления мер семантических ассоциаций. К наиболее известным из этих факторов относятся сложность семантики естественного языка, плохие оценки с точки зрения здравого смысла и требования к фоновым знаниям – достаточность глубины и широты для кодирования скрытых семантических связей между различными концептами.

Для решения этой проблемы при вычислении силы семантической ассоциации принимались во внимание различные аспекты внешних источников знаний, например, обобщенная близость, лексические отношения, текстовое содержание и риторические отношения. Проблема изучалась с использованием различных моделей проектируемой системы. Все модели вычисления семантических ассоциаций могут быть сгруппированы в три модели семантических ассоциаций [5]: геометрическая модель, также известная как пространственная модель, опирающаяся на Vector Space models (VSM); комбинаторная модель, опирающаяся на сходство и различие между наборами характеристик; структурная модель, часто упоминается как сетевая модель или модель на основе графов, опирающаяся на формальные структуры понятий.

Мы будем использовать эти модели при рассмотрении подходов.

Подход Knowledge-Learn использует неформальные источники знаний. Иногда этот подход называют дистрибутивным подходом, который утверждает, что два слова дистрибутивно близки, если: эти два слова встречаются в контекстах друг друга; правдоподобность не изменяется, если первое слово заменить вторым словом. Данный подход базируется на трех основных предположениях: топиальное предположение, предположение близости и предположение параллелизма.

Топиальное предположение. Лингвистические единицы, встречающиеся в схожих контекстах, имеют близкие значения. Слова, найденные в близком контексте, как правило, семантически близки и два слова, которые близки, вероятно, будут использоваться в близких контекстах. Подход, основанный на топиальном предположении, использует статистические данные об относительной частоте встречаемости слов в тексте.

Предположение близости. Опирается на совместное появление слов в заданной окрестности. В нем говорится, что два слова, которые семантически ассоциированы, как правило, встречаются рядом друг с другом, а не имеют близкого контекста слов. Это предположение в основном относится к семантической связанности, а не к семантической близости.

Предположение параллелизма. Основано на грамматическом параллелизме, в котором близкие слова имеют близкие грамматические структуры. При этом учитывается частота встречаемости слов, связанных соответствующими грамматическими отношениями. Подход основан на грамматических функциях, таких как (субъект-глагол) и (глагол-объект) а также сочетаемостные свойства глаголов. Предположение также включает рассмотрение парадигматических отношений слов (отношение, в котором слова могут заменить друг друга без изменения значений).

К подходу Knowledge-Learn относятся методы, основанные на корпусах, такие как латентно-семантический анализ и латентное размещение Дирихле, и веб-методы.

Латентно-семантический анализ (Latent Semantic Analysis, LSA) – это метод обработки информации на естественном языке, анализирующий взаимосвязь между коллекцией документов и терминами в них встречающимися, сопоставляющий некоторые факторы (тематика) всем документам и терминам. Он основан на пространственной многомерной модели векторов. Близость между любой комбинацией термов и/или документов легко вычисляется при помощи скалярного произведения векторов на основе частоты встречаемости слов. В основе метода лежат принципы факторного анализа, в частности выявление латентных связей изучаемых явлений или объектов. При классификации/кластеризации документов этот метод используется для извлечения контекстно-зависимых значений лексических единиц при помощи статистической обработки больших корпусов текстов. Существуют и другие методы, использующие аналогичную модель вычисления близости, однако с некоторыми различиями [18]. Эти методы используют подход скользящей окрестности над корпусом, а не вычисления совместной встречаемости на уровне документов. В них строится матрица term-by-term, а не матрица term-by-document. В элементах матрицы term-by-term ставится маркер, обозначающий смежность терминов. Этот подход в принципе такой же, как в LSA. Для вычисления близости между векторами, представляющими слова, используется косинусная мера. J. Weed и D. Weir [19], используя общую схему дистрибутивного сходства, проанализировали правдоподобие подстановки двух слов в синтаксических связях существительное-глагол в британском национальном корпусе (BNC). Ими получены неплохие точностные результаты. D. Lin и др. [13] использовали дистрибутивную меру близости на основе дистрибутивных моделей слов. Для того чтобы загрузить семантику из корпуса, они разобрали корпус из 64-х миллионов слов. Из разобранного корпуса извлекли 56,5 миллионов троек и вычислили близость слов с использованием дистрибутивных моделей, основанных на предположении параллельности, построили тезаурус, который похож на WordNet.

Латентное размещение Дирихле (Latent Dirichlet Allocation, LDA) – это статистический метод, использующийся для вычисления меры связанности [11]. В LDA каждый документ может рассматриваться как набор различных тематик. Каждое слово приписано к одной из тем документа. E. Agirre и др. [4] рассмотрели актуальность и параллелизм предположения на веб-корпусе 1.6 Tera-Word. Они создали контекстные векторы слов на основе извлеченных синтаксических моделей, используя подход, основанный на контекстном окне (чтобы проверить параллелизм предположения) и создали контекстные векторы на основе близлежащих слов в окне справки (чтобы проверить актуальность предположения). После этого, была вычислена косинусная близость между векторами, представляющими заданные слова. A. Islam и D. Inkpen [9] использовали корпус BNC, чтобы получить частоты совместной встречаемости данной пары терминов в окне размера $2\alpha + 1$ (где α – это количество слов вокруг целевого слова по обе стороны) и использовали эти частоты для вычисления оценки PMI (Pointwise Mutual Information) всех сопутствующих терминов. Оценки PMI использовались для сортировки списков слов, из которого отбирались верхние n слов. После этого вычислялась функция суммирования PMI каждого термина путем сложения счета PMI всех терминов в векторах, имеющих ненулевые результаты PMI с другим термином. Другими словами, они считали только те термины,

которые имели место в контексте обоих входных терминов. Для получения окончательного показателя сходства авторы добавили нормированные оценки суммирования PMI обоих заданных слов.

Веб-методы. Интернет представляет собой разнородную коллекцию документов. Динамичная природа, независимость от предметной области, универсальность и огромный охват знания делают Интернет идеальным ресурсом для извлечения знаний. Веб-подходы хорошо справляются с проблемой разреженности данных, в частности, со словами, которые редко встречаются. Интернет используется в качестве корпуса во многих областях применения нейролингвистического программирования, таких как автоматическое построение тезауруса, разрешение лексической многозначности, извлечение лексических отношений, идентификация синонимии и кластеризация слов.

Подход Knowledge-Rich основан на использовании формальных источников знаний. По природе различных аспектов основного источника знаний в широком смысле классифицируется на: структурные подходы; подходы, основанные на анализе контента; гибридные подходы.

Подходы, основанные на структуре, полагаются на организацию человеческого интеллекта в семантически богатых и четко определенных семантических сетях или графах. Существуют два направления исследований этих подходов. Первое направление исследований включает подходы вычисления семантической ассоциации на основе заранее определенных структур или таксономий существующих источников знаний, таких как иерархии IS-A в WordNet или структуры гиперссылок в Википедии. E. Agirre и G. Rigau [5] предложили меру, основанную на применении словаря. Авторы для определения кратчайшего расстояния между концептами в заданной структуре использовали концептуальную плотность и глубину словаря. G. Hirst и D. Onege [8] анализировали типы отношений, релевантных ребрам пути между двумя концептами. По их мнению, если путь между двумя концептами состоит из множества ребер, принадлежащих различным лексическим отношениям, то эти два концепта семантически далеки. Для вычисления связанности между двумя концептами они использовали длину пути и количество изменений направления в таксономии. D. Milne и I.H. Witten [15] использовали структуру гиперссылок Википедии, чтобы вычислить семантическую связанность на основе анализа различных характеристик, полученных из гиперссылок Википедии. Второе направление исследований включает подходы, которые автоматически генерируют огромные семантические сети или графы из различных существующих источников знаний. S. Liberman и S. Markovitch [12] предложили метод, в котором они преобразовали сеть категорий Википедии во множественную иерархию наследования. Авторы предположили, что два концепта считаются связанными, если их иерархические представления по структуре близки. E. Yeh и др. [21] построили семантический граф на основе Википедии и применили модель случайного блуждания с Page Ranks для вычисления семантической связанности слов и текстов. D. Ramage и др. [17] построили семантический граф на основе WordNet. Алгоритм агрегирует информацию о локальной связности посредством случайного блуждания по графу и формирует семантическую сигнатуру текстов. Связанность определяется на основе сравнения этих сигнатур. M. Yazdani и A. Popescu-Belis [20] предложили методы вычисления семантической связанности между понятиями и текстами. Авторы строят сеть понятий и для вычисления расстояния между узлами, а затем между наборами узлов используют модель случайного блуждания.

Подходы, основанные на анализе контента, способствуют эффективному использованию текстового контента по концептам, документам или уровням источника знаний. Существуют различные типы подходов: векторные и подходы, основанные на применении глоссария. Векторные подходы являются некоторыми вариантами векторной модели (известна как алгебраическая модель) и представляют входные слова векторами весов и вычисляют отклонение углов между векторами для вычисления близости. Идея векторов глоссария была введена Леском для решения задачи снятия неоднозначности смысла. В подходе Леска сравнивались все определения всех слов, входящих в контекст целевого слова, с определениями целевого слова. Определение целевого слова с максимальным совпадением выбирается в качестве предполагаемого смысла.

В гибридных подходах для вычисления семантических ассоциаций многие аспекты одного или нескольких источников знаний комбинируются. Гибридные подходы, как правило, сочетают в себе преимущества различных характеристик, выделенных из одного или нескольких источников знаний, которые могут быть как формальными, так и неформальными. Гибридные подходы, использующие множество характеристик, как правило, приводят к лучшей производительности, чем подходы с использованием одиночных характеристик. Существует два направления исследований. Первое направление исследований составляют гибридные подходы, сочетающие в себе несколько аспектов одного источника знаний. Гибридные подходы, составляющие второе направление исследований, комбинируют различные аспекты нескольких источников знаний.

Заключение

В работе представлен анализ существующих подходов к вычислению семантических ассоциаций с использованием источников фоновых знаний, которые сгруппированы как Knowledge-Learn и

Knowledge-Rich. Подходы Knowledge-Learn, основанные на корпусе, полагаются на дистрибутивную гипотезу, которая раскритикована за некоторые слабые стороны: слова, которые встречаются в одном контексте, сильно связаны, что не всегда верно; дистрибутивные подходы явно не различают семантическую близость и семантическую связанность.

Структурные подходы Knowledge-Rich в значительной степени зависят от основного источника знания, поэтому чувствительны к таксономической структуре. Так, например, в подходах, использующих глоссарий, не всегда достаточно семантических данных, предоставляемых глоссарием. Векторные подходы, как правило, дорогостоящи. Многие из них требуют предварительной обработки огромных источников знаний, прежде чем генерировать векторы.

В последнее время начали создаваться гибридные модели, сочетающие в себе разные подходы.

Литература

1. Варламов, М.И., Коршунов А.В. Расчет семантической близости концептов на основе кратчайших путей в графе ссылок Википедии / М.И. Варламов, А.В. Коршунов // Машинное обучение и анализ данных. – 2014.– Т. 1, № 8 – С. 1107-1125.
2. Велихов, П.Е. Меры семантической близости статей Википедии и их применение к обработке текстов / П.Е. Велихов // Информационные Технологии и Вычислительные Системы. – 2009. – № 1 – С.23-37.
3. Крюков, К.В. Меры семантической близости в онтологии / К.В. Крюков, Л.А. Панкова, В.А. Пронина и др. // Проблемы управления. – 2010. –Выпуск № 5 – С. 2-14.
4. Agirre, E. A study on similarity and relatedness using distributional and wordnet-based approaches / E. Agirre, E. Alfonseca, K. Hall, et al. // In Proceedings of Human Language Technologies: The 2009 Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics (NAACL '09). – 2009. – pp. 19-27.
5. Agirre, E. Word sense disambiguation using conceptual distance / E.Agirre, E.H. Unibertsitatea, G. Rigau // In Proceedings of the 16th Conference on Computational Linguistics (COLING '96). – 1996. – Vol. 1. – pp. 16-22.
6. Bridge, D.G. Defining and combining symmetric and asymmetric similarity measures / D.G. Bridge // In Advances in Case-Based Reasoning: Proceedings of 4th European Workshop on Case-Based Reasoning. – 1998. – Vol. 1488. – pp. 52-63.
7. Hassan, S. Semantic relatedness using salient semantic analysis / S. Hassan, R. Mihalcea // In Proceedings of the 25th Conference on Artificial Intelligence (AAAI '11). – 2011. – pp. 884-889.
8. Hirst, G. Lexical Chains as representation of context for the detection and correction malapropisms / G. Hirst, D. St-Onge // The MIT Press, 1998.
9. Islam, A. Second order co-occurrence PMI for determining the semantic similarity of words / A. Islam, D. Inkpen // In Proceedings of the International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'06). – 2006. – pp. 1033-1038.
10. Jabeen, S. CPReL: Semantic Relatedness Computation Using Wikipedia based Context Profiles // Jabeen Shahida, GAO Xiaoying, Andreae Peter // Journal of computing Science. – 2013. – Vol. 70. – pp. 55-66.
11. Leech, G. 100 million words of English / G. Leech // English Today 9. – 1993. – pp. 9-15.
12. Liberman, S., Compact hierarchical explicit semantic representation / S. Liberman, S. Markovitch // In Proceedings of the IJCAI 2009 Workshop on User-Contributed Knowledge and Artificial Intelligence: An Evolving Synergy (WikiAI09). – 2009.
13. Lin, D. An information-theoretic definition of similarity / D. Lin // In 15th International Conference on Machine Learning (ICML '98). – 1998. – pp. 296-304.
14. Michael, S. Wikirelate! computing semantic relatedness using Wikipedia / S. Michael, S. P. Ponzetto // In Proceedings of the 21st national conference on Artificial intelligence (AAAI '06). – 2006. – Vol.2. – pp. 1419-1424.
15. Milne, D. An effective, low-cost measure of semantic relatedness obtained from wikipedia links / D. Milne, I.H. Witten // In Proceeding of AAAI Workshop on Wikipedia and Artificial Intelligence: an Evolving Synergy. – 2008. – pp. 25-30.
17. Ramage, D. Random walks for text semantic similarity / D. Ramage, A.N. Rafferty, C D. Manning // In Proceedings of the 2009 Workshop on Graph-based Methods for Natural Language Processing (TextGraphs-4 '09). – 2009. – pp. 23-31.
18. Schtze, H. Dimensions of meaning / H. Schtze // In Proceedings of Supercomputing '92. – 1992. – pp. 787-796.
19. Weeds, J. general framework for distributional similarity / J. Weeds, D. Weir // In Proceedings of the 2003 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP '03). – 2003. – pp. 81-88.
20. Yazdani, M. Computing text semantic relatedness using the contents and links of a hypertext encyclopedia / M. Yazdani, A. Popescu-Belis // Artificial Intelligence 194. – 2013. – pp. 176-202.

21. Yeh, E. Wikiwalk: random walks on wikipedia for semantic relatedness / E. Yeh, D. Ramage, C. D. Manning, E. Agirre, A. Soroa // In 2009 Workshop on Graph-based Methods for Natural Language Processing (TextGraphs-4 '09). – 2009. – pp. 41-49.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АБСОЛЮТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕТЕКТОРА МОНОКРИСТАЛЛА
АЛМАЗА ТОЛЩИНОЙ ОТ 0,03 ДО 1 см И ИСТОЧНИКОМ ГАММА-КВАНТОВ С ЭНЕРГИЕЙ ОТ 0,6
ДО 5000 эВ

Недосекин П.Г.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» НИУ ВШЭ
Департамент электронной инженерии МИЭМ НИУ ВШЭ
Skfir@mail.ru

Аннотация — Моделируется одна из основных характеристик монокристаллического алмазного детектора для регистрации гамма излучения. Приведены результаты расчетов и графики зависимостей изменения абсолютной эффективности от толщины и энергии излучения.

Ключевые слова: алмазный детектор; излучение; радиация; линейная передача энергии.

Modeling of the absolute efficiency of a single crystal diamond detector with a thickness of 0.03 to 1 cm and a source of gamma quanta with an energy of 0.6 to 5000 eV. Nedosekin P. National Research University Higher School of Economics. Tikhonov Moscow Institute of Electronics and Mathematics (NRU HSE).

Abstract—One of the main characteristics of a single-crystal diamond detector is modeled for gamma radiation detection. The results of calculations and graphs of the dependence of the change in absolute efficiency on the thickness and energy of radiation are presented.

Keywords: diamond detector; radiation; radiation; linear energy transfer.

Введение

Датчики радиационной обстановки стали неотъемлемой частью контроля работоспособности и управления объектов и систем [1]. С целью повышения надежности и увеличения длительного ресурса эксплуатации, без возможности замены комплектующих регистрирующей радиационной аппаратуры, надо более тщательно подходить к отбору характеристик используемого материала для изготовления детектора. Детекторы радиационной обстановки, обеспечивают мониторинг радиационного ресурса электронной аппаратуры, местности и биологических организмов, что позволяет оптимально прогнозировать и нивелировать пагубные события.

В связи с тенденцией увеличения ресурсов эксплуатации технических и людских ресурсов, возникает необходимость использования радиационно стойких датчиков контроля радиации.

Разработка датчиков радиационной обстановки на основе алмазных детекторов излучений, становится весьма актуальной задачей, в связи с его радиационной стойкостью, химической инертностью, работой при высоких температурах окружающей среды, и наименьшей деградацией кристаллической решетки при длительном радиационном излучении [2,3].

В то же время, использование алмазных пластин в качестве активного элемента детектора гамма излучения имеет ряд специфических особенностей.

Выбор толщины пластины связан с парциальными процессами взаимодействия фотонов проходящих и взаимодействующих с веществом в зависимости от диапазона энергий гамма излучения.

Таким образом, заряд образовавшаяся в детекторе под действием излучения, описывается несколькими компонентами, каждая из которых связана с определенным физическим процессом.

Так для обеспечения полного сбора заряда, образующегося в алмазной пластине при регистрации гамма излучения, толщину алмазной пластины необходимо подбирать. Толщина пластины связана с приложенным питающим напряжением датчика и чем толще монокристалл алмаза, тем больше питание надо подать на детектор, что не всегда целесообразно.

В этом случае необходимо производить моделирование абсолютной эффективности детектора от толщины и потока излучения, для выбора оптимальной конструкции датчика.

Решение задачи

Гамма кванты с заданной энергии проходят через вещество и передают свою энергию, в процессе взаимодействия с веществом, мощность волны гамма квантов ослабевает. Количество энергии поглощенное веществом и есть абсолютная эффективность регистрации детектора.

Для расчета абсолютной эффективности детектора, используем формулу ослабления гамма квантов в веществе [4].

На детектор толщиной L падает параллельный (коллимированный) пучок гамма-квантов I_0 (рис. 1). На выходе из детектора выходит ослабленная волна гамма квантов $I(L)$. Абсолютная эффективность, есть поглощенная энергия $I_{abs} = (I_0 - I(L)) \times 100\%$.

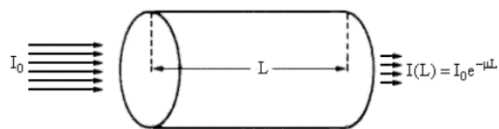


Рис. 1. Параллельный пучок гамма-квантов падает на детектор

В этом случае выражение для абсолютной эффективности (I_{abs}) можно факторизовать. Эффективность детектора будет выражаться произведением геометрической эффективности на внутреннюю эффективность. Последняя, определяется вероятностью для гамма-кванта испытать хотя бы одно неупругое взаимодействие с веществом детектора [5].

$$I_{abs} = I_0 \times (1 - \exp(-\mu \times \rho \times L)) , \quad (1)$$

где μ - массовый коэффициент ослабления в веществе, табличное значение, $\text{см}^2/\text{г}$; ρ - плотность вещества, $\text{г}/\text{см}^3$; L - толщина вещества, см .

Толщина детектора L , см . – 0,03; 0,06; 0,1; 0,2; 0,35; 0,5; 0,7; 0,85; 0,9; 1.

Энергия гамма квантов E , кэВ . – 600; 800; 900; 1200; 2000; 2500; 3000; 4000; 4500; 5000.

Плотность вещества ρ , $\text{г}/\text{см}^3$.: для Si – 2,33; Для Ge – 5,323; для AsGa- 5,316; для Алмаза – 3,52.

Массовый коэффициент ослабления μ в зависимости от энергии гамма квантов, имеет различное значение, это связанные с тремя процессами взаимодействия гамма квантов в веществе от энергии кванта. Коэффициенты ослабления гамма квантов для свинца приведены на рисунке 2. Установим взаимосвязь между коэф. ослабления свинца и моделируемыми веществами.

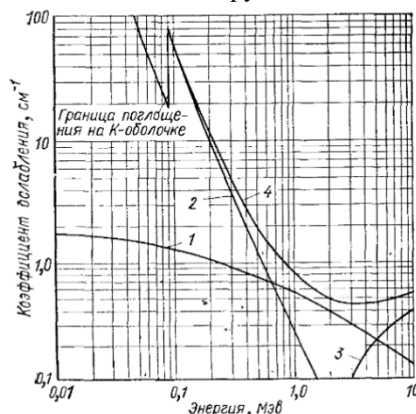


Рисунок 2. Коэффициент ослабления гамма квантов для свинца

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3, \quad (2)$$

где μ_1 коэф. ослабления комптон-эффект; μ_2 - коэф. ослабления фотоэффект; μ_3 - коэф. ослабления образования пар [6].

Для расчета μ , будем используем табличные данные для свинца, как коэффициент пересчета для рассчитываемых материалов и сравним с табличными данными для используемых материалов [7].

Таблица 1. Коэф. ослабления для Pb от энергии гамма квантов

№	E, кэВ	μ_a	μ_b	μ_c
1	600	0,7	0,7	0,001
2	800	0,6	0,4	0,005
3	900	0,59	0,31	0,01
4	1200	0,52	0,2	0,03
5	2000	0,4	0,1	0,05
6	2500	0,35	0,08	0,08
7	3000	0,3	0,02	0,1
8	4000	0,26	0,01	0,16
9	4500	0,25	0,005	0,2
10	5000	0,23	0,001	0,23

Коэффициенты ослабления для свинца - μ_a - коэф. ослабления комптон ; μ_b - коэф. ослабления фотоэффект; μ_c - коэф. ослабления образования пар.

Используя полученные коэфф. ослабления для свинца, пересчитаем коэф. ослабления для Si, Ge, AsGa, алмаз.

Для математического расчета и моделирования используем программу PTC Mathcad Prime 4.0 и Excel, для построения таблиц и графиков.

$$\mu_1 = \mu_a \times \frac{\rho}{11,3} \times \frac{207,2}{A} \times \frac{Z}{82} \quad (3)$$

$$\mu_2 = \mu_b \times \frac{\rho}{11,3} \times \frac{207,2}{A} \times \left(\frac{Z}{82}\right)^4 \quad (4)$$

$$\mu_3 = \mu_c \times \frac{\rho}{11,3} \times \frac{207,2}{A} \times \left(\frac{Z}{82}\right)^2 \quad (5)$$

Проведем анализ рассчитанных данных в графическом виде, полученные из формулы 2 и сравним табличные значения и расчетные для коэф. ослабления μ от энергии.

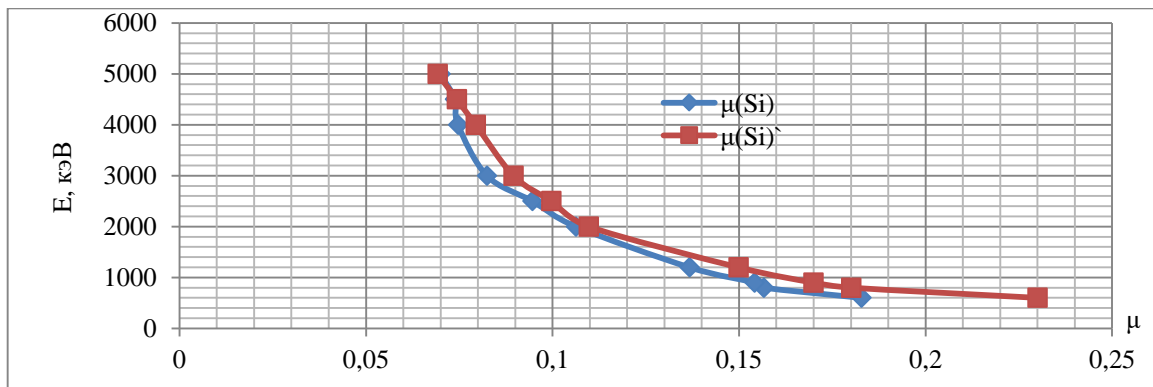


Рисунок 3. Коэф. ослабления $\mu(Si)$ – расчетная и $\mu(Si)$ - табличное, от энергии для Si

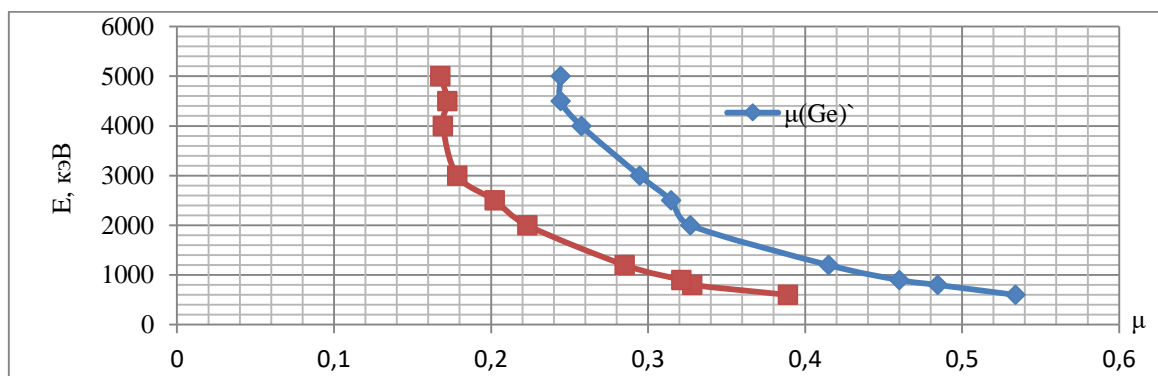


Рисунок 4. Коэф. ослабления $\mu(Ge)$ – расчетная и $\mu(Ge)$ - табличное, от энергии для Ge

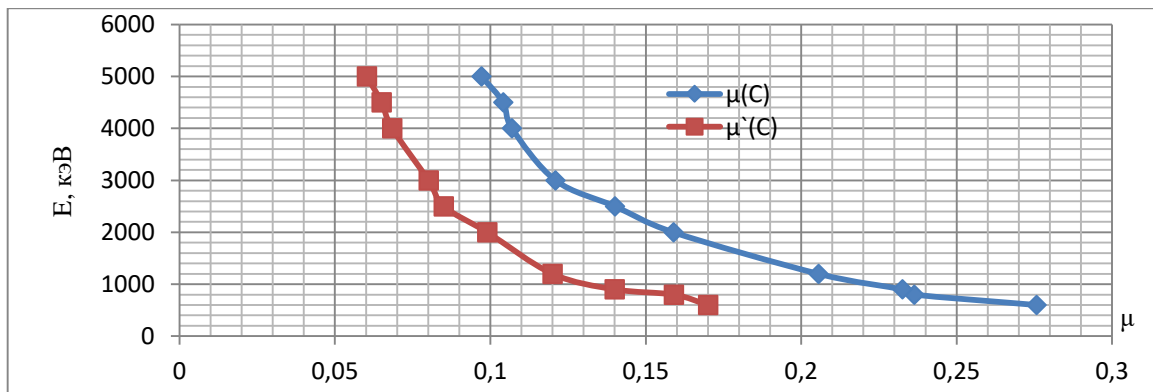


Рисунок 5. Коэф. ослабления $\mu(C)$ – расчетная и $\mu(C)$ - табличное, от энергии для Ge

Графики на рисунке 3,4 и 5, показывают сильное расхождение результатом μ , погрешность использования поправочных коэффициентов Pb вносит в измерение погрешность в 60%.

Считаем, что пучок гамма квантов с энергии E от источника излучения попадают в детектор, $I_0 = 1$.

$$I_{abs} = 1 - \exp(-\mu \times L) \quad (6)$$

Расчет абсолютной эффективности от энергии гамма-квантов и толщины детектора, приведены ниже и отобразим на графиках рисунок 6 и 7.

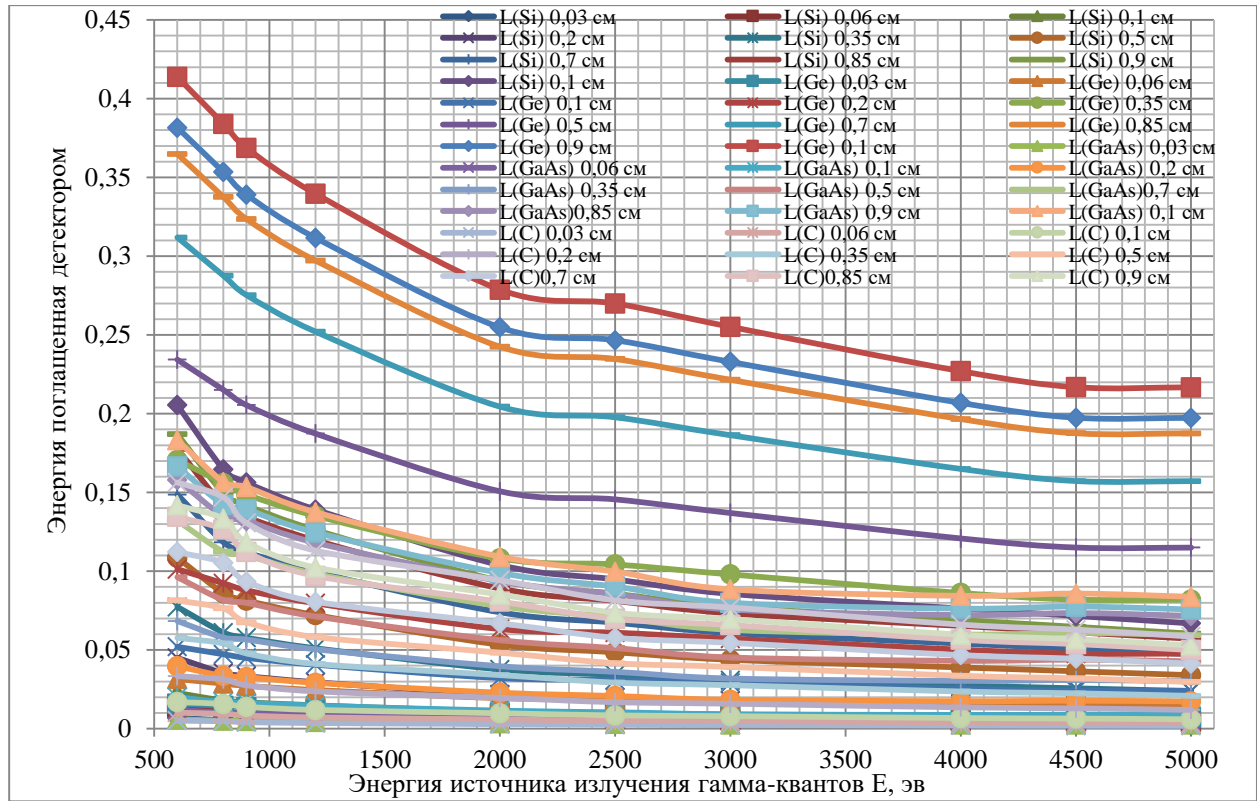


Рисунок 6. Изменение абсолютной эффективности детектора от энергии источника, при постоянной толщине детектора

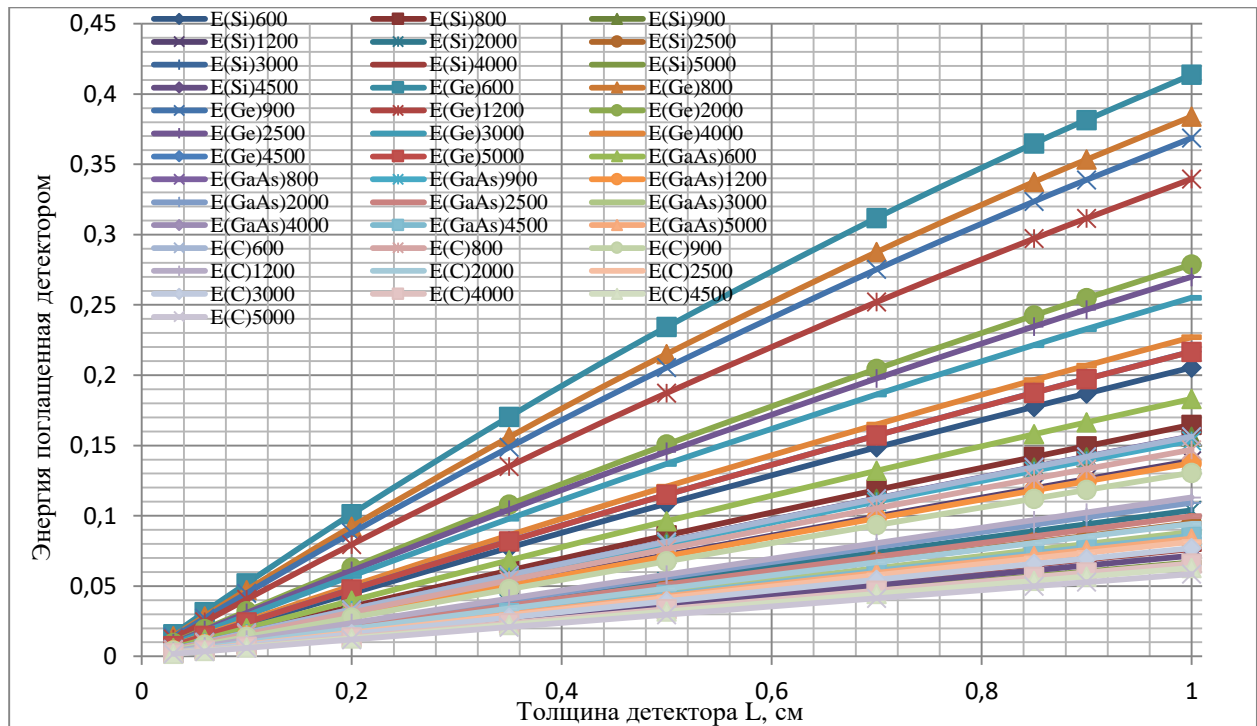


Рисунок 7. Изменение абсолютной эффективности детектора от толщины, при постоянной энергии излучения

Заключение

Анализируя графические данные полученные в результате работы, видим изменение абсолютной эффективности детектора от толщины, при постоянной энергии излучения, можно наблюдать процесс в результате которого:

- при увеличении толщины исследуемого объекта (Si, Ge, GaAs, Алмаз), увеличивается линейно энергия поглощенных гамма квантов объемом детектора.

- чем больше мощность источника испускающего гамма кванты на образец, тем меньше энергии детектор способен поглотить в объеме. Это связано с тем, что тем больше мощность источника излучения, тем выше проникающая и пролетная скорость гамма квантов, следовательно, гамма-квант не успевает передать свою энергию электронам.

В процессе изменение абсолютной эффективности детектора от энергии источника, при его постоянной толщине:

- при низких энергиях источника гамма квантов, наблюдаем четкую закономерность увеличение поглощённой энергии объемом детектора от толщины.

- при высоких энергиях источника гамма квантов, наблюдается расхождение между веществами, связано это с удельной плотностью и различием в коэффициентах поглощения веществом.

Анализ коэф. ослабления μ расчётной от Pb и табличное для веществ Si, Ge, C от энергии, различаются. Необходимо переработать формулу пересчета коэффициентов для уменьшения погрешности расчета линейного коэф. ослабления от одного вещества ко многим.

Литература

1. В.В. Кадилин, В.А. Колюбин, С.А. Львов, П.Г. Недосекин, В.А. Идалов, Е.М. Тюрин, С.В. Колесников, В.Т. Самосадный. Перспективы применения алмазных детекторов для регистрации заряженных частиц космического излучения // Ядерная физика и инжиниринг. – 2014. – т. 5, №2. – С. 138–144.
2. Захарченко К. В., Каперко А. Ф., Колюбин В. А., Кулагин В. П., Львов С. А., Недосекин П. Г. Моделирование работы узла сенсоров модуля контроля параметров потоков космического излучения // Измерительная техника. 2016. № 8. С. 63-68.
3. Gladchenkov E., Zakharchenko K. V., Kaperko A., Kolyubin V., Kulagin V., Nedosekin P. A Diamond Detector for Registration of Ionizing Radiation with Low Linear Energy Transfer / Пер. с рус. // Measurement Techniques. 2017. Vol. 60. No. 1. P. 75-81
4. Э.А. Нерсеров. Основные законы атомной и ядерной физики. / Учебное пособие. Изд. Высшая школа, 290 с., М., 1988.
5. А.П. Черняев. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. / изд. Физматлит, 152 с., М., 2004. – ISBN 5-9221-0432-2.
6. В.В. Балашов, А.Н. Грум-Гржимайло и др. Теоретический практикум по ядерной и атомной физики. / изд. Энергоатомиздат, 175 с. М., 1984.
7. И.И. Кикоин. Таблица физических величин. / Справочник. Изд. Атомиздат, 1010 с., М., 1976.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА БЛИЖАЙШЕГО СОСЕДА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ВЫХОДНОГО ПРОДУКТА МАССООБМЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Ноткин Б.С., Самотылова С.А., Торгашов А.Ю.

Дальневосточный федеральный университет, Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН
+7 (999) 040-60-37, samotylova@dvo.ru

Рассматривается метод ближайшего соседа для прогнозирования качества выходного продукта на основе прецедентов (накопленного опыта) на примере реального массообменного технологического процесса. Исследуется возможность использования прецедентов на скользящем интервале времени (окне). Показана эффективность применения метода ближайшего соседа по мере увеличения ширины скользящего окна в сравнении с регрессионными методами.

Ключевые слова: прецеденты, метод ближайшего соседа, массообменный технологический процесс, прогнозирование.

Application of the nearest neighbor method for predicting the characteristic value of output product quality of the mass-exchange technological process. Notkin B.S., Samotylova S.A., Torgashov A.Yu. * Far Eastern Federal University, Institute of automation and control processes Far Eastern Branch RAS.

The method of the nearest neighbor for predicting the characteristic value of output product quality on the basis of precedents (accumulated experience) using the example of a real mass-exchange process is considered. The possibility of using precedents on a sliding time interval (window) is explored. The efficiency of the application of the nearest neighbor method is shown as the width of the sliding window is increased in comparison with the regression methods.

Keywords: precedents, nearest neighbor method, mass-exchange technological process, predicting.

Введение

В последнее время возрастающую значимость приобретает предсказательное моделирование, в рамках которого создаются прогнозирующие модели [1]. Они представляют собой математические модели, связывающие показатели качества выходного продукта с оперативно измеряемыми технологическими параметрами (давление, температура, расход) и могут быть использованы для прогнозирования и контроля показателей качества выходных продуктов [2].

Для построения прогнозирующих моделей наряду с достаточно широко используемыми регрессионными методами в последнее время активно используются методы на основе прецедентов (CBR – Case-Based Reasoning).

Оценка и прогноз на основе прецедентов основываются на накоплении опыта и последующей их адаптации к оценке и прогнозу новых данных. Прецедентный подход позволяет упростить процесс оценки и прогноза в условиях временных ограничений и при наличии различного рода неопределенностей в исходных данных. Существует целый ряд методов поиска решений на основе прецедентов (извлечения прецедентов) и их модификаций, например, метод ближайшего соседа, метод извлечения прецедентов на основе деревьев решений, метод прецедентов на основе знаний, метод извлечения с учетом применимости прецедента [3].

Метод ближайшего соседа – наиболее часто используемый метод сравнения и извлечения прецедентов [4, 5]. Он позволяет довольно легко вычислить степень сходства текущих значений к значениям из базы прецедентов. Следует отметить, что в случае зашумленности исходных данных применение метода ближайшего соседа становится неэффективным. Для устранения отмеченного недостатка существует ряд модификаций метода ближайшего соседа, наиболее применимая из них это метод k -ближайших соседей [6].

В данной работе рассматривается метод k -ближайших соседей для прогнозирования показателя качества выходного продукта на основе прецедентов, формируемых из ретроспективных данных в виде скользящего окна, на примере массообменного технологического процесса производства метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ). Для определения степени сходства текущих данных с прецедентами используется евклидово расстояние.

Извлечение прецедентов методом k -ближайших соседей

Пусть имеется выборка входных X и выходной Y переменной, состоящих из M лабораторных измерений. Набор $X = \{x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(N)}\}$ включает в себя входные переменные разных типов. Необходимо оценить значение выходной переменной \hat{y} для исходного набора данных на основе базы прецедентов сформированной в виде скользящего окна, содержащего h предшествующих лабораторных измерений.

Изначально приводим все числовые значения входных переменных к нормализованным, так как используемые переменные сильно различаются между собой по абсолютным величинам. Нормализацию переменных проводили путем деления каждой переменной X на базовое значение с учетом степени значимости переменной. Таким образом, для каждой входной переменной $x^{(N)}$ ($N = 1, 2, \dots, 8$) взвешенная нормализация рассчитывается путем приведения среднеквадратического отклонения каждой входной переменной к единице:

$$x_{i_{norm}} = x_i K, \quad i = 1, \dots, M, \quad (1)$$

где x – входная переменная, M – количество наблюдений, $K = \frac{\gamma}{\sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (x_j - \bar{x})^2}}$, γ – весовой

коэффициент, \bar{x} – среднее арифметическое входной переменной.

Для k -ближайших соседей \hat{y} является средним значением и будет вычислять как:

$$\hat{y} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_i \quad (2)$$

где k – количество ближайших соседей (в данной работе принято $k = 3$), y_i – наблюдаемое значение выходной переменной в базе прецедентов.

Сходство ближайшего текущего значения к значениям из базы прецедентов определяется по минимальному расстоянию в евклидовом пространстве:

$$d(X, x) = \min_{i=1..h} \left(\sum_{j=1}^N (X_i^{(j)} - x^{(j)})^2 \right) \quad (3)$$

где x – текущее значение входной переменной, к которому ищется ближайшее значение из базы прецедентов, X – значения входных переменных в базе прецедентов, h – количество примеров в базе прецедентов, N – размерность входного вектора.

Таким образом, в методе определения ближайшего соседа используется простое по координатное сопоставление текущего значения с прецедентом, где каждый параметр для описания прецедентов рассматривается как одна из координат, и определяется минимальное расстояние d между ними.

Количественная оценка полученных значений \hat{y} выполнена в форме среднеквадратического отклонения:

$$CKO = \left(\sum_{i=h+1}^M (y_i - \hat{y}_i)^2 / (M - h) \right)^{1/2} \quad (4)$$

где y_i – наблюдаемое значение выходной переменной; \hat{y}_i – её среднее значение, полученное на основе базы прецедентов; M – число наблюдений;

Предложенный алгоритм протестирован на массообменном технологическом процессе производства метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ). МТБЭ образуется в результате реакции этерификации изобутилена с метанолом при наличии сильного кислотного катализатора в присутствии инертных компонентов, таких как бутен, содержащийся в бутан-бутиленовой фракции (ББФ). Технологическая схема процесса производства МТБЭ приведена на рис. 1.

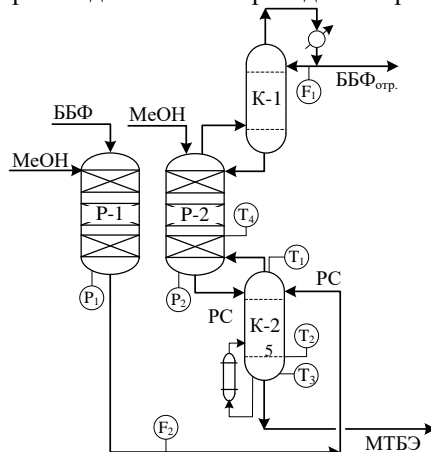


Рисунок 1 – Схема реакционно-ректификационного технологического процесса:
P-1, P-2 – реакционные реакторы; K-1 – верхняя реакционная колонна; K-2 – нижняя реакционная колонна;

MeOH – метанол; PC – реакционная смесь; ББФ_{отр.} – отработанная бутан-бутиленовая фракция;
МТБЭ – метил-трет-бутиловый эфир

В качестве входных переменных используются следующие технологические параметры: $x^{(1)}$ – расход орошения реакционной колонны K-1 (F_1 , м³/ч), $x^{(2)}$ – давление низа реактора P-1 (P_1 , Мпа_г), $x^{(3)}$ – температура на 5^{ой} ступени разделения реакционной колонны K-2 (T_3 , °C), $x^{(4)}$ – температура паров уходящих с колонны K-2 (T_1 , °C), $x^{(5)}$ – температура низа реакционной колонны K-2 (T_2 , °C); $x^{(6)}$ – температура нижнего слоя катализатора реактора P-2 (T_4 , °C), $x^{(7)}$ – давление низа реактора P-2 (P_2 , Мпа_г), $x^{(8)}$ – расход реакционной смеси в реакционную колонну K-2 (F_2 , м³/ч).

Результаты эксперимента для $h = 50, \dots, 500$ представлены на рис. 2.

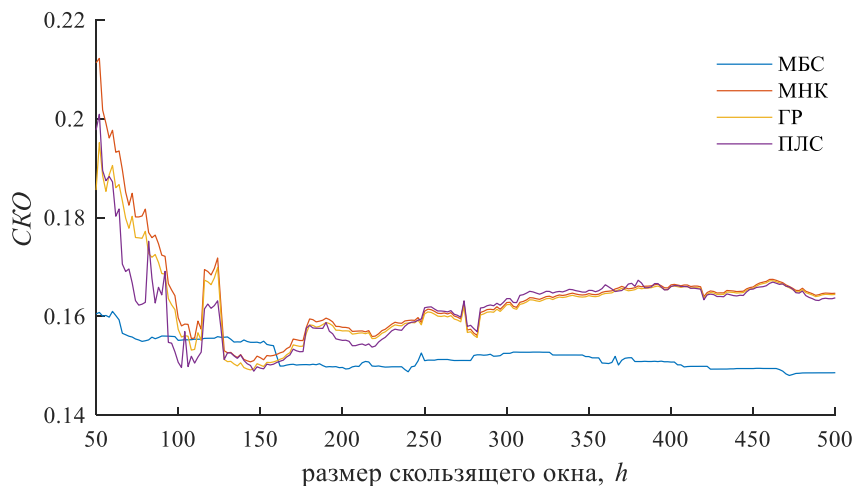


Рисунок 2 – Результаты оценки \hat{y} различными методами.

В качестве сравнения с методом ближайшего соседа (МБС) представлены результаты оценки \hat{y} с помощью линейных регрессионных методов, построенных на основе тех же данных с помощью метода наименьших квадратов (МНК), гребневой регрессии (ГР) и проекций на латентные структуры (ПЛС).

В таблице 1 приведены результаты SKO , полученные на данных массообменного технологического процесса с применением вышеуказанных методов при различных значениях h .

Таблица 1 – Сравнительный анализ при различных значениях h

	МБС	МНК	ГР	ПЛС
$h=100$				
SKO	0,1552	0,1581	0,1558	0,1497
$h=200$				
SKO	0,1497	0,1578	0,1571	0,1552
$h=300$				
SKO	0,1525	0,1628	0,1624	0,1636
$h=400$				
SKO	0,1508	0,1664	0,1660	0,1661
$h=500$				
SKO	0,1486	0,1647	0,1644	0,1638

По результатам, представленным в таблице видно, что использование метода k -ближайших соседей позволяет улучшить оценку качества выходного продукта до $((0,1638-0,1484)/0,1638) \cdot 100 \approx 9,4\%$ в сравнении с методом проекций на латентные структуры соответственно при $h=500$.

По результатам эксперимента видно, что малая ретроспектива во всех случаях негативно влияет на качество прогноза. Однако прогноз на основе регрессионной модели оказывается более чувствителен к малым обучающим выборкам, чем прогноз по методу k -ближайшего соседа. Кроме того, наблюдается снижение качества прогноза линейной регрессионной модели по мере увеличения объема учитываемых ретроспективных данных, что может свидетельствовать либо о нестационарности рассматриваемого технологического процесса, либо о его нелинейности. В этой части прогноз методом k -ближайших соседей, где в явном виде отсутствует формализованная модель, оказывается также более предпочтительным.

Заключение

В работе рассмотрен метод k -ближайших соседей для прогнозирования качества выходного продукта на основе базы прецедентов, формируемой из ретроспективных данных в виде скользящего окна, на примере реального массообменного технологического процесса. Показано, что использование метода k -ближайших соседей позволяет улучшить оценку качества выходного продукта до 9,4 % в сравнении с методом проекций на латентные структуры соответственно.

Благодарности

Работа проведена в рамках научного проекта (№17-07-00235 А), выполненного при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

Литература

1. Агалаков Ю.Г., Бернштейн А.В. Сокращение размерности данных в задачах имитационного моделирования. / Информационные технологии и вычислительные системы. – 2012. – № 3. – с. 3-17.
2. Диго Г.Б., Диго Н.Б., Козлов А.В., Самотылова С.А., Торгашов А.Ю. Структурно-параметрическая идентификация моделей виртуальных анализаторов технологических объектов управления на основе робастной регрессии и информационных критериев. / Автоматизация в промышленности. – 2015. – №10. – с. 58-62.
3. Варшавский П., Алехин Р. Метод поиска решений в интеллектуальных системах поддержки принятия решений на основе прецедентов. / Information Models and Analyses. – 2013. – Vol. 2. – № 4. – с. 385-392.
4. Юрин А.Ю. Методы группового выбора для адаптации решений, полученных в результате рассуждений на основе прецедентов. / Искусственный интеллект и принятие решений. – 2013. – №3. – с. 78-85.
5. Варшавский П.П., Еремеев А.П. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений. / Искусственный интеллект и принятие решений. – 2009. – №1. – с. 45-57.
6. Larose D.T. Discovering knowledge in data: an introduction to data mining. – USA.: Wiley, 2005. – 222 p.

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ХИМИИ

Осипов А.Л., Трушина В.П.

Новосибирский государственный университет экономики и управления
+7 (905) 932-37-21, alosip@mail.ru

Статья посвящена исследованию математических моделей и информационно-коммуникационных технологий, позволяющих проводить сравнительный анализ моделей предсказания кожно-резорбтивной токсичности. В моделях в качестве факторов используются коэффициент растворимости химического вещества в воде, а также информационные и электронные дескрипторы, порождаемые из структурных формул молекул с помощью информационно-коммуникационных технологий. Вычислительные эксперименты продемонстрировали эффективность предсказания за счет использования статистических методов, компьютерных технологий и разработанного Web интерфейса.

Ключевые слова: предсказание, программирование, интерфейс, свойства молекул, токсичность, дескрипторы, математические модели.

Information and communication technologies for conducting scientific research in chemistry. Osipov A.L., Trushina V.P. Novosibirsk State University of Economics and Management.

The article is devoted to the study of mathematical models and information and communication technologies, allowing to make a comparative analysis of models of prediction of skin-resorptive toxicity. In models, the coefficient of solubility of a chemical substance in water, as well as information and electronic descriptors generated from structural formulas of molecules using information and communication technologies are used as factors. Computational experiments demonstrated the effectiveness of the prediction through the use of statistical methods, computer technologies and a developed Web interface.

Keywords: prediction, programming, interface, molecular properties, toxicity, descriptors, mathematical models.

Введение

В эпоху активного развития информационно-коммуникационных систем важное место занимают системы анализа, обработки и хранения информации. На стадии синтеза новых соединений и композиций эти системы позволяют осуществлять целенаправленный отбор менее токсичных и опасных соединений, используя для этого целый набор качественных и количественных критериев. Широкое использование при таком отборе математических методов, компьютерных технологий и фактографических банков данных позволяет отсеивать заведомо неактивные или высокотоксичные вещества, тем самым значительно сокращая сроки создания физиологически активных соединений с заданными токсикологическими свойствами.

Теоретической базой для построения математических моделей прогноза и развития расчетных методов определения кожно-резорбтивной токсичности является объективно существующая связь между токсическим действием вещества, его физическими свойствами и химической структурой.

Поэтому для повышения точности и достоверности расчетной оценки параметров токсичности следует широко использовать математические модели, компьютерные технологии и описание химических веществ с помощью различного рода факторов.

Постановка проблемы

Активность химических веществ, включая и токсичность, определяется, во-первых, топологией молекулы (первичной химической структурой – числом химических связей, разветвленностью и т.п., которые хранятся в базах данных), ее топографией (пространственным расположением атомов и соответствующих подструктур), во-вторых, электронной структурой молекулы и, в третьих, ее физико-химическими свойствами.

В качестве первого параметра для моделирования кожно-резорбтивной токсичности был избран дескриптор, характеризующий среднее число электронов на внешней оболочке атомов в молекуле

$$Z = \sum_{i=1}^N n_i Z_i / N, \quad (1)$$

где n_i - число атомов i -го сорта с числом валентных электронов Z_i (то есть число электронов на внешней оболочке i -го атома). Суммирование выполняется по всем атомам в молекуле, а N - общее число атомов.

Параметр Z связан с реально существующим электростатическим потенциалом, который создается совокупностью заряженных частиц, величина которого меняется от молекулы к молекуле. В качестве второго параметра был выбран информационный фактор H , который измеряется в битах, вычисляется по следующей формуле

$$H = - \sum_{i=1}^k p_i \log_2 p_i, \quad (2)$$

где $p_i = \frac{n_i}{N}$, n_i - число атомов i -го сорта, N - общее число атомов в молекуле.

Параметры Z и H хорошо себя зарекомендовали при расчетах параметров липофильности, канцерогенности и радиоактивности химических веществ [1]. Взаимосвязь кожно-резорбтивной токсичности с этими параметрами изучалась с помощью нейронных сетей на выборке химических соединений в количестве 4774 [2]. Для этих соединений с помощью программных средств были рассчитаны электронные и информационные факторы, которые послужили входной информацией для нейронной сети.

Рассчитаем каждый из этих факторов на примере натрия гексафторидоалюмината (Na_3AlF_6):

$$Z = \sum_{i=1}^N n_i Z_i / N = \frac{3 * 5 + 1 * 3 + 6 * 7}{10} = 4,8;$$
$$H = - \sum_{i=1}^k p_i \log_2 p_i = - \left(\frac{3}{10} \log_2 \frac{3}{10} + \frac{1}{10} \log_2 \frac{1}{10} + \frac{6}{10} \log_2 \frac{6}{10} \right) = 1,295.$$

Нейронная сеть позволяет оценить значимость параметров модели: коэффициент среднее число электронов на внешней оболочке атомов в молекуле (Z) (равную 0,912) и информационный фактор H (равную 0,865). Среднеквадратическая ошибка расчетов равна 0,117. Все необходимые расчеты проделаны в пакете Statistika.

Далее весь массив химических соединений был разбит на следующие классы токсичности: первый класс, который включает в себя значения токсичности в диапазоне от 0 до 50; второй класс, который включает в себя значения токсичности в диапазоне от 51 до 200; третий класс, который включает в себя значения токсичности в диапазоне от 201 до 1000; четвертый класс, который включает в себя значения токсичности более 1000.

Реализация этого подхода к каждому классу токсичности дает следующие результаты: для первого класса среднеквадратическая ошибка равна 0,23; для второго класса – 0,21, для третьего класса – 0,17, для четвертого класса – 0,155.

Все полученные модели дают хорошие результаты и могут применяться для прогнозирования соединений, не вошедших в выборку.

Проведены вычислительные эксперименты с помощью линейных регрессионных моделей для факторов электронных и информационных по прогнозированию кожно-резорбтивной токсичности. Для этих целей был разработан Web интерфейс [3].

Прогнозирование свойств химических веществ с использованием Web-технологий является весьма актуальной задачей. В качестве средства проектирования базы данных был выбран продукт Microsoft Visio 2010 как наиболее удобный и доступный, позволяющий быстро создавать, в том числе логические модели баз данных. В качестве средств разработки приложения рассматривались такие языки программирования, как C++ и C#. Выбор был сделан в пользу второго ввиду его лучшей интеграции с базами данных. В качестве среды разработки использовалась Microsoft Visual Studio 2010 Premium. Язык C# — объектно-ориентированный язык программирования. Разработан в 1998—2001 годах группой инженеров под руководством Андерса Хейлсберга в компании Microsoft как язык разработки приложений для платформы Microsoft .NET Framework. C# разрабатывался как язык программирования прикладного уровня для CLR и, как таковой, зависит, прежде всего, от возможностей самой CLR. CLR (Common Language Runtime) — виртуальная машина, интерпретирующая и исполняющая код на языке CIL, в который компилируются программы, написанные, в частности, на .NET-совместимых языках программирования (C#, Managed C++, Visual Basic .NET, Visual J# и т. п.); компонент пакета Microsoft .NET Framework. Среда CLR предоставляет C#, как и всем другим .NET-ориентированным языкам, многие возможности, которых лишены «классические» языки программирования. Например, сборка мусора не реализована в самом C#, а производится CLR для программ, написанных на C# точно так же, как это делается, например, для программ на VB.NET и J#.

Разработка базы данных для приложения осуществлялась с помощью СУБД Microsoft SQL Server 2008 R2.

Разработанный web-интерфейс позволяет прогнозировать токсичность химических соединений по заданной брутто-формуле.

Web- сервис был разработан с использованием следующих технологий: база данных: MySQL, операции с данными осуществлялись посредством PhpMyAdmin; реализация вычислительных задач и обработки данных: PHP, сборка проекта осуществлялась с использованием среды phpDesigner 8; пользовательский интерфейс: HTML, CSS.

При разработке была использована блочная верстка, каждая страница разделена на три блока: header; content; footer.

Поскольку блоки header и footer идентичны на каждой странице, они вынесены в отдельные файлы: block-header.php и block-footer.php соответственно. Файл db-connect.php отвечает за подключение базы данных. Файл sample.php отвечает за отображение обучающей выборки. Файл index.php является главной страницей сайта. Страница имеет две формы ввода данных: для предсказания токсичности химического соединения; для предложения химических соединений к включению в обучающую выборку. Форматирование и оформление сайта содержится в файле style.css.

Разработано программное обеспечение для расчета свойств новых химических веществ с использованием интернет-портала [4]. При этом были решены следующие задачи: проведен анализ рынка программных средств для расчета свойств химических веществ [5-6]; построены модели данных для интернет-портала; построены алгоритмы для расчета свойств химических веществ с помощью регрессионных моделей и нейронных сетей [7]; создан пользовательский интерфейс для онлайн расчета свойств химических веществ.

Данная информационно-вычислительная система позволяет в онлайн режиме через интернет-портал создавать обучающие и экзаменационные выборки из баз данных, задавать или выбирать из меню различные описания химической структуры или иных признаков, выбирать различные модели статистической обработки данных для построения решений о принадлежности к тому или иному классу токсичности, а также структурно-аддитивные и неаддитивные математические модели, которые используются в корреляциях структура – свойства [8].

Приведем пример машинного прогноза параметра токсичности для соединения с химическим названием malononitrile, o-chlorobenzylidene. Данное соединение в обучающую выборку не входило и имеет экспериментальное значение токсичности 178 мг/кг.

Результаты количественных прогнозов по моделям, приведенным выше, и по программе TopKat [9] приведены в следующей таблице 1.

Таблица 1 - Результаты количественного прогноза

Модель прогноза	Прогноз, мг/кг	Абсолютная ошибка	Относительная ошибка, %
Авторов статьи по нейронным сетям	154	24,0	13,5
Авторов статьи по регрессионным моделям	148	30,0	16,85
Пакета TopKat	285	107,0	60,1

Таким образом, прогноз по разработанным моделям дает более высокую точность, чем коммерческий пакет TopKat.

Хотелось бы отметить, что коммерческий пакет TopKat имеет стандартное отклонение, связанное с погрешностью прогнозирования, равное 0,62 и коэффициент корреляции равный 0,721.

Данный прогноз осуществлялся по моделям, построенным по выборке из второго класса опасности, так как экспериментальное значение токсичности 178 мг/кг входит в этот класс.

Среднеквадратическая ошибка по всему объему выборки с помощью регрессионных моделей составила 0,315.

Нейронные сети показали более высокую эффективность по сравнению с регрессионными моделями.

В качестве экзаменационной выборки использовались соединения (класс фосфорорганических соединений) кожно-резорбтивной токсичности химических веществ. Среднеквадратическая ошибка, вычисленная с помощью нейронных сетей, электронных и информационных факторов составила 0,257. По лучшей регрессионной модели среднеквадратическая ошибка равна 0,341.

Другим примером удачного прогнозирования с помощью вышеупомянутых факторов является молекулярная рефракция, которая обуславливается главным образом валентными электронами.

Заключение

В заключении следует отметить, что предложенные модели и компьютерные технологии позволяют достаточно точно прогнозировать кожно-резорбтивную токсичность через предложенные информационные и электронные факторы.

Литература

1. Осипов А.Л., Трушина В.П. Анализ и прогнозирование липофильности лекарственных веществ на основе физико-химических свойств // International Journal of Advanced Studies. Volume 8, No 2-2. – 2018. – с. 32-37.
2. Осипов А.Л., Трушина В.П., Яблонских М.В. Компьютерные методы оценки параметров токсикологии // International Journal of Advanced Studies. - 2017. -Т. 7. - № 1–2. -с. 49–54.
3. Осипов А.Л., Трушина В.П. Информационная система с Web-интерфейсом для расчета показателей пожарной опасности // International Journal of Advanced Studies. Volume 7. Number 4–2. – 2017. - с. 85–92.
4. Трушина В.П., Осипов А.Л., Мирошников А.Н. Математические модели предсказания физико-химических свойств // В мире научных открытий. - 2015. - № 8. - с. 396.
5. Осипов А.Л., Трушина В.П., Пятницев Д.В., Павлик И.О. Моделирование концентрационных пределов воспламенения химических веществ. В сборнике: Материалы XIX Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2015) 2015. - с. 165-167.
6. Осипов А.Л., Трушина В.П. Теория принятия решений в химико-биологических исследованиях // В мире научных открытий. - 2015. - № 4.2 (64). - с. 843-849.
7. Осипов А.Л. Методы обнаружения закономерностей и извлечения знаний в химических исследованиях. В сборнике: Знания – Онтологии – Теории (ЗОНТ-2015). Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Российская академия наук, Сибирское отделение; Институт математики им. С.Л. Соболева. - 2015. - с. 82-86.
8. Осипов А.Л., Трушина В.П., Осипов Ф.Л. Компьютерные методы оценки пожарной опасности веществ // International Journal of Advanced Studies. Volume 7. Number 2-2. - 2017. - с. 97-107.
9. Meyer D.E., Warr W.A., Love R.A. Chemical Structure Software for Personal Computers. // Amer. Chem. Society. Washington, DC, 1988. - p. 41-47.

ОСНОВЫ АССОЦИАТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ ПРИ АНАЛИЗЕ СЦЕН

Райхлин В.А., Вершинин И.С.

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ
Моб.: 89033065124, E-mail: no-form@evm.kstu-kai.ru

По условию описание сцены задано в терминах «объекты – координаты». Рассматриваются основы ассоциативной защиты конечного множества типов объектов и их координат, десятичные кодовые символы которых представлены замаскированными бинарными матрицами одинаковых размеров. Рассмотрение

ведется с позиций конструктивного моделирования систем. Обсуждаются принятые постулаты. Приводится алгоритм маскирования. Доказывается связанная с ним базовая теорема ассоциативной защиты данных.

Ключевые слова: ассоциативная защита данных, анализ сцен, маскирование бинарных матриц, конструктивное моделирование систем, принятые постулаты, алгоритм маскирования, базовая теорема.

Informal theory cells of the associative steganography. Raikhlin V.A. Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI.

By the condition of the scene description is given in terms of «objects – coordinates». We consider the fundamentals of finite set of object types associative protection and their coordinates, the decimal code masked symbols, which are represented by masked binary matrices of identical sizes. The consideration is carried out from positions of constructive modeling of systems. We discuss the accepted postulates and give the masking algorithm. We prove its associated basic theorem of associative data protection.

Keywords: associative data protection, scene analysis, binary matrices masking, systems constructive modeling, accepted postulates, masking algorithm, basic theorem.

Введение

При анализе сцен не интересуются «тонкой структурой» изображения, а всего лишь укрупненным описанием того, что на нем представлено, в терминах «объекты – координаты» [1]. В излагаемом методе защиты данных сцен используется 3-разрядное десятичное кодирование координат и имен объектов. Исходная информация по сцене структурируется как таблица со множеством записей. На рис.1 показан пример записи для случая исходного текста из M строк по N символов в каждой строке.

Код № строки	Код № позиции в строке	Код символа
--------------	------------------------	-------------

Рисунок 1 – Формат записей для случая текстовой сцены

Каждая десятичная цифра представлена своей двоичной матрицей-эталоном размерами $m \times n$, $m = 2n - 1$ (рис.2 – пример представления символа 9 для $n = 5$). Размеры всех эталонов одинаковы.

1	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	1	1	1	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
1	0	0	0	0

Рисунок 2 – Бинарно-матричное представление символа 9, $n = 5$

Множество таких матриц подвергается маскированию. Для каждой матрицы создается своя матрица масок тех же размеров, которая сохраняет в эталоне биты, существенные для его дальнейшей идентификации. Процесс генерации масок случаен, что позволяет говорить об ассоциативной защите имен объектов и их координат. Сгенерированное множество масок является ключом. Распознавание (различение) выполняется сравнением на множестве элементов <ЭТАЛОН><МАСКА>.

Кодовые наборы матриц имен и координат погружаются по их маскам в 3-секционные контейнеры, первоначально заполненные отрезками бинарной псевдослучайной последовательности (ПСП) – ГАММЫ, длина которой много больше числа сохраняемых бит. Главные вопросы в данном случае – алгоритмизация случайного формирования трафарета-ключа и заполнения не занятых сообщением участков.

Таким образом, секретным ключом в данном случае является случайно сгенерированный набор масок на множестве матрично-бинаризованных цифр $\{0, 1, \dots, 9\}$. Он оставляет истинным ограниченное подмножество бит в каждой бинарной матрице-эталононе со случайным распределением этого подмножества по ее битовой сетке. Целью маскирования ставится удовлетворение требований высокой стойкости к несанкционированному анализу и помехоустойчивости хранения и передачи сокрытых сообщений. Выбор алгоритма маскирования, размеров матриц и ГАММЫ должен осуществляться из условия достижения указанной цели.

По условию случайным образом формируются кластеры с фиксированным суммарным количеством L реальных и «пустых» записей, следуя принципам рассеивания и перемешивания. В случае текстовых сообщений пустые записи отсутствуют. Передача осуществляется пакетами-кластерами по L

записей (всего $K = \lfloor M \cdot N / L \rfloor$ пакетов). После санкционированного дешифрования переданное сообщение восстанавливается сортировкой, сначала – по № строки, затем – по № позиции в строке.

Дальнейшее рассмотрение ведется с позиций конструктивного моделирования систем (КМС) [3], для которого:

1. Считается, что синтезируемая сущность моделирует поведение некоторой гипотетической системы.
2. Полагается необходимой декларация постулатов для обоснования, в меру накопленных знаний, адекватности найденного метода решаемой задаче.
3. Признается «бесконечность систем объяснений и их неизбежная незавершенность, т.е. открытость для дальнейших объяснений» [4].

Понятие S-модели (S – от Synthesis) – базовое для КМС. Оно трактуется как множество (в общем случае – совокупность множеств [3]), на котором заданы соответствующие отношения (области в пространстве параметров) и выполнены требуемые свойства этих отношений. Изначально не известно ни то, ни другое, ни третье. Все находится во взаимосвязи, в едином процессе S-моделирования. Характерной особенностью S-модели является постулирование свойств эффективной реализации системы как основа теории и предпосылка разработки конструктивного метода. Процесс S-моделирования связан с познанием своеобразной «вселенной», с приближением к некоторой «абсолютной истине». В таком процессе правомерно использование постулатов. Обычно требуемый детерминизм достигается при постановке задачи введением разного рода определений и ограничений. Постулаты делают то же самое, но декларируют это как закономерности, выявленные путем обобщения накопленного опыта или из специальных исследований, т.е. нестрого индуктивно. В силу последнего система постулатов как элементов объяснительной теории должна быть открытой. Ю.А. Шрейдер [5] называет подобные элементы аксиомами («идеи, воплощаемые в моделях»). Однако содержательный смысл найденных закономерностей требует считать их постулатами, что подтверждает трудную различимость понятий модели и теории в системотехнике [6].

Конечной целью S-моделирования является разработка теоретически обоснованного конструктивного метода, т.е. процедуры синтеза. Эта процедура формируется путем модельных исследований, в ходе которых оптимизируются значения параметров в области, устанавливаются оценки достижимого качества моделирования. Построение S-модели и ее исследование неразделимы, ибо сама модель находится в результате исследований как основы введения постулатов. Характерная черта S-моделирования – его итеративность. Приведенная трактовка S-модели принципиально отличается от гильбертова определения математической модели как формальной аксиоматической системы [7].

Связь развиваемой теории с КМС

За основу развиваемой теории принимаются следующие понятийные атрибуты S-модели [3].

Гипотетическая система – За гипотетическую систему в данном случае принимается идеальная система защиты данных со свойством безусловной стойкости.

S-модель системы – искомое представление гипотетической системы – практически стойкий способ защиты. Его теоретическая основа – введенная система постулатов. Все дальнейшее – элементы разработки S-модели. Условие использования двумерно-ассоциативного механизма маскирования определяет множества, отношения и их свойства.

Множества – В данном случае S-модель определена на множестве наборов композиционных элементов $\langle \text{ЭТАЛОН} \rangle \langle \text{МАСКА} \rangle$, компоненты которых суть бинарные матрицы одинаковых размеров $m \times n$. Мощность любого набора равна мощности алфавита символов, используемых для представления имен объектов и их координат. При рассматриваемом десятичном кодировании она равна 10.

Отношения – полная совокупность наборов, удовлетворяющих условию взаимной непокрываемости любой пары трюичных эталонов множества $\{X^t\}$, $t \in \{1, \overline{10}\}$, полученных в результате наложения $t \langle \text{МАСКИ} \rangle$ на $t \langle \text{ЭТАЛОН} \rangle$. Выполнение этого условия диктуется требованием однозначности санкционированного распознавания. Достаточное условие такой непокрываемости – различие хотя бы в одном значащем элементе x_{pq}^t трюичных матриц X^{t_1} и X^{t_2} , $t_1 \neq t_2$. Элементы эталона X^t , не подлежащие маскированию, определены единичными компонентами инверсной матрицы масок $\overline{M}^t = \left| \overline{m}_{pq}^t \right|$ для этого эталона.

В процессе S-моделирования системы ассоциативной защиты картографических сцен [8] сформулирована система постулатов как декларация свойств S-модели. Эта система определяет принципы разработки алгоритма маскирования, выбора размеров бинарных матриц-эталонных и рандомизирующей ГАММЫ из условия удовлетворения требований высокой стегостойкости и помехоустойчивости развиваемого метода.

Постулат 1 (пресловутая «идея»). Процедура маскирования итеративна. На каждом шаге итерации должно выполняться разделение случайной перестановки рассматриваемого множества ЭТАЛОНОВ $A^t = \Pi_{pq}^t$, $t \in \{1, \overline{k}\}$, мощностью $k \leq 10$ на два подмножества с разными значениями случайно выбираемого

дихотомизирующего бита a_{pq}^t . Он определяет единичное значение элемента \bar{m}_{pq}^t инверсной матрицы масок $\bar{M}^t = |\bar{m}_{pq}^t|$. Сначала $k = 10$ (полное множество эталонов). Мощности получаемых подмножеств < 10 . К каждому из них применяется аналогичная операция. И т.д., пока не будут получены единичные подмножества.

Постулат 2. Полученные в результате маскирования троичные матричные коды объектов/координат должны удовлетворять условию совершенной секретности (безусловной стойкости) по К. Шеннону в его логической трактовке. Размеры $m \times n$ троичных матриц должны быть достаточными для того, чтобы поиск подходящей рандомизации для выполнения этого условия занимал приемлемое время.

В приложении к ассоциативной защите отдельных объектов/координат критерий К. Шеннона в строгом смысле [9] определяется условием: для всех элементов множества исходных записей (коды объектов/координат, включая «пустые») их апостериорные вероятности (после раскрытия защищенных записей на полном множестве ключей) должны быть равны априорным вероятностям, независимо от величины этих последних. Для рассматриваемого метода этого в общем случае не наблюдается, если присутствие в каждой записи любого объекта/координаты (включая «пустые») из заданного множества считать априорно равновероятным [8]. Под логической трактовкой критерия К. Шеннона мы подразумеваем получение неединичных подмножеств равноправдоподобных результатов распознавания в итоге применения всевозможных ключей к любому контейнеру. Совершенная секретность в данном случае означает, что если число типов объектов сцены равно T и на рассматриваемой сцене с числом градаций координат Γ сосредоточено K таких объектов, то в результате несанкционированного распознавания тип каждого из K объектов должен предельно делиться как «любой из T », а координаты – как «любые из Γ ». «Правдоподобность» не меняет сути безусловной стойкости по К. Шеннону. Это – сохранение энтропии при передаче сокрытого сообщения. Все правдоподобные результаты в равной степени могут претендовать на истинность, и противник оказывается перед проблемой выбора из них единственно верного. На практике, возможные атаки с целью нарушения защиты могут снижать уровень стойкости от безусловного к доказуемому (непреодолимой вычислительной сложностью).

Постулат 3. При выполнении условий постулата 2, в случаях картографических сцен с одним линейным/площадным объектом [8] и текстовых сообщений осмысленная (правдоподобная) картина получается на неединичном подмножестве ключей.

Строго говоря, постулат 2 релевантен случаю картографических сцен с точечными объектами, когда информация о каждом объекте является самостоятельным сообщением. Ситуация с текстовым сообщением подобна описанию картографической сцены с одним линейным/площадным объектом, когда описание в целом – единое сообщение.

Постулат 4. Достаточным условием удовлетворения требований постулатов 2 и 3 является существование такой рандомизации, что при полноте множества объектов/координат и ограниченном переборе ключей любой защищенный объект/координата представит все это множество.

Полный перебор ключей при достаточных n нереализуем по времени. Ограниченный перебор следует проводить до получения полноты распознаваемых множеств объектов/координат. При этом нельзя отрицать факта существования пресловутых неединичных подмножеств при полном переборе. Для 3-разрядного десятичного кодирования объектов/координат возможное число тех и других равно 10^3 . Реальное же число типов объектов, например, в случае текстового сообщения равно суммарному числу α букв алфавита и дополнительных символов. Разность $(10^3 - \alpha)$ определяет число «пустых» типов. Аналогично, величины $(10^3 - M)$ и $(10^3 - N)$ определяют числа «пустых» строк и символов в строке. Полнота всех множеств означает, что мощность любого из них равна 10^3 , т.е. $T = \Gamma = 10^3$. Изначально выбираются коды реальных объектов и координат. Оставшиеся коды являются «пустыми». Из их числа при защите картографических сцен [8] случайно формируются «пустые» записи для выравнивания размеров кластеров. В случае текстовых сообщений затруднений с формированием кластеров одинаковых размеров не возникает. Поэтому «пустые» записи для них отсутствуют. При наличии избыточности, десятичные коды реальных объектов/координат полагаются противнику неизвестными, что гарантирует безусловную стойкость защиты.

Алгоритм маскирования.

Обозначим через D_ℓ множество рассматриваемых на каждом этапе работы алгоритма двоичных эталонов. По условию множество D_0 включает полный перечень типов эталонов для всего множества объектов.

Алгоритм.

1. $\ell := 0$.
2. Занумеровать случайную перестановку эталонов множества D_ℓ в натуральном порядке $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_\gamma$, образовав тем самым список $C_\ell = (\mathcal{E}_j), j = 1, 2, \dots, \gamma$. Дополнить этот список пустым элементом $\mathcal{E}_{\gamma+1}$. Изначально ни один элемент списка C_ℓ не отмечен.

3. $i := 1$.
4. $j := i, k := 1$. Считать \mathcal{E}_i первым элементом множества $D_{\ell+1}$.
5. Пока не встретится неотмеченный элемент списка C_ℓ
 $j := j + 1$. Если \mathcal{E}_j не пуст, идти к п. 6. Иначе – к п. 16.
6. $\mathcal{E}_i \oplus \mathcal{E}_j$ (побитно) $\rightarrow A_1$ (булева матрица).
7. Пока не встретится неотмеченный элемент списка C_ℓ
 $j := j + 1$. Если \mathcal{E}_j не пуст, идти к п. 8. Иначе – к п. 13.
8. $\mathcal{E}_i \oplus \mathcal{E}_j$ (побитно) $\rightarrow A_2$ (булева матрица).
9. $A_3 := A_1$.
10. $A_1 \& A_2$ (побитно) $\rightarrow A_1$. Если $A_1 \neq |0|$, идти к п. 7. Иначе – к п. 11.
11. $k := k + 1$. Считать \mathcal{E}_j k -элементом множества $D_{\ell+1}$.
12. $A_1 := A_3$. Переход к п. 7.
13. Случайным образом выбрать один из единичных элементов матрицы A_1 . Его координаты (p, q) определяют новый единичный элемент $\bar{\mu}_{pq}$ инверсной матрицы масок \bar{M} для всех неотмеченных эталонов списка C_ℓ .
14. Отметить элементы списка C_ℓ , включенные во множество $D_{\ell+1}$.
15. $\ell := \ell + 1; D_\ell := D_{\ell+1}; \gamma := k$. Переход к п. 2.
16. Формирование инверсной маски для последнего неотмеченного элемента списка C_ℓ считать законченным. Отметить этот элемент, аннулировав тем самым список C_ℓ и множество $D_{\ell+1}$ (сделав их пустыми).
17. $\ell := \ell - 1$. Если $\ell \geq 0$, идти к п. 18. Иначе – к п. 19.
18. Пока не встретится неотмеченный элемент списка C_ℓ
 $i := i + 1$. Переход к п. 4.
19. КОНЕЦ.

На рис.3 представлен полученный программным путем по этому алгоритму один из вариантов маскирования для указанной исходной перестановки десятичных цифр. Здесь $m = 5, n = 3$. Под каждой цифрой приводится соответствующая инверсная матрица маски.

0	1	9	6	7	8	2	5	4	3
100	100	100	100	100	100	000	000	100	100
000	000	001	000	000	000	000	000	000	001
010	000	000	000	001	010	000	000	001	000
100	000	010	100	010	100	110	110	010	010
010	010	010	010	010	010	010	010	010	010

Рисунок 3 – Вариант маскирования, $m = 5, n = 3$.

Верхняя граница $(q1)_{\max}$ для числа единиц инверсных матриц масок \bar{M}^t отвечает случаю, когда на каждом этапе работы алгоритма дихотомизируется в точности один эталон: $(q1)_{\max} = \gamma - 1$. При десятичном кодировании $\gamma = 10$.

Базовая теорема

Фундаментальное значение для ассоциативной защиты имеет

Теорема. Для произвольной бинарной матрицы размером $m \times n$ проведение процедуры распознавания на множестве эталонов тех же размеров по маскам, сгенерированным с использованием алгоритма, приведет к распознаванию в этой матрице одного и только одного эталона из указанного множества.

Доказательство. На каждом шаге алгоритма происходит разделение (дихотомизация) выделенного ранее подмножества маскируемых бинарных матриц на две части по значению некоторого бита. В первом шаге алгоритма участвует полное множество матриц. Поэтому все инверсные маски обязательно содержат одну и только одну общую единицу в некоторой позиции a_{pq}^t . Она делит исходное множество на две части, мощность каждой из которых меньше γ . Остается провести поиск на том из составляющих подмножеств, для которого значение бита в позиции a_{pq}^t совпадает с наблюдаемым для исходной матрицы.

Доказательство успешности такого поиска проведем по индукции. Случай $\gamma = 2$ (единственный единичный бит в обеих инверсных масках) очевиден. При $\gamma = 3$ первый шаг алгоритма маскирования выделяет из исходного множества два подмножества мощностями 1 и 2 по единичному биту, общему для всех сформированных инверсных масок. По значению бита в этой позиции исходная матрица будет

отнесена либо к единичному подмножеству, либо к одной из бинарных матриц другого подмножества по значению еще одного дихотомизирующего бита, общего для обеих матриц этого подмножества.

Пусть теорема справедлива при $\gamma \leq k$. В случае $\gamma = k+1$ первый шаг алгоритма выделяет 2 подмножества, мощность каждого $\leq k$. Из них выбираем подмножество с соответствующим значением бита дихотомизации. По условию поиск на нем должен завершиться успешно. Единственность распознавания следует из взаимной непокрываемости любой пары троичных матриц.

Теорема доказана.

Следствие. Если при генерации наборов масок использован алгоритм, то для любой реализации множества рандомизированных объектов и любого вновь сгенерированного множества троичных образов X^i этих объектов каждый рандомизированный объект покрывается одним и только одним X^i .

Это справедливо, ибо рандомизированный объект является бинарной матрицей.

Заключение

Проведенное рассмотрение легло в основу дальнейшего развития в нашем коллективе элементов теории и практики ассоциативной защиты [8]. Согласно постулатам 2-4 доцентом Гибадуллиным Р.Ф. установлены целесообразные размеры эталонов, выбран генератор ПСП для формирования ГАММЫ, показано удвоение скорости обратных преобразований ассоциативно скрывааемых данных в сравнении с рекомендованным в нашей стране шифром ГОСТ 28147-89. На основании базовой теоремы и ее следствия доцентом Вершининым И.С. доказана высокая помехоустойчивость ассоциативной защиты и ее стойкость к разнообразным атакам. Выполненная ассистентом Пыстоговым С.В. программная разработка полнофункциональной версии СУБД картографических сцен с ассоциативной защитой на кластерной платформе помещена в открытый доступ [10].

Литература

1. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. – М.: Мир, 1976.
2. Стеганография. – <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/30097>
3. Райхлин В.А. Конструктивное моделирование систем. – Казань: Изд-во «Фэн» («Наука»), 2005. ISBN 5-9690-0037-X
4. Никитин Е.П. Объяснение – функция науки. – М.: Наука, 1970.
5. Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. Системы и модели. – М.: Радио и связь, 1982.
6. Конторов Д.С. Внимание – системотехника. – М.: Радио и связь, 1993.
7. Гильберт Д., Бернайс П. Основания математики. Логические исчисления и формализация арифметики. – М.: Наука, 1979.
8. Вершинин И.С., Гибадуллин Р.Ф., Пыстогоев С.В., Райхлин В.А. Ассоциативная стеганография (Приложение к анализу сцен) /Под ред. В.А. Райхлина. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2014. ISBN 978-5-00019-284-9
9. Shannon C.E. Communication Theory of Secrecy Systems //Bell System Technical Journal. V. 28. 1949. №4. P. 656-715.
10. <https://github.com/pystogov/MapCluster>.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ПОХОДКЕ С ПОМОЩЬЮ MS KINECT

Розалиев В.Л., Орлова Ю.А., Константинов В.М., Бирюков Н.А., Островский Д.С.
Волгоградский Государственный Технический Университет
+7 (917) 336-69-88, vladimir.rozaliev@gmail.com

В статье описан метод определения эмоционального состояния человека по его походке и разработанный на его основе программный комплекс. Разработанный и описанный в данной работе метод включает в себя модель эмоций человека на основе модели Дж. Рассела, описывающую два состояния: спокойное и возбужденное; алгоритм валидации и записи походки человека для получения данных о движении человека с использованием устройства Microsoft Kinect v1; алгоритм анализа походки для определения эмоционального состояния на основе нейросетевой бинарной классификации. Описана полученная обучающая выборка для алгоритма анализа походки. Описан программный комплекс определения эмоционального состояния человека по походке на основе вышеописанных алгоритмов и моделей состоящий из двух модулей: модуля сбора данных о походке и модуля анализа походки. С помощью модуля сбора сформирована обучающая выборка для алгоритма определения эмоционального состояния.

Ключевые слова: эмоциональное состояние, модель эмоций, нейросетевая классификация, Kinect.

Method of determining the human emotional state using MS Kinect. Rozaliev V.L., Orlova Yu.A., Konstantinov V.M., Birukov N. A., Ostrovskiy D. S., Volgograd State Technical University

The article describes a method of determining the emotional state of a person by their gait and the developed program on its base. The method developed and described in this work includes a model of human emotions based on J. Russell's model, describing two states: calm and excited; algorithm for validating and recording a person's gait to obtain data on the movement of a person using the Microsoft Kinect device; gait analysis algorithm for determining the emotional state based on the neural network binary classification. The paper also describes obtained training samples for the gait analysis algorithm, software for determining a person's emotional state by gait is consisting of two modules: a gait data acquisition module and a gait analysis module. With the help of the gait data acquisition module is formed a training sample for the algorithm for determining the emotional state.

Key words: emotional state, model of emotions, neural network classification, Kinect.

Введение

На современном этапе развития информационных технологий разработка методов автоматического определения эмоциональных реакций человека по телодвижениям является актуальной задачей, позволяющей решить ряд экономических, социальных, бытовых проблем и играющей важную роль в вопросах безопасности. Существующие программные системы полностью не решают данную задачу. Не существует моделей и методов, обеспечивающих адекватное описание процесса определения эмоциональных реакций по телодвижениям человека. Это объясняется сложностью объекта моделирования и отсутствием квалифицированных специалистов, работающих на стыке психологии и математики. Одним из самых эффективных и точных решений задачи определения эмоциональных реакций человека является анализ телодвижений по видеоряду или с помощью специализированных программно-аппаратных средств, предоставляющих данные о позе человека в текущий момент. В целом можно утверждать, что спектр прикладных разработок в области создания различных классов систем человеко-компьютерного взаимодействия весьма широк. В то же время фундаментальные исследования, направленные на разработку методов идентификации модели эмоционального поведения человека, пока еще остаются достаточно редкими. Таким образом, данная работа направлена на повышение эффективности определения эмоционального состояния человека, а повсеместное внедрение роботов делает результаты данной работы важными для повышения эффективности взаимодействия человека и машины [1].

Общая схема метода определения эмоционального состояния по походке

Разработанный метод представлен в виде двух информационных моделей: модель записи и обработки данных походки и модель определения эмоционального состояния по походке.

Проанализировав походки людей, испытывающих различные эмоции, были выделены следующие особенности. Признаки обычной походки: отсутствие резких движений, умеренное качание рук, корпус почти неподвижен. Признаки возбужденной походки: высокое поднятие колен, махи руками, качание тазом или головой.

Устройство MS Kinect, которое используется в данной работе для получения пространственных данных о походке предоставляет «скелетный поток». Этот поток представляет собой набор кадров, обновляемых 30 раз в секунду. Каждый кадр содержит пространственные координаты узлов скелета человека. Однако не каждый из предоставляемых узлов интересен с точки зрения определения эмоционального состояния. Были выделены ключевые узлы для анализа эмоционального состояния. Схема узлов и расположения человека для записи его походки показана на рисунке 1.

Математическая модель походки

Походка человека для записи была формализована следующим образом. Походка человека рассматривается как набор кадров «скелетного потока», прошедших валидацию. Валидация скелета это процесс сохранения длин ребер проекции человека, для того, чтобы применять их как эталонные в момент получения новой проекции того же человека в момент записи походки. Каждый кадр содержит пространственную информацию о каждом из 14 ключевых узлов (рис. 1). Таким образом, для того чтобы представить походку в матричном виде каждый кадр характеризуется следующим вектором:

$$J_T = [x_1, y_1, z_1 \dots x_{14}, y_{14}, z_{14}] \quad (1)$$

где: J_T – вектор пространственных координат, x – величина координаты X, y – величина координаты Y, z – величина координаты Z.

Набор таких векторов составляет матрицу походки общей размерностью $42 * T$, где T – количество записанных кадров:

$$J = [J_1 \dots J_T] \quad (2)$$

где: J – матрица, характеризующая записанную походку.

Таким образом походка человека формализована в виде матричной структуры, состоящей из величин пространственных координат узлов записываемого скелета.

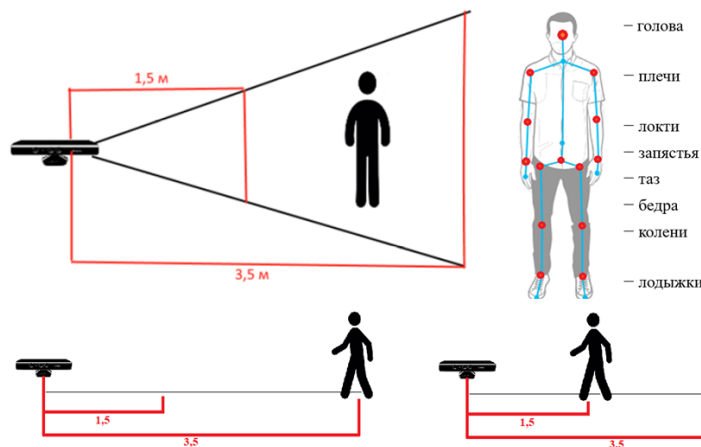


Рисунок 1 – Ключевые узлы скелета и расположение человека в поле зрения MS Kinect.

Модель эмоций человека во время ходьбы

Распознавание эмоций берет свое начало из психологии, начиная с лицевого анализа. Лицевой анализ был основан на системе кодирования лицевых действий, который, в свою очередь, является языком описания эмоций. Было выпущено много программного обеспечения лицевого анализа, в которых использовались различные технологии (обработка изображений, глубинные датчики движений), для идентификации определенных эмоций у человека в реальном времени [2,3]. Хотя качество распознавания эмоций на лице достаточно высокое, на рынке не представлены программы эмоционального анализа, основанные на движении человека в пространстве.

В 1970-х годах Джеймс Рассел в группе с другими психологами создали непрерывную модель, которая классифицирует эмоции на несколько измерений [3]. Используя экспериментальные результаты, Рассел предложил классифицировать эмоции по двум измерениям: размер активации и размер удовольствия. Размер активации варьируется от высокой интенсивности до низкой интенсивности. Размер удовольствия связан с удовольствием или не удовольствием, которое человек чувствует во время выражения эмоций (исходя из модели, очевидно, что грусть имеет негативное удовольствие).

Ввиду того, что по походке сложно однозначно разделить все восемь эмоций из модели Рассела в данной работе предложена модель на основе двух эмоциональных состояний: возбужденного и спокойного. На рисунке 2 представлена схема этой модели.

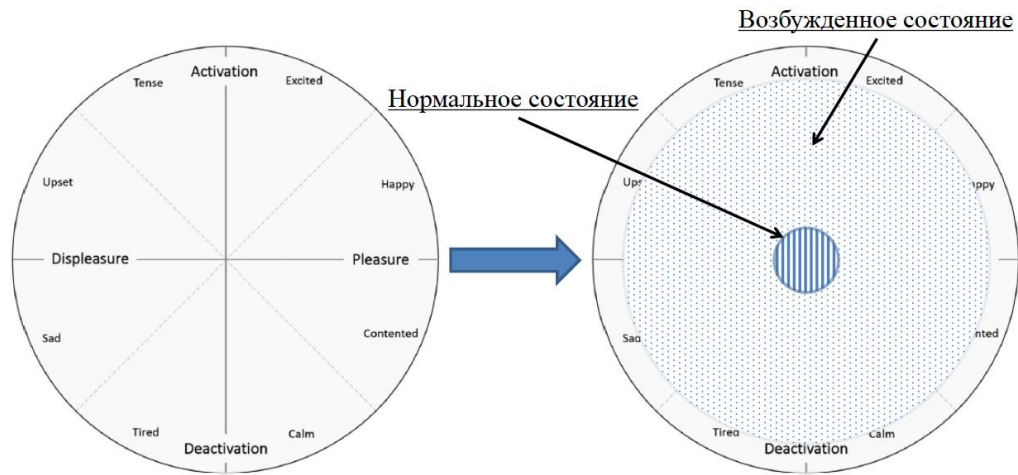


Рисунок 2 –Схема модели эмоций

Суть модели в следующем. Если некоторая величина, характеризующая эмоциональность походки попадает в заштрихованную область меньшего радиуса, то эмоциональное состояние человека считается нормальным (спокойным). Во всех остальных случаях состояние считается возбужденным.

Информационная модель определения эмоционального состояния определена следующем кортежем:

$$F = \langle eM, mR, nN \rangle \quad (3)$$

где: F – эмоциональное состояние, eM – модель эмоций человека во время ходьбы, mR – математическая модель походки, nN – нейронная сеть для определения эмоционального состояния.

Алгоритм анализа походки для определения эмоционального состояния.

Для того чтобы определить эмоциональное состояние, нужно на основе записанной походки человека сделать вывод о состоянии согласно разработанной модели эмоций: либо возбужденное, либо спокойное. Для этого необходимо записать определенное количество кадров, содержащих информацию о пространственных координатах узлов скелета, свести их в единую матрицу походки, каждая строка которой представляет собой вектор координат в трехмерном пространстве. Так как исходные данные не являются линейно-разделимыми, то для анализа походки был разработан алгоритм на основе нейросетевой бинарной классификации. Соответственно для обучения нейронной сети была сформирована обучающая выборка из 500 записанных походок людей в различных эмоциональных состояниях. Алгоритмы анализа и обучения сети представлены на рисунке 3 в виде блок-схемы.

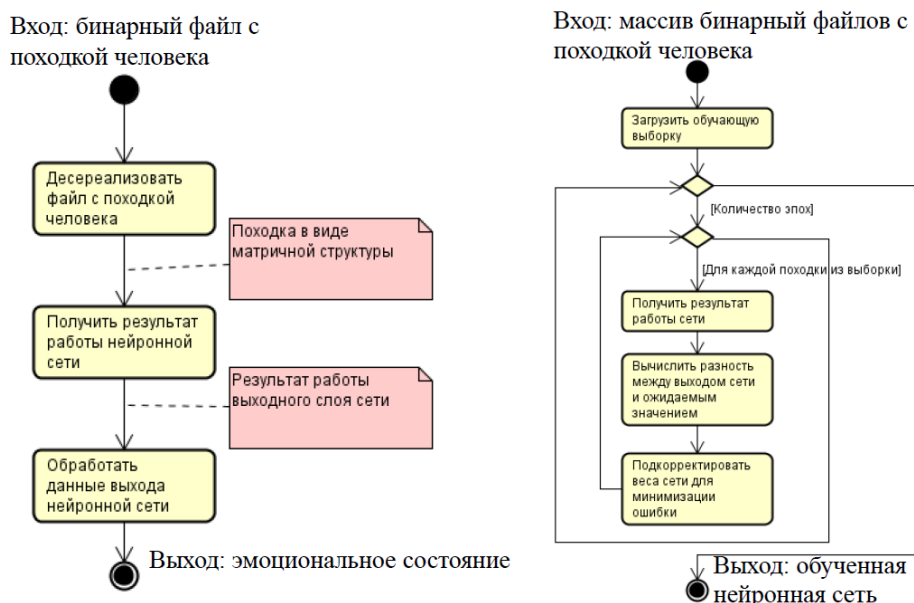


Рисунок 3 – Блок схема алгоритма анализа походки

Архитектурно нейросетевой классификатор представляет собой сеть прямого распространения из четырех слоев: входной слой 4200 нейронов (42 координаты ключевых узлов скелета, умноженные на 100 кадров в записанной походке), 2 скрытых слоя, 1 выходной слой [4]. Выходной слой представляет собой сигмоидальную пороговую функцию. Первый скрытый слой предназначен для нормализации входных сигналов, второй – для формирования сигнала для выходного слоя. Соответственно, если полученный сигнал выше порога выходного слоя, то записанная походка будет считаться возбужденной. В противном случае – спокойной. Метод обучения – метод обратного распространения ошибки. График обучения сети представлен на рисунке 4.

Успешно распознанных походок – 71%

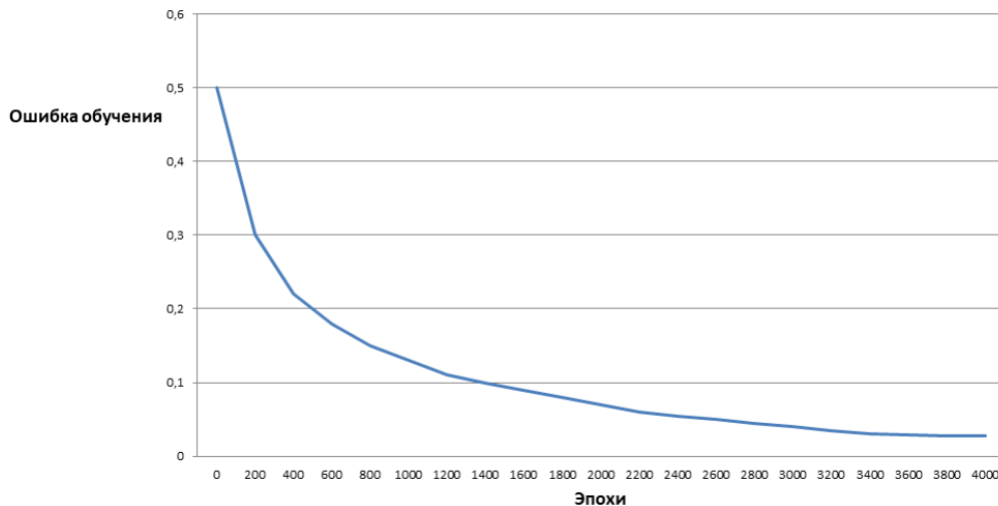


Рисунок 4 – График эпох обучения нейронного классификатора

Описание программного комплекса.

Описанные выше модели и алгоритмы реализованы в виде программного обеспечения, состоящего из двух модулей: модуля сбора данных о походке и модуля анализа походки. Оба модуля реализованы на языке программирования C#. Для работы с устройством MS Kinect использовался Microsoft Kinect SDK v1.8. Архитектура нейронного классификатора реализована с помощью библиотеки Accord.NET [5]. Для хранения записанных походок разработан специальный формат бинарного файла *.g. Архитектура программного комплекса представлена на рисунке 5

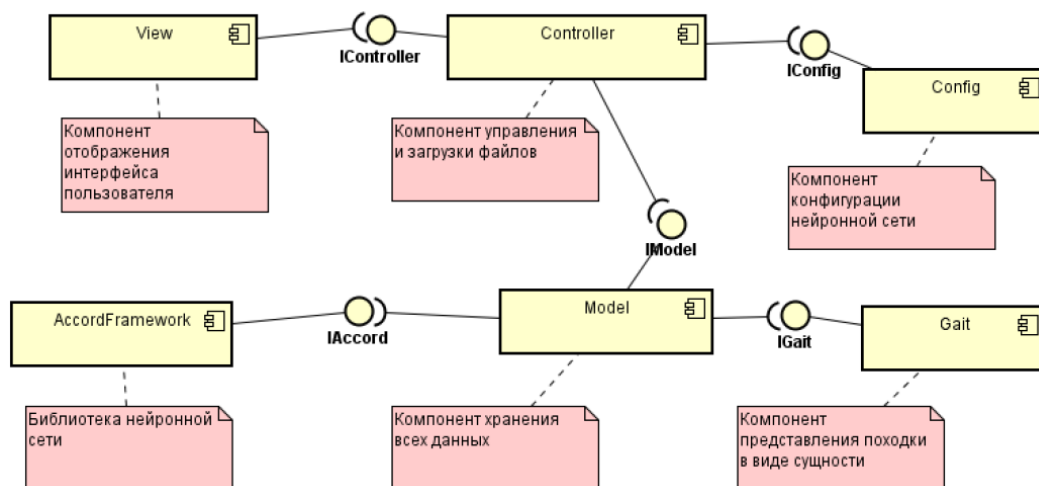


Рисунок 5 – Схема компонентов программного комплекса

Заключение

В данной работе был проведен анализ аналогов и методов определения эмоционального состояния человека по его походке. Было принято решение использовать нейронные сети в качестве

классификатора эмоционального состояния. Разработана информационная модель определения эмоционального состояния по походке. Была использована модель эмоций Рассела и матричная модель походки. Разработан модуль программы определения эмоционального состояния по походке. Данный модуль успешно протестирован. Была сформирована база походок.

Благодарности

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты №16-07-00407, 16-07-00453, 18-07-00220).

Литература

1. Розалиев, В.Л. Recognizing and Analyzing Emotional expressions in Movements / В.Л. Розалиев, Ю.А. Орлова // E-Learning Systems, Environments and Approaches. Theory and Implementation / ed. by P. Isaias [et al.]. – [б/м] : Springer, 2015. – Part II, § 9. – P. 117-131.
2. Continuous body emotion recognition system during theater performances / S. Senecal, L. Cuel, A. Aristidou, N. Magnenat-Thalmann // Computer Animation and Virtual Worlds. – Wiley Online Library, 2016. – vol.27. – P. 311–320.
3. Искусственный интеллект научили распознавать личность человека по походке [Электронный ресурс] // Вести. – [2018]. – Режим доступа : <https://www.vesti.ru/doc.html?id=3022572&cid=2161> – (дата обращения 03.06.2018).
4. Алгоритм обучения многослойной нейронной сети методом обратного распространения ошибки (Backpropagation) [Электронный ресурс] // Habrahabr. – [2013]. – Режим доступа : <https://habr.com/post/198268/> – (дата обращения 27.05.2018).
5. Framework modules [Electronic resource] // Accord.NET Framework: official site. – [2009]. – Access mode : http://accord-framework.net/docs/html/R_Project_Accord_NET.htm – (date of access 28.05.2018).

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ, РАЗРАБОТКИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Садыков М.Ф.

Казанский государственный энергетический университет
+7-(903)-307-55-40, sadykov.mf@kgeu.ru

Статья посвящена разработке аппаратно-программного комплекса (АПК) эмуляции ДВС, предназначенный для полно-этапного проектирования, адаптации и тестирования электронного блока управления (ЭБУ) в соответствии с современными требованиями безопасности. Приводится описание применяемых аппаратных средств, среды проектирования, базовых алгоритмов модели и пользовательские интерфейсы.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания; электронный блок управления; система контроля технического состояния автомобиля; управление двигателем, аппаратно-программный комплекс.

Hardware-software complex for research, development and control of internal combustion engines. Sadykov M.F. Kazan State Power Engineering University.

The article is devoted to the development of hardware and software complex of internal combustion engine emulation, designed for design, adaptation and testing of the electronic control unit in accordance with modern safety requirements. The description of the applied hardware, design environment, basic algorithms of the model and user interfaces is given.

Keywords: internal combustion engine; electronic control unit; vehicle technical condition monitoring system; engine control, hardware and software complex.

Введение

Одним из наиболее продвинутых направлений в общей тенденции автоматизации сложных производственных процессов и управления стал автомобильный транспорт.

Для тестирования корректной работы алгоритмов управления с двигателем внутреннего сгорания и его вспомогательного оборудования в режиме реального времени требуется предварительная настройка электронных блоков управления (ЭБУ) с применением реального оборудования или эмуляторов.

АПК электронного блока управления двигателя внутреннего сгорания

Проведенный анализ показывает актуальность разработки аппаратно-программного комплекса (АПК) для полно-этапного проектирования, адаптации и тестирования ЭБУ в соответствии с современными требованиями безопасности [1-5].

Разработанный блок эмуляции двигателя внутреннего сгорания «КАМАЗ» выполнен в виде программного комплекса на базе персонального компьютера на платформе IBM-PC. Эмуляция производится в режиме реального времени микропроцессорной системой с таблично-заданными параметрами конкретного двигателя для различных режимов работы с учетом влияния окружающей среды и дефектов измерительных и исполнительных элементов [6]. Блок-схема аппаратно-программного комплекса представлена на рисунке 1.

Установка способна выполнять проверку электронных систем управления при всех рабочих режимах двигателя, в том числе, при предельных температурах, давлениях окружающей среды, а также с учётом влияния неисправных компонентов на работоспособность системы, что весьма проблематично в реальных условиях.

Представленный на рисунке 1 АПК обеспечивает работу в следующих основных режимах:

1. Режим полной программной эмуляции. Программный эмулятор ЭБУ работает на виртуальную модель ДВС. Объединение связей модулей на рис. 1 показаны цифрой «1».

2. Режим настройки электронных блоков управления. Режим позволяет тестировать и настраивать электронные блоки управления, заполняя их калибровочные таблицы. Связь модулей показана на рисунке цифрой «2».

3. Режим разработки и проверки алгоритмов управления. Режим позволяет настраивать новые механизмы ДВС и проверять новые алгоритмы ЭБУ на реальном двигателе без изготовления аппаратного ЭБУ. Связь модулей показана цифрой «3».

4. Режим испытания и тестирования реального ЭБУ на работу с реальным ДВС. Режим позволяет автоматически калибровать виртуальные модели как ДВС, так и ЭБУ. Связь модулей показана цифрой «4».

5. Режим испытания исполнительных механизмов и датчиков. Связь модулей обозначена цифрой «1, 2, 3, 5».

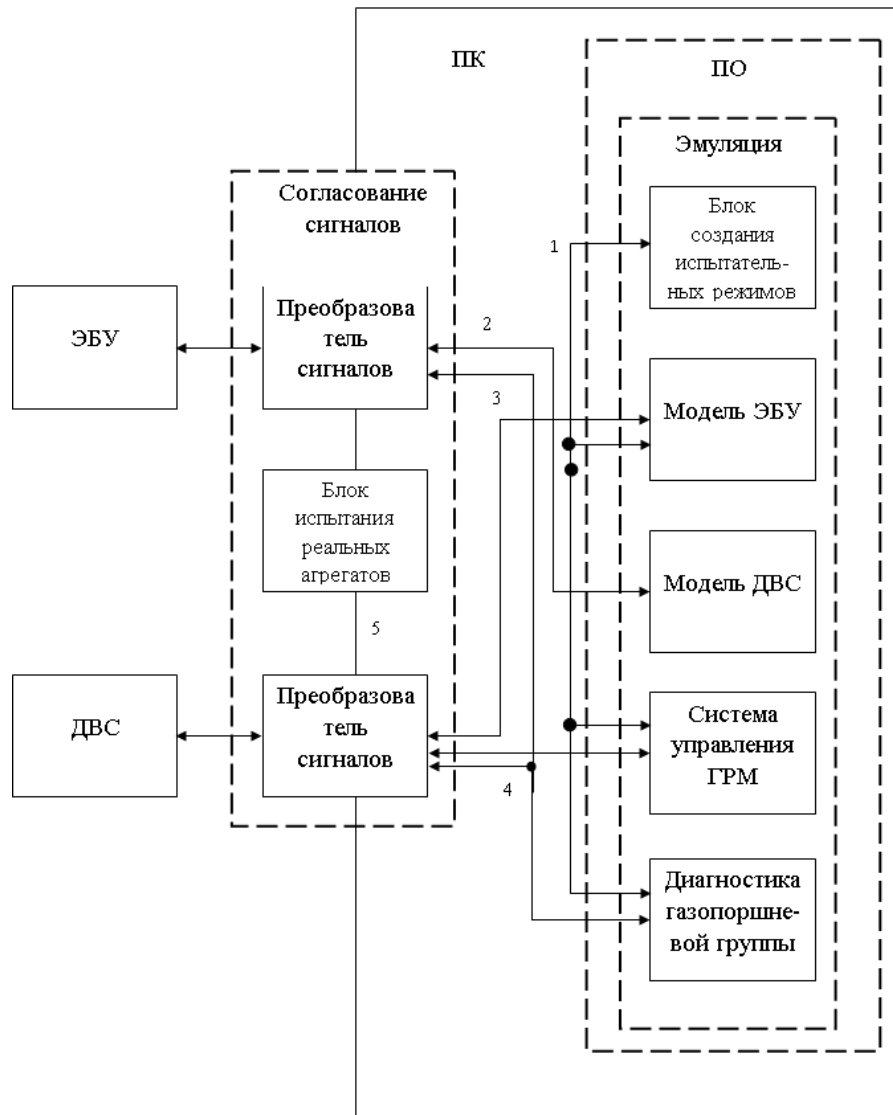


Рис.1. Блок-схема АПК

Внешний вид АПК представлен на рис.2.



Рис. 2. Внешний вид основных узлов экспериментальной установки

Разработанный АПК эмуляции работы двигателя «КАМАЗ» реализован на базе платформы PXI компании National Instruments. Платформа PXI на базе персонального компьютера служит для автоматизации систем и измерений [6].

Для работы с АПК разработано программное обеспечение, эффективный интерфейс которого обеспечивает возможность всестороннего использования возможностей оператора, безошибочность и скорость действий при выполнении задач тестирования и настройки электронных блоков управления [7]. Внешний вид главного окна представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Главное окно программы эмуляции ДВС

Для обеспечения желаемой функциональности программного обеспечения добавлены подпрограммы:

- записи и индикации выбранных сигналов, вкладка «Осциллограф»;
- эмуляции дребезга контактов и некорректного измерения величин, вкладка «Управление неправдоподобными сигналами»;
- задание изменяющегося по линейному закону значения нагрузки на коленчатом валу, вкладка «Наброс момента».

Нами реализована возможность установки «запредельных» значений датчиков в ручном режиме, эмуляции обрыва или короткого замыкания в цепях датчиков и исполнительных механизмов. Внешний вид панели управления состоянием датчиков и исполнительных механизмов представлен на рисунке 4.

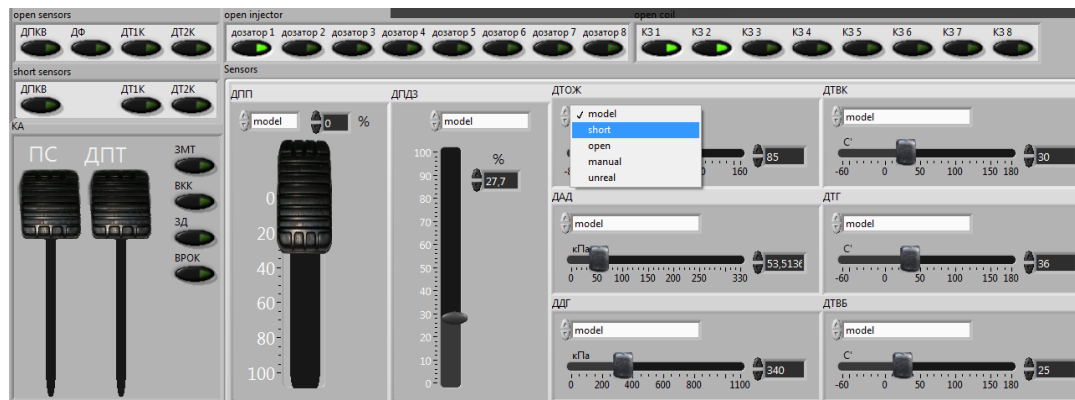


Рис. 4. Внешний вид панели управление состоянием датчиков и исполнительных механизмов

В НТЦ ПАО «КамАЗ» был разработан стенд для проверки и испытания АПК. Проверка работы моделей датчиков и исполнительных механизмов проводилась путем сравнения данных, отображаемых на индикаторах основного окна программы с показаниями, считываемыми из электронного блока управления [8-9].

Результаты измеренных характеристик показывают адекватность поведения модели работы двигателя, максимальное отклонение не превышает 10%. Графики изменения давления, момента и топливоподачи при измерении скоростной характеристики показаны на рисунках 5-7.

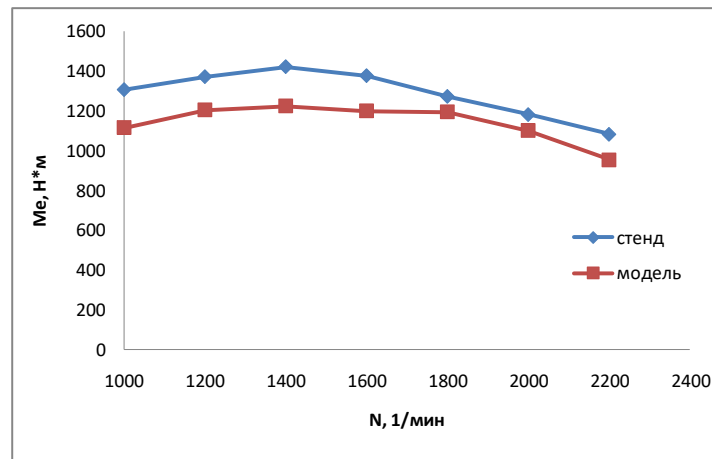


Рис. 5. Внешняя скоростная характеристика

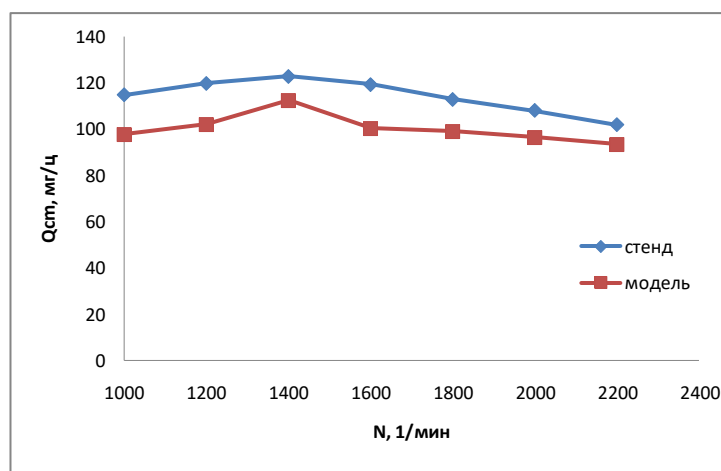


Рис. 6. Изменение цикловой топливоподачи при снятии ВСХ

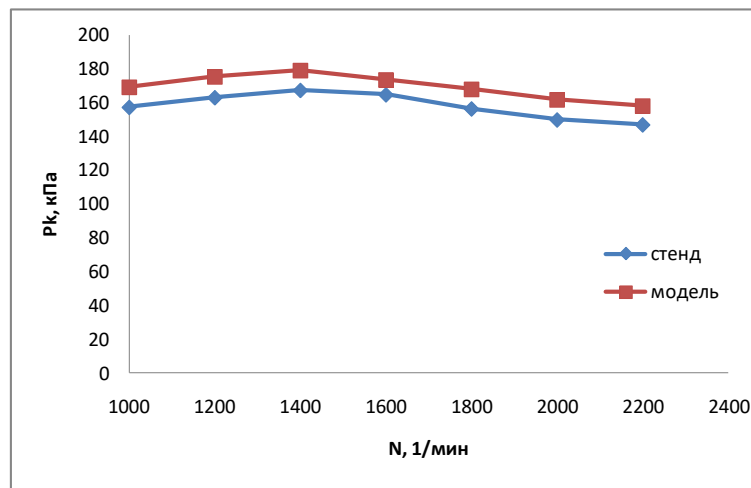


Рис. 7. Изменение давления в коллекторе при снятии ВСХ

Заключение

1. Разработан и создан аппаратно-программный комплекс диагностики ДВС.
2. Разработана универсальная программа для анализа и представления результатов диагностики ДВС.
3. Проведена проверка работоспособности разработанной и созданной установки и методики диагностики ДВС.
4. Разработанный и созданный АПК перспективен для проведения диагностики современных двигателей внутреннего сгорания.

Литература

1. Golson, J., Bohn, Dieter (2016-10-19). "All new Tesla cars now have hardware for 'full self-driving capabilities'". The Verge. Retrieved 2016-10-22.
2. Fuehrer, Th., Hugel, R., Hartwich, F., Weiler, H.: "FlexRay – the communication system for future control systems in vehicles." SAE paper 2003-01-0110, Detroit, 2003.
3. K.E. Nisz, P.T. Oth, D.F. Oldor, T.K.Ulcsar, 2011. Vehicle dynamics based ABS ECU testing on a real time HIL simulator. Hungarian Journ. of Industrial Chemistry. Veszprem, 39(1): 57-62. University of Pannonia, Institute of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering. 8200 Veszprem, Eguyetem u. 10., HUNGARY.
4. Eckard Bringmann, Andreas Kramer, 2008. International Conference on Software Testing, Verification, and Validation. Model Based Testing of Automotive Systems, PikeTec GmbH, Germany.
5. Анализ современных подходов ускорения разработки электронных блоков управления двигателями внутреннего сгорания / Садыков М.Ф., Гараев В.М., Ярославский Д.А., Муратаев И.А., Гайнутдинов А.Р. // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2013. № 2-2. С. 52-55.
6. Садыков М. Ф., Гараев В. М., Муратаев И. А., Ярославский Д. А., Гайнутдинов А. Р., 2014. Аппаратно – программный эмулятор ДВС с графическим программированием алгоритма (аппаратно-программный движок эмулятора с графического программирования алгоритма). "Вестник Казанского технологического университета. Ст. 17, П. 6. – С. 293-294.
7. Аппаратно-программный комплекс эмуляции работы газового двигателя «КАМАЗ» / Садыков М.Ф., Кучев С.М., Муратаев И.А., Ярославский Д.А., Гайнутдинов А.Р. // Actualscience. 2015. Т. 1, N 3 (3), с. 56-58.
8. Диагностика состояния ДВС по параметрам механических потерь / Садыков М.Ф., Муратаев И.А., Ярославский Д.А., Гайнутдинов А.Р., Закиева Р.Р. // Энергетика Татарстана. 2014. № 3-4 (35-36). С. 65-68.
9. KAMAZ engine emulation system for electronic control system testing / Sadykov M., Kuchev S.M., Murataev I., Yaroslavskiy D. // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 24. С. 45228-45131.

ПУЛЬСАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОМЕНТА БЕСКОНТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ
ПОСТОЯННОГО ТОКА

Сапсалева А.В., Савин Н.П., Харитонов С.А., Овчинникова О.Е.
Новосибирский государственный технический университет
+7 (909) 532-32-16, sapsalevav@ngs.ru

Аннотация: Благодаря своим высоким эксплуатационным качествам вентильные двигатели находят все более широкое применение в системах автоматического управления. Этому способствует как прогресс в развитии компонентной базы силовой электроники, так и в создании высокоэффективных постоянных магнитов. Получены расчетные соотношения электромагнитной момента секции вентильного двигателя с немагнитным якорем на интервале коммутации и определено ее общее выражение при 120-градусном законе коммутации. Произведена оценка пульсаций электромагнитного момента, обусловленных дискретной коммутацией секций якорной обмотки.

Ключевые слова: вентильный двигатель; постоянные магниты; индукция магнитного поля; ряды Фурье; пульсации электромагнитного момента.

Ripple electromagnetic moment brushless dc electric motor. Sapsalev A.V., Savin N. P., Kharitonov S.A., Ovchinnikova O.E., Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russian Federation

Abstract: Brushless DC electric motor are becoming more widely used in automatic control systems due to its high performance. It is promoted by progress in the development of power electronic components and in the implementation of highly efficient permanent magnets. The ratios for the electromagnetic moment calculation on the switching period in the section of the BLDC with a non-magnetic armature are obtained and general expression of the electromagnetic force at 120-degree switching law is determined. The estimation of the electromagnetic force ripple caused by discrete switching in the armature winding sections is performed.

Keywords: brushless DC electric motor, permanent magnets, magnetic field induction, Fourier series, ripple electromagnetic moment.

Введение

В самом общем случае вентильным можно назвать любой электропривод, в котором регулирование режима работы электродвигателя производится с помощью управляемых вентильных (полупроводниковых) преобразователей электрической энергии: выпрямителя, импульсного регулятора постоянного тока, преобразователя частоты. В более узком, общепринятом смысле вентильный электропривод (ВЭП) или вентильный двигатель (ВД) представляет собой электромеханотронную систему, в которой объединены синхронная электрическая машина, как правило, с возбуждением от постоянных магнитов (СДПМ) и электронный коммутатор (инвертор) см. рис.1, посредством которого осуществляется питание обмоток якоря машины, и система автоматического управления инвертором, оснащенная необходимыми измерительными устройствами (датчиками). Традиционно управление ключами инвертора ВЭП осуществляется в функции положения ротора синхронного двигателя.

Благодаря своим высоким эксплуатационным характеристикам, СДПМ являются наиболее перспективными электрическими машинами в диапазоне малых и средних мощностей, особенно – для моментных систем электропривода. СДПМ конструктивно просты, надежны, имеют абсолютно жесткие механические характеристики и не требуют затрат энергии на возбуждение. Эти качества электрической машины обуславливают применение ВД в промышленных системах автоматизации, роботах и манипуляторах, приводах подач и главного движения металлорежущих станков, координатных устройствах, автоматических линиях по обработке различных материалов или сборке изделий, упаковочных и печатных машинах, принтерах и плоттерах, намоточных и лентопротяжных механизмах, прецизионных системах слежения и наведения, в авиационной и медицинской технике.

Широкие перспективы по разработке бесконтактных двигателей постоянного тока (БДПТ), которые часто называют вентильными двигателями (в англоязычной литературе BLDC или PMSM) открывает бурное развитие силовой полупроводниковой элементной базы и прогресс в производстве термостабильных постоянных магнитов из материала неодим-железо-бор (Nd-Fe-B), обладающих большой коэрцитивной силой (самарий-кобальт) (SmCo) и "неодим-железо-бор" (Nd-Fe-B)) [1,2]. Специальные легирующие добавки способствуют повышению коэрцитивной силы и сохранению работоспособности магнитов при нагреве до $+170^{\circ}\text{C}$ и пятикратном от номинального кратковременном значении момента и тока якоря.

При разработке точных электроприводов важное значение играет постоянство электромагнитного момента двигателя, пульсации которого приводят к снижению динамических характеристик привода. Возникновение пульсаций момента в традиционных конструкциях электрических машин связано с такими известными факторами в электрических машинах как: ступенчатость реальной кривой МДС; зубчатость поверхности воздушного зазора и залипания ротора; несинусоидальность питающего напряжения; несимметрия магнитной цепи и другие. В БДПТ добавляются причины, связанные с дискретной коммутацией фаз электрической машины и не точностью установки датчиков положения ротора относительно полюсов индуктора. В работе анализируется электромагнитный момент БДПТ и его пульсации, обусловленные дискретной коммутацией якорной обмотки и влияние на амплитуду пульсирующего момента смещения чувствительных элементов датчика положения относительно оси полюсов индуктора. Рассматривается 120-градусный закон коммутации силовых ключей инвертора.

Электромагнитный момент вентильного двигателя при 120-градусной коммутации

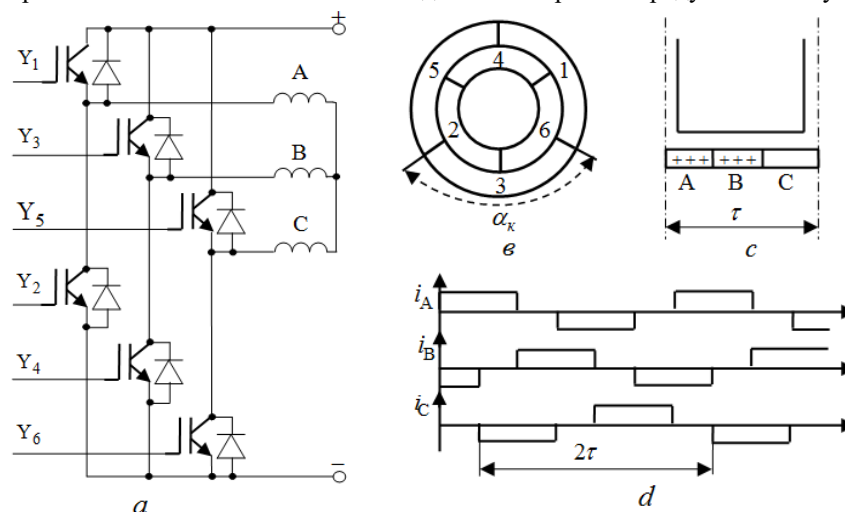


Рис. 1. Схема и диаграммы работы БДПТ

Рассмотрим лучевую трехфазную обмотку с дуополярным питанием при 120-градусном законе коммутации. Схема питания обмотки от мостового коммутатора и диаграмма работы его силовых ключей приведены на рис. 1, *a* и *b* соответственно. В каждый момент времени коммутатор подключает к источнику питания две секции обмотки, причем соединение секций получается последовательным. Длительность меж коммутационного интервала составляет $\alpha_{\kappa} = \tau/3$. Коммутация производится в момент, когда начало очередной секции, подключаемой к источнику питания совпадает с началом полюсного деления, как это показано на рис. 1, *c*. Диаграмма токов секций, соответствующая режиму коммутации ключей коммутатора рис. 1, *b*, приведена на рис. 1, *d*.

В [3,4] проведено исследование магнитного поля в воздушном зазоре двигателей с магнитоэлектрическим возбуждением и пренебрежимо малой реакцией якоря. На основе данных исследований получено выражение для электромагнитной силы, действующей в пределах одного полюсного деления на секцию с N числом витков, в которых протекает ток I , расположенную на расстоянии x от оси магнита параллельно плоскости воздушного зазора [5,6].

$$F = \frac{N}{2a} I B_r \sum_1^{\infty} C_n \cos n\pi x_*,$$

где B_r – остаточная индукция постоянных магнитов, l – активная длина проводника обмотки якоря, $2a$ – число параллельных ветвей обмотки якоря, C_n – коэффициент, зависящий от геометрических соотношений полюсной системы и обмотки якоря, $x_* = x/\tau$ – относительная координата, τ – полюсное деление.

Электромагнитный момент, создаваемый секцией ротора при числе полюсов $2p$, будет равен

$$M = 2p \frac{D}{2} F = \frac{pN}{2a} I D B_r \sum_1^{\infty} C_n \cos n\pi x_*,$$

где D – среднее значение диаметра якоря.

Полученные выражения для электромагнитного момента двигателя можно представить в безразмерной форме

$$M_* = \sum_1^{\infty} C_n \cos n\pi x_*,$$

где $M_* = \frac{M}{I} \frac{2a}{pNDIB_r}$.

При точной установке датчиков положения момент начала коммутации определяется положением секций якоря относительно полюсов индуктора, представленным на рис. 1. *c*. Диаграмма токов секций, соответствующая режиму работы ключей коммутатора (рис. 1, *b*), приведена на рис. 1, *d*.

При изменении момента включения силовых коммутирующих элементов инвертора на некоторый угол β , которое возможно при неправильной установке чувствительных элементов датчиков положения секций якоря, будет происходить как изменение средней величины электромагнитного момента, так и амплитуды его пульсирующей составляющей.

Электромагнитный момент, развиваемый двигателем в каждый момент времени, будет равен сумме моментов двух отдельных секций

$$M_* = \sum_1^{\infty} C_n \cos n\pi(x_* - 1/6) + \sum_1^{\infty} C_n \cos n\pi(x_* + 1/6).$$

После несложных преобразований получается

$$M_* = \sum_1^{\infty} 2C_n \cos \frac{n\pi}{6} \cos n\pi x_*.$$

Функция $\cos n\pi x_*$ на интервале коммутации $\alpha_{\kappa*} = \alpha_{\kappa} / \tau = 1/3$ разлагается в ряд [5].

$$\cos n\pi x_* = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos k6\pi x_* + \sum_{k=1}^{\infty} b_k \sin k6\pi x_*.$$

Коэффициенты a_k и b_k ряда будут равны

$$a_k = \frac{2}{\alpha_{\kappa*}} \int_{x_{1*}}^{x_{2*}} \cos(n\pi x_*) \cos\left(\frac{2k\pi}{\alpha_{\kappa*}} x_*\right) dx_*,$$

$$b_k = \frac{2}{\alpha_{\kappa*}} \int_{x_{1*}}^{x_{2*}} \cos(n\pi x_*) \sin\left(\frac{2k\pi}{\alpha_{\kappa*}} x_*\right) dx_*,$$

где $x_{1*} = -\frac{\alpha_{k*}}{2} - \beta_*$, $x_{2*} = \frac{\alpha_{k*}}{2} - \beta_*$, $\beta_* = \frac{\beta}{\tau}$.

После интегрирования получается

$$a_k = \frac{(-1)^k \sin(n\pi/6)}{n\pi/6} \left[\frac{\cos \pi\beta_*(n-6k)}{1-6k/n} + \frac{\cos \pi\beta_*(n+6k)}{1+6k/n} \right],$$

$$b_k = \frac{(-1)^k \sin(n\pi/6)}{n\pi/6} \left[\frac{\sin \pi\beta_*(n+6k)}{1+6k/n} - \frac{\sin \pi\beta_*(n-6k)}{1-6k/n} \right],$$

$$a_0 = \frac{\sin(n\pi/6)}{n\pi/6} \cos n\pi\beta_*.$$

Исходный ряд можно представить в виде

$$\cos n\pi x_* = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} c_k \cos(k6\pi x_* - \psi_k),$$

где

$$c_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2} = \frac{(-1)^k \sin(n\pi/6)}{n\pi/6} \sqrt{\frac{1}{(1+6k/n)^2} + \frac{2 \cos 2\beta_* n\pi}{1-(6k/n)^2} + \frac{1}{(1-6k/n)^2}},$$

$$\psi_k = \arctg \frac{a_k}{b_k}.$$

С учетом данного разложения можно получить выражение для безразмерного момента, справедливое для любого значения текущей координаты в пределах интервала коммутации

$$M_* = M_{*0} + \sum_{k=1}^{\infty} M_{*k} \cos(6k\pi x_* - \psi_k),$$

где

$$M_{*0} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{6C_n \sin(n\pi/3)}{n\pi} \cos n\pi\beta_*,$$

$$M_{*k} = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^k \frac{6C_n \sin(n\pi/3)}{n\pi} \sqrt{\frac{1}{(1+6k/n)^2} + \frac{2 \cos 2\beta_* n\pi}{1-(6k/n)^2} + \frac{1}{(1-6k/n)^2}}.$$

Не трудно проследить, что при $\beta = 0$ выражения для безразмерных величин среднего значения электромагнитного момента и амплитуды его пульсирующих составляющих по k будут равны

$$M_{*0} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{6C_n \sin(n\pi/3)}{n\pi}, \quad M_{*k} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{12C_n \sin(n\pi/3)}{[1-(6k/n)^2] n\pi} (-1)^k.$$

Последние выражения полностью соответствуют результатам, полученным в [5,6] для вентильного двигателя с немагнитным якорем. Исследование подобных рядов для реальных параметров бесконтактных двигателей с немагнитным ротором, проведенное в [6], показало, что при оценке постоянной составляющей достаточно ограничиться первым членом ряда по n (составляющие кратные трем в разложении отсутствуют). А при оценке переменной составляющей достаточно учесть первый член ряда по k и 1, 5 и 7 члены ряда по n . Максимальная амплитуда пульсаций второй гармонической составляющей ряда по k будет составлять не более 3% от постоянной составляющей. Ограничиваясь теми же членами рядов по n и k , что и при расчете электромагнитного момента при $\beta = 0$, получим

$$M_* = M'_{*0} - \sum_{n=1,5,7} M'_{*n} \cos(6k\pi x_* - \psi_k),$$

$$\text{где } M'_{*0} = \frac{3\sqrt{3}C_1}{\pi} \cos \pi\beta_*, \quad M'_{*n} = \frac{6C_n \sin(n\pi/3)}{n\pi} \sqrt{\frac{1}{(1+6/n)^2} + \frac{2 \cos 2\beta_* n\pi}{1-(6/n)^2} + \frac{1}{(1-6/n)^2}}.$$

В этом случае зависимость относительной величины среднего момента от угла β будет определена следующей зависимостью

$$M'_{*0} / M_{*0} = \cos \pi\beta_*.$$

А отношение первой гармоники пульсаций электромагнитного момента к его среднему значению ($n = 1$) будет равно

$$M'_{*1} / M'_{*0} = \frac{1}{\cos \pi\beta_*} \sqrt{0.0604 - 0.0571 \cos 2\beta_* \pi}.$$

На рис. 2 приведены зависимости M'_{*0} / M_{*0} (кривая 1) и M'_{*1} / M_{*0} (кривая 2) при изменении β от нуля до 30 электрических градусов.

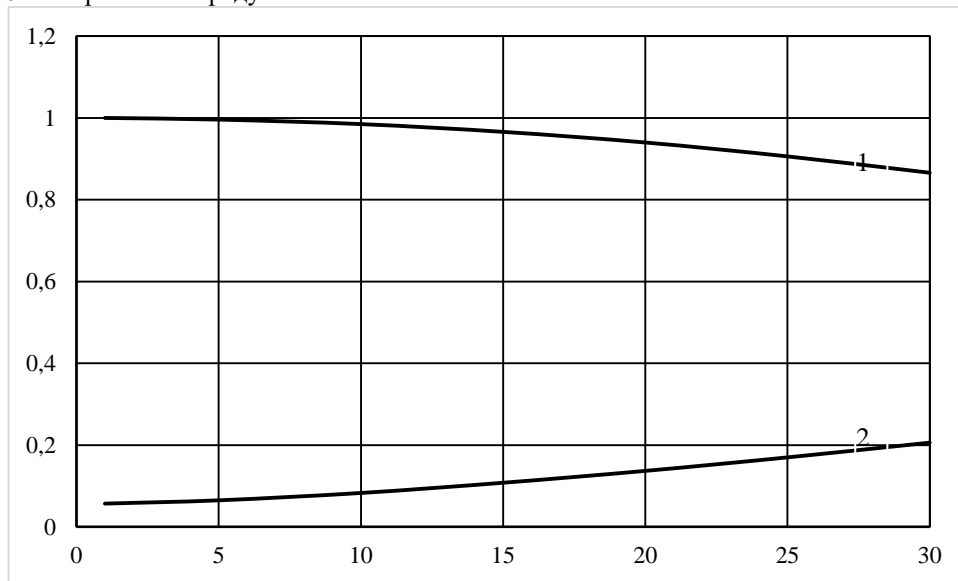


Рис. 2. Зависимость среднего значения момента и амплитуды его пульсаций от смещения датчиков

Из рисунка видно, что с увеличением β уменьшается среднее значение электромагнитного момента и увеличивается амплитуда его пульсаций. Так при β , равном 30 электрическим градусам, среднее значение момента уменьшается более, чем на 13%, а амплитуда его пульсаций выросла почти в 4 раза и составила практически 24% от его среднего значения.

Заключение

Проведен анализ бесконтактного двигателя постоянного тока с трехфазной лучевой обмоткой при 120-градусном законе коммутации. Получены аналитические выражения для электромагнитного момента двигателя и амплитуды его пульсаций, обусловленных как дискретной коммутацией якорной обмотки, так и изменением момента включения силовых коммутирующих элементов инвертора на некоторый угол, обусловленный смещением чувствительных элементов датчиков положения секций якоря относительно оси полюсов индуктора при их неправильной установке.

Литература

1. Sapsalev A.V., Kaluzhsky D.L., Syrovarysky V. V. AC Electronic Motors Application Possibilities in Vehicles // 14th International Conference EDM 2013, pp. 336-340.
2. Pankratov V.V., Zima Ye. A., Kotin D.A., Kucher Ye. S. Permanent Magnet Synchronous Drives as Promising Systems for Electric and Hybrid Vehicles. // Транспорт. Наука, техника, управление. Научный информационный сборник. М., ВИНТИ. №8, 2010. – С. 10-14.
3. Афанасьев В.В., Веселовский, О.Н., Зибарев А.Ю. Магнитное поле индукторов с постоянными магнитами без полюсных наконечников // Изв. вузов. Электромеханика. – 1978. - №3. – С. 248-253.
4. Зечихин Б.С., Тимершин Ф.Г. Исследование поля магнитоэлектрического генератора с индуктором без полюсных наконечников. Известия АН СССР, сер. «Энергетика и транспорт», №1, 1975.
5. Д.В. Макаров, А.В. Сапсалева, С.А. Харитонов. Электромагнитная сила вентильного двигателя с немагнитным якорем // Доклады АН ВШ РФ, технические науки. - №4, 2015. – С.
6. Зибарев А.Ю. Разработка и исследование линейного бесконтактного двигателя, питаемого от полупроводникового коммутатора.: Дис. ... канд. техн. наук. - Новосибирск, 1977. - 198 с.

К ПРОБЛЕМЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА И КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧЕНИЯХ

Саушев А.В.

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова

Статья посвящена рассмотрению методов параметрического синтеза и контроля состояния электротехнических систем, основу которых составляет информация о границе области работоспособности, заданная в виде совокупности линейных ограничений. При этом обеспечивается высокая точность оценки состояния системы и решается задача определения ее максимального запаса работоспособности на основе целевой функции, гарантирующей получение оптимального решения.

Ключевые слова: параметрический синтез, контроль состояния, электротехническая система, область работоспособности, запас работоспособности.

To a problem of parametrical synthesis and control of a condition of electrotechnical systems at linear restrictions. Saushev A.V. State university of sea and river fleet of a name of the admiral S. O. Makarov.

Article is devoted to consideration of methods of parametrical synthesis and control of a condition of electrotechnical systems which basis is made by information on border of area of working capacity set in the form of set of linear restrictions. At the same time high precision of assessment of a condition of system is provided and the problem of definition of her maximum stock of working capacity on the basis of the criterion function guaranteeing receiving an optimal solution is solved.

Keywords: parametrical synthesis, control of a state, electrotechnical system, area of working capacity, working capacity stock.

Введение

Важнейшими задачами параметрического управления состоянием электротехнических систем (ЭТС) являются задачи их параметрического синтеза и контроля состояния в процессе производства и эксплуатации [1]. В работе [2], отмечается, что при оптимальном параметрическом синтезе в качестве целевой функции следует использовать запас работоспособности ЭТС. Этот же показатель необходимо вычислять и при контроле технического состояния ЭТС в процессе ее эксплуатации [3]. Для решения рассмотренных задач необходима информация о границе области работоспособности системы. Методы и алгоритмы получения такой информации рассмотрены в работе [4]. В том случае, если граница области работоспособности задана в виде совокупности линейных ограничений, для решения рассмотренных выше задач целесообразно использовать методы, рассматриваемые в настоящей работе. Вопросы аппроксимации областей работоспособности произвольной формы в виде множества линейных ограничений подробно рассмотрены в работах [4, 5].

Постановка задачи

Состояние любой ЭТС характеризуется некоторым набором или вектором параметров, среди которых можно выделить:

внутренние параметры $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n)$, определяющие допусковую область \mathbf{D}_X , которые характеризуют состояние комплектующих элементов ЭТС. Эти параметры называют также первичными параметрами системы;

внутренние параметры $\mathbf{Z}^v = (Z_1^v, Z_2^v, \dots, Z_g^v, \dots, Z_c^v)$, определяющие допусковую область \mathbf{D}_Z , которые характеризуют фазовые переменные на выходах элементов системы, $v = \overline{1, h}$, h – число элементов;

выходные параметры $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_m)$, определяющие допусковую область \mathbf{D}_Y , которые характеризуют различные функциональные зависимости фазовых переменных $\mathbf{Z} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_g, \dots, Z_c)$ на выходе объекта управления.

Область допустимых изменений параметров \mathbf{X} (область работоспособности) $\mathbf{G} = \mathbf{D}_X \cap \mathbf{M}_Z \cap \mathbf{M}_Y$ определяется неравенствами:

$$\begin{aligned} Y_{j\min} \leq Y_j = F_j(\mathbf{X}) \leq Y_{j\max}, j = \overline{1, m} \rightarrow \mathbf{M}_Y \\ Z_{j\min}^v \leq Z_j^v = F_j^v(\mathbf{X}) \leq Z_{j\max}^v, v = \overline{1, h} \rightarrow \mathbf{M}_Z, \\ X_{i\min} \leq X_i \leq X_{i\max}, i = \overline{1, n} \rightarrow \mathbf{D}_X \end{aligned} \quad (1)$$

где $Y_{j\max}(Z_{j\max}^v)$, $Y_{j\min}(Z_{j\min}^v)$, $Y_j(Z_j^v)$ — соответственно максимально допустимое, минимально допустимое и текущее значения j -го выходного (внутреннего) параметра; $F_j(\mathbf{X})$ и $F_j^v(\mathbf{X})$ — операторы связи первичных параметров ЭТС с ее выходными Y и внутренними Z параметрами соответственно; $X_{i\min}$ и $X_{i\max}$ – предельно допустимые значения первичных параметров. Области \mathbf{M}_Z и \mathbf{M}_Y являются соответственно отображением областей \mathbf{D}_Z и \mathbf{D}_Y в пространство первичных параметров ЭТС.

Для рассматриваемого случая предполагается, что каждая из функций-ограничений неравенства (1) $Y_{j\max} - F_j(\mathbf{X}) \geq 0$ и $F_j(\mathbf{X}) - Y_{j\min} \geq 0$ аппроксимирована конечным множеством линейных гиперповерхностей f_j , и область $\mathbf{M} = \mathbf{M}_Z \cap \mathbf{M}_Y$ задана следующей системой неравенств:

$$\sum_{j=1}^{2m} f_j(\mathbf{X}) \geq 0, \text{ , } f_j(\mathbf{X}) = b_{j0} + \sum_{i=1}^n b_{ji} X_i \geq 0.$$

В отличие от известных методов параметрической оптимизации предлагаемый метод позволяет сформировать такую целевую функцию, для которой возможно применение любого известного алгоритма поисковой оптимизации. При этом обеспечивается максимально возможный или заданный запас работоспособности ЭТС. Для удобства контроля технического состояния ЭТС область работоспособности \mathbf{G} преобразуется в допусковую область \mathbf{D}_Z , определяемую, как и область работоспособности, совокупностью линейных ограничений.

Решение задачи

Для формирования целевой функции, представим область работоспособности в виде единого аналитического выражения. При этом для построения R -конъюнкции воспользуемся формулой $\varphi_1 \wedge \varphi_2 = 0,5(\varphi_1 + \varphi_2 - |\varphi_1 - \varphi_2|)$.

В развернутой форме записи функция $G=G(\mathbf{X})$, аналитически описывающая область работоспособности \mathbf{G} , имеет следующий вид [4]:

$$\left\{ \begin{array}{l} G = \varphi_{(d)} = 0,5(\varphi_{(d-1)} + \varphi_d - |\varphi_{(d-1)} - \varphi_d|); \\ \varphi_{(d-1)} = 0,5(\varphi_{(d-2)} + \varphi_{d-1} - |\varphi_{(d-2)} - \varphi_{d-1}|); \\ \dots \\ \varphi_{(g)} = 0,5(\varphi_{(g-1)} + \varphi_g - |\varphi_{(g-1)} - \varphi_g|); \\ \dots \\ \varphi_{(3)} = 0,5(\varphi_{(2)} + \varphi_3 - |\varphi_{(2)} - \varphi_3|); \\ \varphi_{(2)} = 0,5(\varphi_1 + \varphi_2 - |\varphi_1 - \varphi_2|). \end{array} \right. \quad (2)$$

Приравняв функцию G нулю, получим уравнение $G = 0$, описывающее границу области работоспособности ТС. Записывая функцию G в виде R -конъюнкции функций $M=M(\mathbf{X})$ и $P=P(\mathbf{X})$, которые описывают соответственно области \mathbf{M} и \mathbf{P} , получим:

$$G = 0,5(M + P - |M - P|) \geq 0. \quad (3)$$

Для аналитического описания областей \mathbf{M} и \mathbf{P} в системе уравнений (2) нужно произвести следующие замены: $g = j, d = 2m, G = M$ – для описания области \mathbf{M} и $g = i, d = 2n, G = P$ – для описания области \mathbf{P} .

Получим уравнение границы области \mathbf{G}_μ , расположенной эквидистантно области \mathbf{G} и внутри нее. При этом граничные точки областей \mathbf{G} и \mathbf{G}_μ будут располагаться относительно друг друга по направлению градиента к функции $G(\mathbf{X})$ на одинаковом расстоянии l .

Рассмотрим две граничные точки $N \in f_j(\mathbf{X}) \in \mathbf{M}$ и $N^\mu \in f_j^\mu(\mathbf{X}) \in \mathbf{M}_\mu$. Координаты точки N^μ можно выразить через координаты точки N по формуле:

$$X_i^\mu = X_i + \frac{(\partial f_j(\mathbf{X}) / \partial X_i) l}{|\text{grad} f_j(\mathbf{X})|} = X_i + \frac{b_{ji}}{|\text{grad} f_j(\mathbf{X})|} l, \text{ grad} f_j(\mathbf{X}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\partial f_j(\mathbf{X}) / \partial X_i)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n b_{ji}^2}$$

$$\text{Откуда,} \quad f_j^\mu(\mathbf{X}) = f_j(\mathbf{X}) - |\text{grad} f_j(\mathbf{X})| l. \quad (4)$$

Область \mathbf{M}_μ аналитически описывается аналогично области \mathbf{M} по формуле (2), в которой $\varphi_g = f_j^\mu(\mathbf{X})$, а функция M заменяется функцией M_μ . В том случае, если граничная точка принадлежит области \mathbf{P} , координаты точки N^μ определяются выражением $X_i^\mu = X_i \pm l$. Аналитическое описание области \mathbf{P}_μ аналогично описанию области \mathbf{P} , при этом $\varphi_g = f_i^\mu(\mathbf{X})$. Из формулы (3) следует, что $G_\mu = 0,5(M_\mu + P_\mu - |M_\mu - P_\mu|) \geq 0$.

В работе [2] доказано, что при любом числе R -функций $\varphi_g(\mathbf{X})$, $g = \overline{1, d}$ значение R -функции G_μ , описывающей границу области \mathbf{G}_μ в виде конъюнкции этих функций, определяется значением функции,

которое является наименьшим среди всех R -функций. Кроме того, для всех точек, определяющих линейную гиперповерхность f_j^μ области G^μ , вычисленное значение R -функции G^μ есть величина постоянная. Таким образом, функция G_μ принципиально может быть использована в качестве целевой функции при параметрическом синтезе ЭТС по критерию запаса работоспособности. Недостатком полученной функции является невозможность использования поисковых методов оптимизации, поскольку для разных граничных точек области G_μ , функция G_μ не является постоянной, а принимает значение из множества возможных значений $\{f_1^\mu, f_2^\mu, \dots, f_{2m}^\mu, l\}$.

Построим R -функцию, которая будет принимать единственное значение для любой точки, находящейся на одинаковом расстоянии от границы области работоспособности. С этой целью сформируем R -функции вида:

$$\phi_j^l(\mathbf{X}) = f_j^\mu(\mathbf{X}) / |\text{grad } f_j(\mathbf{X})| = f_j(\mathbf{X}) / |\text{grad } f_j(\mathbf{X})| - l.$$

Легко видеть, что для любой внутренней точки области работоспособности, находящейся на одинаковом расстоянии от ее ближайшей граничной точки, вычисленное значение функции $\phi_j^l(\mathbf{X})$ будет равно l . В окончательном виде искомая функция будет иметь вид:

$$G_l = 0,5(M_l + P_l - |M_l + P_l|). \quad (5)$$

Функция G_l обладает важным свойством – для любой точки, принадлежащей области работоспособности, значение этой функции равно l и определяет запас работоспособности ЭТС.

В формуле (5) функция M_l вычисляется аналогично функции M_μ . Для этого в формуле (2) следует заменить ϕ_g на $\phi_j^l(\mathbf{X})$, а вместо M писать M_l . Функция P_l тождественно равна функции P_μ .

Для вычисления координат оптимальной точки может быть использован любой поисковый метод оптимизации. При поиске исключается заикливание алгоритма в независимости от формы границы области работоспособности. Важным свойством полученной функции является возможность распознавания состояния ЭТС. Если вычисленное значение функции положительное, то ЭТС находится в работоспособном состоянии, если отрицательное – система неработоспособна. Если значения параметров \mathbf{X} выражены в относительных единицах, вычисленное значение функции будет характеризовать относительное значение запаса работоспособности ЭТС, принадлежащее интервалу $[-1; 1]$.

Для рассматриваемого случая, когда область работоспособности аппроксимирована совокупностью линейных гиперплоскостей и известны статистические данные о законах распределения первичных параметров, для решения задачи можно воспользоваться методом пересчета исходной области работоспособности в пространство измеряемых (контролируемых) характеристик, изложенным в работе [3]. Допусковая область в пространстве параметров Z также задается в виде линейно-зависимых допусков. Для решения задачи следует использовать методы касательных гиперплоскостей и линейной аппроксимации граничных точек.

Для отображения области \mathbf{G} в область \mathbf{F} достаточно определить линейный оператор \mathbf{B} такого преобразования: $\mathbf{V} = \mathbf{Z} \mathbf{B}$, где \mathbf{Z} – h -мерный вектор измеряемых характеристик; \mathbf{V} – n -мерный вектор первичных параметров ЭТС с учетом ошибок линейного преобразования.

Требование линейности оператора \mathbf{B} определяется необходимостью однозначного пересчета области работоспособности и получения в пространстве контролируемых параметров области с линейно-зависимыми допусками. Поставив рассмотренное преобразование в исходную систему линейных

неравенств $\sum_{i=1}^n a_{ij} X_i + b_i \leq 0$, задающих область работоспособности в пространстве первичных параметров, получим допусковую область в пространстве контролируемых параметров в виде системы линейных неравенств:

$$\mathbf{aBZ} + \mathbf{b} \leq 0$$

где \mathbf{a} – матрица коэффициентов неравенств ($r \times n$), задающих область работоспособности; \mathbf{B} – линейный оператор ($n \times h$). В развернутом виде получим:

$$\sum_{g=1}^h Z_g \sum_{i=1}^n a_{kj} B_{ij} + b_k \leq 0, \quad k = \overline{1, r},$$

где B_{ig} – элементы оператора \mathbf{B} , h – количество измеряемых характеристик; n – число первичных параметров; r – число неравенств, задающих допусковую область \mathbf{F} .

Задание линейного оператора определяется из условия наилучшего приближения вектора \mathbf{V} к вектору параметров \mathbf{X} . В качестве оценки степени соответствия этих векторов используется ковариационная матрица ошибки преобразования \mathbf{R}_ϵ .

Заключение

Предлагаемые методы позволяют повысить эффективность решения основных задач параметрического состояния ЭТС при условии, что область работоспособности системы аппроксимирована в виде конечного числа линейных гиперповерхностей. Эффективность методов была подтверждена тестовыми примерами и исследованиями реальных электротехнических систем. Их достоинством является не только низкая методическая погрешность, но и малые затраты времени на программную и техническую реализацию алгоритмов.

Литература

1. Саушев А. В. Методы управления состоянием электротехнических систем объектов водного транспорта / А. В. Саушев. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2014. — 215 с.
2. Саушев А. В. Параметрический синтез электротехнических устройств и систем / А. В. Саушев. — СПб.: ГУМРФ им. Адм. С. О. Макарова, 2013. — 315 с.
3. Саушев А.В. Диагностирование состояния электротехнических систем в пространстве параметров их элементов / А.В. Саушев, Н.В. Широков / Вестник ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, Вып. 2 (36), 2016. – С. 143 – 156.
4. Саушев А. В. Области работоспособности электротехнических систем / А. В. Саушев. — СПб.: Политехника, 2013. — 412 с.
5. Саушев А. В. Методы линейной аппроксимации граничных точек областей работоспособности технических систем / А. В. Саушев // Журнал С.-Петерб. гос. ун-та водных коммуникаций. – 2013. – Вып. 3 (XIX). – С. 41 – 51.

ОБ ОДНОЙ ИЗ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ

Сафонова И.Е., Проферансов Д.Ю.*, Филиппов Д.С.**

Российский университет транспорта (МИИТ), Московский университет имени С.Ю. Витте, *ОАО «Т-Платформы», **Российский университет транспорта (МИИТ)
iesafonova@yandex.ru

В данной статье рассматривается применение теории графов для решения задачи оптимизации топологической структуры сети. Приводится описание разработанного алгоритма, который заключается в выборе минимального числа ребер графа, изображающего сеть и распределении их между узлами так, чтобы обеспечить необходимую надежность при заданном диаметре.

Ключевые слова: топология сети, оптимизация топологической структуры, граф, множество вершин графа, множество ребер графа, поток, маршрут, надежность сети, k -связность.

About one of the tasks of optimizing the topological structure of a corporate network. Safonova I.E., Proferansov D.Y.*, Filippov D.S.** Russian University of Transport (RUT - MIIT), Moscow Witte University, *«T-Platforms», **Russian University of Transport (RUT - MIIT).

In this paper, the application of graph theory to the problem of optimizing the topological structure of a network is considered. A description of the developed algorithm is presented, which consists in choosing the minimum number of edges of the graph representing the network and distributing them between nodes in such a way as to provide the necessary reliability for a given diameter.

Keywords: network topology, topological structure optimization, graph, set of graph vertices, set of graph edges, flow, route, network reliability, k -connectivity.

Введение

Как известно, теория графов является одним из самых распространенных инструментов исследования топологии телекоммуникационных и/или компьютерных сетей, так как вершины и ребра графа, отражающие структурные свойства сетей, часто сопровождаются указанием определенных свойств (атрибутов). Атрибутами вершин могут являться: типы узлов коммутации, число петель, компьютеры и т.д. Для ребер атрибутами могут быть: каналы связи, пропускная способность, потоки, интенсивность перехода между вершинами. Согласно общепринятому определению «топология сети» – это граф, вершинам которого соответствуют конечные узлы сети и коммуникационное оборудование, ребрам – физические или информационные связи между вершинами.

Задача оптимизации топологической структуры является одной из основных при разработке сетей. В ряде случаев представляет интерес более общая задача топологической оптимизации, в постановке которой не учитывается требование к информационным потокам, проходящим по сети. Такая

задача решается на предпроектной стадии создания сети в условиях отсутствия подробной информации о сетевых протоколах, матрице интенсивности входных потоков и других параметрах. Эта задача подробно рассматривается в работе [1].

В данной статье представлено решение задачи оптимизации топологической структуры корпоративной сети, которая заключается в нахождении оптимального числа каналов передачи данных и обеспечении необходимой надежности сети при заданном диаметре. Следует отметить, что диаметр d определяет возможную длину (число каналов связи) маршрута передачи сообщения между источником и адресатом.

Описание и постановка задачи оптимизации топологической структуры корпоративной сети

Можно поставить в соответствие корпоративной сети неориентированный граф, множество вершин которого соответствует узлам сети, а множество ребер – каналам связи. Число вершин этого графа – n , а число ребер – m . Этот граф задается с помощью матрицы смежности:

$$A = \|a_{ij}\|. \quad (1)$$

Элемент $a_{ij}=1$ в том случае, если вершина инцидентна ребру. Все остальные элементы матрицы A равны нулю.

Число

$$vl_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (2)$$

называется валентностью вершины – это число ребер, инцидентных соответствующей вершине. Для vl -валентного графа число вершин n и ребер m связаны соотношением

$$m = n/2. \quad (3)$$

Задача оптимизации топологической структуры сети заключается в выборе минимального числа ребер и распределении их между узлами так, чтобы обеспечить необходимые надежность и диаметр.

Для получения сетей максимальной надежности на уровне топологии эта задача решается в предположении равновероятности отказов узлов и равновероятности отказов ребер. При этом, прежде всего необходимо определить vl_i из условия максимальной связности сети, т.е. возможность построения сети с минимальными разрезами наибольшей мощности [1, 2, 3]. Связность в сети не может быть больше, чем $\min vl_i$, но, согласно (3), существуют ограничения [1, 3]:

$$\min vl_i \leq \left\lfloor \frac{2m}{n} \right\rfloor = vl, \quad (4)$$

где $[x]$ - ближайшее целое справа от x , n – число узлов, m – число каналов, причем $m > n$.

Одна из задач оптимизации топологии сети может быть представлена следующим образом.

Пусть для корпоративной сети, определенной графами $G = \langle B, W \rangle$ и $E = \langle A, Q \rangle$, получено распределение R , которое характеризуется выделенными каналами связи и потоками передаваемой информации.

G – неориентированный взвешенный по ребрам граф, который определяет наличие и длину каналов (трактов) между территориально соседними узлами сети. B – множество вершин графа, находящееся в изоморфизме с узлами сети, W – множеств ребер.

E – ориентированный взвешенный по ребрам граф, определяет требуемый поток информации между узлами, в котором A – множество вершин, Q – множество ребер.

Распределение R математически следует представить графом Γ , весовой функцией LR и совокупностями множеств $H(R)$, $Z(R)$, $XP(R)$.

Граф $\Gamma = \langle AR, WR \rangle$ является ориентированным взвешенным по ребрам и определяет выделенные каналы связи между узлами сети и потоки по ним. Здесь AR – множество вершин графа, WR – множество ребер графа, которое соответствует выделенным каналам.

LR – весовая функция, задает для каждого ребра длину.

$$LR(wr_i) = L_i \quad (5)$$

В совокупности множеств $H(R) = \{H_1, \dots, H_i\}$ каждое множество H_i есть маршрут, по которому передается поток между i -й парой узлов сети.

В множествах $Z(R) = \{Z_1, \dots, Z_p\}$ каждое Z_i , включает для конкретного ребра графа имена маршрутов (потоков) множеств $H(R)$, которые проходят по соответствующему выделенному каналу сети.

В совокупности множеств $XP(R) = \{xp_{11}, \dots, xp_{ij}, \dots, xp_{ty}\}$ каждый элемент есть поток (интенсивность передаваемой информации) по ребру в k -м выделенном канале связи между узлами i и j .

Требуется установить выделенные каналы связи, т.е. сформировать граф $\Gamma = \langle AR, WR \rangle$ и определить потоки в сети – сформировать множества H , Z , XP таким образом, чтобы при выполнении условий:

$$xp_k \geq \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^y xp_{ij} \quad (6)$$

$$\min vl_i \leq \left\lceil \frac{2m}{n} \right\rceil = vl, \quad (7)$$

величина F принимала минимальное значение

$$\min F = \sum_{\substack{wr_i \in WR; \\ i=1}}^m xp(wr_i)L(wr_i), \quad (8)$$

где WR – это множество ребер графа Γ ребер, каждое из которых представляет собой выделенный канал связи; $xp(wr_i)$ - поток по ребру wr_i ; $L(wr_i)$ - длина выделенного канала связи (ребра).

При оптимизации (8) предполагается, что требуемый поток в графе Γ между каждой парой вершин пропускается по кратчайшему маршруту. Если между парой вершин несколько маршрутов имеют одинаковую длину, то предпочтение отдается маршруту, использующему минимальное число ребер графа.

Алгоритм решения задачи

Как показано в работах [3, 4, 5, 6] в процессе оптимизации топологии сети целесообразно использовать функционал (8), позволяющий минимизировать сумму произведений потока и длину каналов связи для требуемого диаметра d . Ниже представлено краткое описание основных этапов разработанного алгоритма.

1. В графе G требуемый поток графа E распределяется из условия минимизации длины маршрутов [4, 6, 7].

2. Для каждого ребра $q_i \in Q$ графа E нужно найти суммарный поток $xp(q_i)$, причем, $q_i \in Q$ и $\forall H_i \in H(R)$.

3. В соответствии с весовой функцией LR , определяющей вес w_i , в графе G строится замкнутый путь коммивояжера

$$p\xi = (b_1w_1b_2w_2 \dots b_{n-1}w_{n-1}b_nw_n), \quad (9)$$

включающий все вершины множества B и имеющий максимальный суммарный вес (длину) ребер.

При заданном диаметре d и числе узлов n сеть имеет высокую надежность при минимальном числе каналов связи в случае, когда валентность вершины сети одинакова по всем вершинам графа, соответствующего сети [6, 8, 9]. В результате будет получена максимальная связность сети, или сеть с минимальными разрезами наибольшей мощности [5, 7].

4. Сопоставление графов G и E . Для заданных n , m и d строится гамильтонов цикл, обладающий высокими параметрами надежности при минимальном числе ребер [5, 6, 8], при этом если не учитывать веса ребер, то замкнутый путь есть также гамильтонов цикл графов.

Вершины обоих контуров графов G и E нумеруются в соответствии с порядком их следования в контурах, начиная с любой вершины. Графы G и E сопоставляются по p итерациям [1, 2, 8]. В результате сопоставления этих графов имеется решение поставленной задачи в виде графа Γ , совокупности множеств $H(R)$, $XP(R)$ и $Z(R)$ определяющих дополнительные каналы связи между узлами сети и состав трактов, которые они используют. При формировании $Z(R)$ для каждой i и j -й пары вершин графов с помощью алгоритма Дейкстры определяется кратчайший маршрут и формируются множества $Z_i, Z_j \in Z(R)$.

5. Для каждого канала связи графа Γ известен поток $xp(mr)$, если для данного ребра $wr_i \in WR$: $xp(wr_i) = 0$, то это означает, что канал wr_i не нужен и должен быть изъят из топологии сети. Для остальных каналов множества WR устанавливается требуемая пропускная способность:

$$sp(wr_i) = \frac{xp(wr_i)}{L_i}. \quad (10)$$

6. Значение функционала F для сформированной топологии сети определяется значением по выражению (8).

7. Проверка сети (графа Γ) на надежность – на связность.

8. Завершение работы алгоритма.

На рисунке 1 показан пример работы алгоритма - изображены графы $G = \langle B, W \rangle$, $E = \langle A, Q \rangle$ и полученный граф $\Gamma = \langle AR, WR \rangle$.

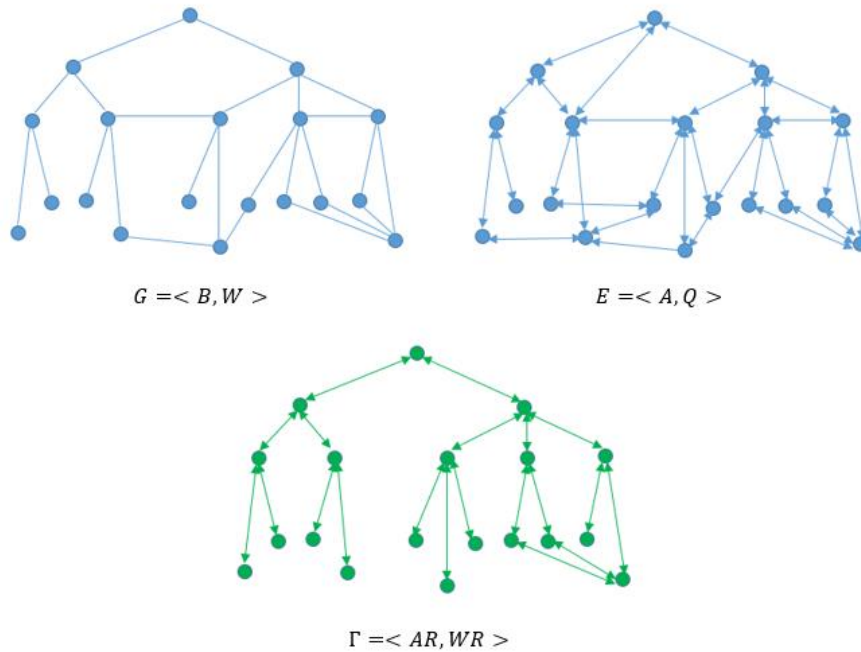


Рисунок 1 – Примеры графов $G = \langle B, W \rangle$, $E = \langle A, Q \rangle$ и $\Gamma = \langle AR, WR \rangle$.

Предложенный алгоритм позволяет синтезировать корпоративную сеть заданного диаметра, определять маршруты передачи данных и потоки по каналам связи.

Проверка сети на k -связность

Следует отметить, что самым распространенным требованием по надежности сети является то, чтобы она была k -связной [2, 5, 7, 9]. Граф называется k -связным, если каждая пара узлов в графе является k -связной. Нижняя граница k связности может быть установлена путем проверки k -узловой связности для расширенного графа, в котором каждое ребро (i, j) заменено на два (i, n) и (n, j) , где n – новый узел.

Существуют эффективные методы проверки связности графа – в частности, метод Клейтмана [7, 8, 10, 11] и алгоритм, разработанный Ивеном [7, 8, 10, 11].

Алгоритм Клейтмана [8, 11]:

1. Выбрать любой узел графа, например – n_1 .
2. Узловая связность выбранного узла со всеми другими узлами должна быть равна хотя бы k .
3. Удалить узел n_1 и все его связи.
4. Выбрать другой узел n_2 .
5. Этот узел должен иметь $k - 1$ соединений со всеми другими узлами.
6. Удалить этот узел и все его связи.
7. Выбрать третий узел.
8. Этот узел должен иметь $k - 2$ соединений со всеми другими узлами.
9. Процедура повторяется до узла k , который должен быть соединен еще с одним узлом.

Если проверки всех шагов проходят удовлетворительно, то сеть имеет связность, равную, по крайней мере, k . Если хотя бы в одной точке алгоритма проверка не выполняется, то связность не равна k .

Алгоритм Ивена [8, 11]:

1. Необходимо пронумеровать узлы графа (сети) от 1 до n .
2. Сформировать подмножество из узлов с номерами от 1 до k , где k – искомая связность.
3. Проверка – каждый узел подмножества имеет k маршрутов с разделенными узлами к каждому из других узлов в этом подмножестве: если да, то связность меньше k , если – нет, то переход к следующему пункту.
4. Для каждого из оставшихся узлов сформировать подмножество узлов, содержащие набор, заданный в п.1.
5. Добавить к сети новый узел, и соединить его с каждым узлом подмножества.
6. Проверить, что между этим узлом и каждым из узлов подмножества существует k маршрутов с разделенными узлами; добавить этот узел и продолжить процедуру со следующим узлом.

Таким образом, всем элементам сети (узлам и линиям) приписываются вероятности выхода из строя и оценивается вероятность того, что данная пара узлов окажется несвязной. Если имеется всего s ненадежных элементов в сети, то число возможных различных комбинаций из не вышедших из строя элементов равно 2^s . Тогда вероятность того, что сеть останется связной можно определить следующим образом:

$$P_C = \sum_{c_k \in C} p_k, \quad (11)$$

где C — множество комбинаций из не вышедших из строя элементов, для которых сеть останется связной; c_k означает k -ю комбинацию; p_k — вероятность ее возникновения.

Заключение

Разработанный алгоритм позволяет проводить оптимизацию топологической структуры сети. Алгоритм заключается в выборе минимального числа ребер графа, изображающего сеть и распределении их между узлами так, чтобы обеспечить максимальную надежность при заданном диаметре.

Алгоритм достаточно эффективен с точки зрения требующихся для его реализации вычислительных мощностей, легко адаптируется к изменению функциональных зависимостей и позволяет находить оптимальные или как минимум близкие к оптимальным решения.

Литература

1. Вишневикий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. М.: Техносфера, 2003. - 396 с.
2. Лотоцкий А.Д., Сафонова И.Е. Алгоритм поиска остовных деревьев в графе для оценки структурной надежности телекоммуникационных сетей. / Телекоммуникации. - 2016. - № 8. - с. 9-12.
3. Макаров А.С., Морозов А.М., Сафонова И.Е. Алгоритм определения оптимального числа каналов в сети передачи данных с ненадежными каналами. / Телекоммуникации. - 2013. - № 12. - с. 02-03.
4. Сафонова И.Е. Планирование развития корпоративной функционально-ориентированной сети. / Качество. Инновации. Образование. - 2008. - № 8. - с.50–55.
5. Сафонова И.Е. Методы прогностической оценки основных характеристик корпоративных функционально-ориентированных сетей. / Качество. Инновации. Образование. - 2009. - № 3. - с. 68-73.
6. Сафонова И.Е. Об одном подходе к моделированию корпоративных функционально-ориентированных компьютерных сетей. / Телекоммуникации. - 2009. - № 11. - с. 2-10.
7. Safonova I.E. On one approach to modeling enterprise-wide function-oriented computer networks. / Telecommunications and Radio Engineering. - 2012. - Т.71. - № 12. - p. 1087-1101.
8. Сафонова И.Е. Методы и модели оценки основных характеристик корпоративных функционально-ориентированных сетей в САПР: научная монография. М.: МИЭМ, 2007. -344 с.
9. Lototskiy A.D., Safonova I.E. On the estimate of the structural reliability of corporate telecommunications networks. / Information innovative technologies. - 2017. - Т.1. - p. 478-481.
10. Коротких Д.О., Лотоцкий А.Д., Сафонова И.Е., Тельнов Г.Г. Оценка надежности корпоративных телекоммуникационных сетей. / Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. - 2016. – Т.1. - с. 316-321.
11. Ирвин Дж., Харль Д. Передача данных в сетях: инженерный подход: Пер. с англ. - СПб.: БХВ Петербург, 2003. - 448 с.

БЕСКОНТАКТНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ СТРУКТУРИРОВАННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Марченко И.О., Гужов В.И., Хайдуков Д.С., Серебрякова Е.Е., Давыдов А.М., Поздняков Г.А.
Новосибирский государственный технический университет

В настоящее время фундаментальной научной проблемой в различных отраслях промышленности является обеспечение достоверных средств измерения поверхности сложных объектов. Данная проблема актуальна в авиационной промышленности, где важное место занимает контроль напряженно-деформированного состояния частей самолета. В статье описываются методы повышения точностных характеристик и расширение динамического диапазона информационно-измерительных систем для определения рельефа поверхности сложных объектов при использовании структурированного освещения.

Ключевые слова: бесконтактное измерение, структурированное освещение, пошаговый фазовый сдвиг, фазовая неоднозначность, определение профиля, фазовые методы.

Non-contact measurement of the surface relief based on the methods of structured lighting. Marchenko I.O., Guzhov V.I., Khaydukov D.S., Serebryakova E.E., Davydov A.M., Pozdnyakov G.A. Novosibirsk State Technical University

At present, the fundamental scientific problem in various industries is the provision of reliable means of measuring the surface of complex objects. This problem is relevant in the aviation industry, where the control of the stressed-deformed state of aircraft parts takes an important place. The article describes methods for increasing the accuracy characteristics and expanding the dynamic range of information and measurement systems for determining the surface relief of complex objects using structured lighting.

Keywords: non-contact measurement, structured lighting, step-by-step phase shift, phase ambiguity, profile definition, phase methods.

Фундаментальной научной проблемой является обеспечение достоверных средств измерения напряженно-деформированного состояния крупногабаритных объектов.

На ввод самолёта в серийное производство с момента начала его разработки уходит от 10 до 30 лет. Значительное время отводится на предполётные испытания. Одним из важнейших типов испытаний является контроль напряжённо-деформированного состояния частей изделия (фюзеляж, крылья, шасси и др.). Методы контроля на основе тензодатчиков остаются практически единственным способом проведения таких исследований в авиационной промышленности [1].

В настоящее время, основным средством измерений при исследовании напряженно-деформируемого состояния авиационных конструкций является информационно-измерительная система K742/1 (K732/1) имеющая следующие характеристики: погрешность измерения нагрузок не более - $\pm 5\%$; погрешность измерения деформаций не более - $\pm 2\%$; погрешность измерения перемещений - не более $\pm 5\%$.

Однако тензометрические системы обладают рядом недостатков, которые существенно снижают возможность их дальнейшей модификации:

- изменение чувствительности при изменении температуры и влажности;
- разброс значений чувствительности;
- подверженность наводкам, помехам;
- требуется очень точная установка датчиков;
- ошибки при пересчёте деформаций в напряжение;
- датчики приклеиваются клеем – возможны ползучесть, снижение сопротивления изоляции;
- при больших уровнях нагрузок возможно разрушение решётки датчика.

Но наиболее существенным недостатком является то, что тензометрические способы измерений *являются контактными*. Часто вес самих датчиков и подходящих к ним проводов вносит большую погрешность, чем диапазон измеряемых деформаций.

Поэтому понятен интерес к *бесконтактным оптическим системам* контроля. Оптические методы широко используются при исследовании напряженно-деформируемого состояния объектов и конструкций в промышленности. Однако применение систем ограничено исследованием объектов относительно небольших размеров.

В настоящее время крупными авиационными фирмами (Боинг, АйрБас, Локхид и др.) ведутся исследования для разработки измерительных оптических систем, основанных на различных принципах (проекционные, интерференционные, импульсные голографические системы). Но существующие системы не обеспечивают необходимой точности. Реальная поверхность всегда шероховата, может иметь царапины, ржавчину, следы обработки, отверстия. В результате системы, рассчитанные на погрешность 10-50 мкм, дают погрешность миллиметры [2].

Наиболее перспективным решением проблемы является использование технологии 3D-сканирующих триангуляционных оптических систем активно используемых для измерения рельефа крупномасштабных объектов. Ниже, на рис. 1 показан пример использования данной технологии для измерения геометрических параметров авиационных конструкций.

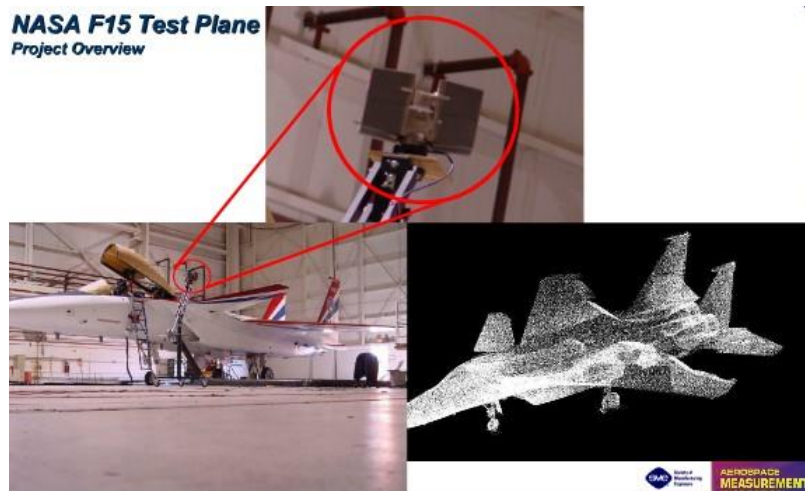


Рисунок 1 - Измерение геометрии корпуса самолета F15

На рис. 2 показан принцип триангуляционного метода измерения рельефа.

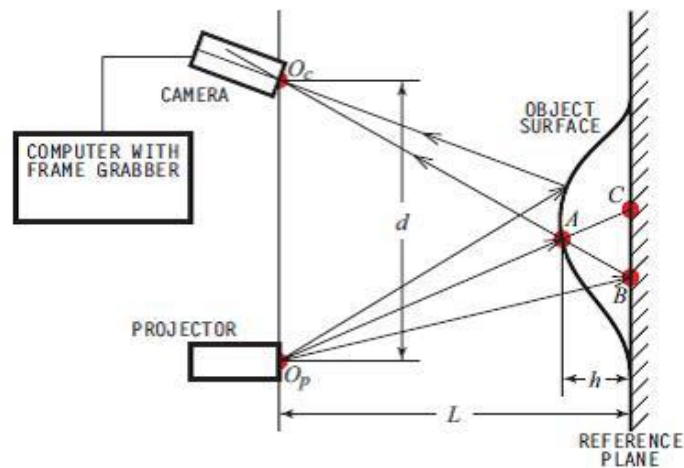


Рисунок 2 - Триангуляционный метод измерения

Высота рельефа определяется по формуле:

$$h = \frac{BC \cdot (L/d)}{1 + BC/d} \quad (1)$$

Погрешность измерения высоты рельефа в данном методе зависит от соотношения L/d и для крупномасштабных объектов, как правило, **не превышает 0,1%** от размера объекта. Для определения деформаций необходимо определение производных от изменений рельефа в процессе нагружения, поэтому подобная точность определения рельефа обеспечивает **только качественные оценки** параметров деформаций и напряжений.

Высокой точностью обладают **интерференционные и голографические методы**. Однако для формирования опорной волны и получения промежуточных голограмм необходимо дорогостоящее оборудование и параметры среды, близкие к лабораторным условиям.

Нами предложены методы, основанные на использовании комплексирования известных методов оптических измерений и новых методов формирования структурированного излучения, позволяющие устранить данные ограничения. Однако использование разработанных алгоритмов измерений сдерживается большим объемом вычислительных операций. Требуется дополнительные исследования с целью построения эффективных вычислительных схем, позволяющих существенно сократить число операций.

Известны методы **структурированного излучения**, которые предполагают проецирование синусоидальной решетки (интерференционных полос) на поверхность измеряемого объекта

$$I(x, y) = \alpha(x, y)(A + B \cos(\varphi(x, y))) \quad (2)$$

Тогда расстояние BC можно определить как

$$BC = \beta(\varphi_A - \varphi_B + 2\pi N) \quad (3)$$

где φ_A и φ_B - фазы интерференционных полос в точках A и B соответственно.

В этом случае можно использовать методы расшифровки, разработанные для интерференционных методов измерений. Погрешность измерений рельефа может достигать **одной сотой от размера проецируемых полос и менее**. Такая точность намного превышает известные проекционные методы.

Однако этот способ обладает двумя существенными недостатками:

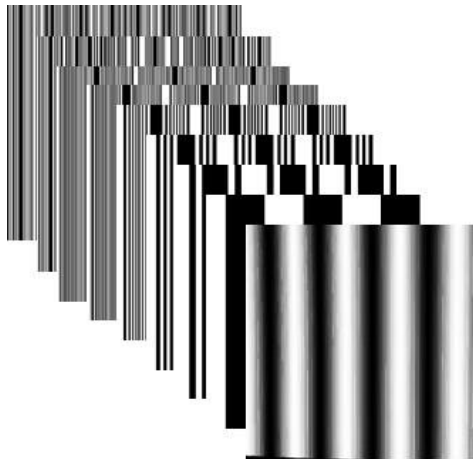
- синусоидальный профиль полос существенно искажается в процессе проецирования и ввода изображения;
 - возникает фазовая неоднозначность, вызванная повторением через период фазовых значений.
- В процессе работы предполагается разработать новые методы и способы для устранения этих существенных ограничений.

Нами предложен новый метод формирования структурированного излучения, позволяющий устранить искажения профиля полос в процессе проецирования.

Для повышения линейности профиля интерференционных полос предполагается использовать новый способ формирования структурированного излучения. Формирование многоградационного изображения синусоидальной решетки производится путем последовательной проекции изображений битовых плоскостей на поверхность объекта, их регистрации видеоприемным устройством и последующим синтезом многоградационного изображения по формуле

$$I_p = \sum_{n=0}^{N-1} 2^n \cdot I_n(x, y) \quad (4)$$

На рис. 3 показан предлагаемый принцип формирования изображения проекционной синусоидальной решетки.



Рисунке 3 - Формирование многоградационного изображения проекционной решетки

Данный принцип формирования структурированного излучения позволяет устранить влияние неравномерности отражения на линейность профиля полос и повысить разрешающую способность фотоприемного тракта за счет увеличения разрядности формируемого из битовых плоскостей изображения.

На рис. 4 показаны интерферограммы, синтезированные из битовых плоскостей для одного из периодов решетки.

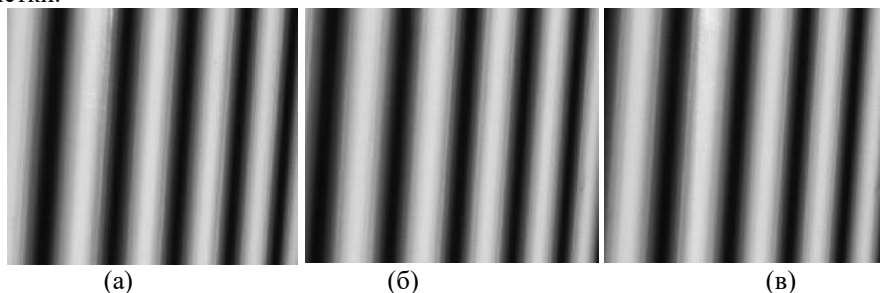


Рисунок 4 - Проекционные изображения период: а) без сдвига, б) со сдвигом решетки на период, в) со сдвигом решетки на период $2T/3$

В качестве базового метода измерений предполагается использовать метод фазовых шагов. Разрядность квантования высококачественных цифровых устройств ввода изображений не превышает 10-12 двоичных разрядов, число разрядов формируемого изображения решетки в предлагаемом способе формирования структурированного излучения ограничивается в основном временем регистрации битовых плоскостей и может достигать 20 двоичных разрядов и более. В этом случае погрешность измерений можно снизить до 0,001 от размера полосы. Если выбрать размер полосы около 10 мм, то погрешность составит порядка десятка микрометров.

Для устранения фазовой неоднозначности предлагается использовать комплексирование триангуляционного и интерференционного методов. Предварительные измерения с помощью триангуляционных методов позволят измерить профиль объекта с низкой точностью. Эти результаты будут дополняться результатами измерений рельефа с помощью фазовых методик.

Другим способом устранения фазовой неоднозначности является разработанный авторами в рамках проекта РФФИ 06-08-00616-а метод, основанный на целочисленных алгоритмах [3].

Впервые для решения данной проблемы Гужовым В.И. и Солодкиным Ю.Н. (1991) был предложен подход, в котором абсолютная величина фазы Φ вычисляется непосредственно. Подход основан на китайской теореме об остатках. Сущность подхода состоит в том, что измеренные значения локальных фаз φ переводят в локальные разности хода δ , которые выражают в виде целых значений с необходимым числом знаков, соответствующих необходимой точности измерения. Полные разности хода $-\Lambda$ находят путем решения целочисленной системы сравнений:

$$\{\Lambda \equiv \delta_1 \pmod{m_1}, \Lambda \equiv \delta_2 \pmod{m_2}\} \quad (5)$$

Максимальная длина траектории $L_{\max} = m_1 \times m_2 - 1$ определяет динамический диапазон однозначного определения Λ .

Для нахождения решений указанной системы сравнений авторами используется подход, основанный на применении быстрых алгоритмов.

Отметим недостатки такого подхода. Для нахождения решения требуется выполнения большого количества операций, что, учитывая значительное число точек в изображении 10^6-10^7 и более, приводит к неоправданно большим затратам времени при выполнении расчетов. Необходимо приводить результаты измерений к целочисленному виду, что накладывает определенные ограничения на динамический диапазон измерений. Кроме того, алгоритм неустойчив к ошибкам определения локальных фаз. Авторами предложен простой алгоритм определения полной разности фазы, не имеющий указанных недостатков. Представим решения системы сравнения в виде траектории на комплексной плоскости (рис. 5). При изменении фазы (δ_1, δ_2) точка будет перемещаться по диагоналям траектории.

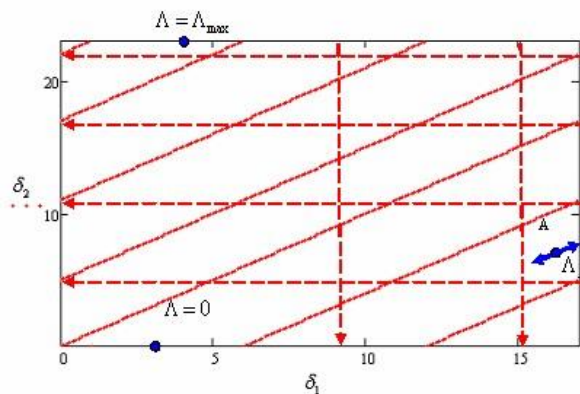


Рисунок 5 - Траектория движения точки (А) при изменении фазы

Для определения полной разности фазы Λ в произвольной точке изображения необходимо выполнить следующие этапы:

А) Запомним значения локальной δ и полной разности фазы Λ в точках, соответствующих концам верхних и нижних диагоналей, которые рассчитываются по следующим правилам:

$$\Lambda_i = i \cdot m_1, \delta_i \equiv \Lambda_i \pmod{m_1}, i \in [0 \dots N - 1], \quad (6)$$

$$\Lambda_j = j \cdot m_2, \delta_j \equiv \Lambda_j \pmod{m_2}, j \in [0 \dots M - 1] \quad (7)$$

Здесь N - число верхних диагоналей, $N = \text{int}(L_{\max}/m_1)$, а M - число нижних диагоналей, $M = \text{int}(L_{\max}/m_2)$.

Переносим точку (А) в конец диагонали. Новые координаты точки (А) будут определяться разностью локальных фаз $D = \delta_1 - \delta_2$. Для верхней координаты имеем $A = (0, |D|)$ и $A = (D, 0)$ для нижней диагонали. Принадлежность точки нижней или верхней диагоналям определяется знаком разности $\delta_1 - \delta_2$. Если разность имеет положительный знак, то точка находится на нижней диагонали, если отрицательный, то на верхней диагонали.

Б) Определяем номер диагонали, которой принадлежит точка путем поиска значения разности D соответствующего локальной фазе в списке концов диагоналей, полученном на первом этапе (см. (2), (3)). В случае, когда из-за погрешности измерения локальных фаз точка не принадлежит ни одной из диагоналей, производим коррекцию положения точки, для чего выбираем диагональ, для которой значение локальной фазы наиболее близко к разности локальных фаз D. Для сокращения времени поиска можно отсортировать списки значениям локальных фаз концов диагоналей, тогда оценка номера конца диагонали может быть получена по следующим формулам: $\hat{n}_1 = \text{int}(N\delta_1/m_1)$ - для нижних концов диагоналей и $\hat{n}_2 = \text{int}(N\delta_2/m_2)$ - для верхних концов диагоналей. Для уточнения номера диагонали необходимо, как правило, не более одной, двух итераций.

Полная разность хода вычисляется по формуле $\Lambda_x = \Lambda_n + \delta_1$, если точка находится на нижней диагонали и по формуле $\Lambda_x = \Lambda_n + \delta_2$, если точка находится на верхней диагонали.

Для практической проверки предложенной технологии использовалась проекционная система, состоящая из проектора (1200x1024 пикселей) и фотокамеры (1600x1200 пикселей). Размер проекционного изображения составил 1x1 м². Угол между оптическими осями проектора и камеры составил 30°. Расстояние между объектом и камерой - 3 м.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований «Разработка методов сверхразрешения в цифровой голографической интерферометрии» (Грант № 16-08-00565) и Министерством Образования и Науки РФ (гос. задание № 8.12007.2018/11.12)

Литература

1. Серьезнов А.Н., Степанова Л.Н., Кабанов С.И. и др. Акустико-эмиссионный контроль авиационных конструкций. / Научно-техническое издательство "Машиностроение". – 2008. – 440 с.
2. Демкин В.Н. Лазерные методы и средства измерения геометрии поверхностей сложной формы: дисс. на соискание степени. докт. техн. наук, 2004
3. Гужов В.И., Ильиных С.П., Кузнецов Р.А., Вагизов А.Р. Решение проблемы фазовой неоднозначности методом целочисленной интерферометрии / Автометрия. - 2013. - Т. 49, №2.-с. 85-91.

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ПРОТЯЖЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Манжосов А.В., Абрамова Т.В., Аралбаев Т.З.
ФГБОУ «Оренбургский государственный университет»
+7 (922) 813-38-18, tema2517@gmail.com

Системы транспорта нефти в экономике страны занимают одну из ключевых позиций. Вопросы обеспечения надежной и безопасной эксплуатации магистральных нефтепроводов затрагивают не только систему нефтепроводного транспорта, но и многие другие отрасли, а также существенно влияют на достижение целей, сформулированных в Концепции энергетического развития страны. Обеспечение эксплуатационной надежности системы транспорта нефти в условиях их длительной эксплуатации, увеличения объемов перекачки и повышения давления становится все более актуальным.

Ключевые слова: нефтепровод; мониторинг технического состояния; резервный канал; технологическая информация; высоковольтные линии электропередач.

Organization of the information transmission system in the distributed monitoring system of an extended technological facility. Manzhosov A.V. Abramova T.V., Aralbaev T.Z., FSBEI «Orenburg State University».

The oil transport systems occupy one of the key positions in the economy of the country. The issues of ensuring reliable and safe operation of main oil pipelines concern not only the pipeline transport system, but also many other industries, and significantly affect the achievement of the goals set forth in the Energy Development

Concept of the country. Ensuring the operational reliability of the oil transportation system in conditions of their long operation, augmentation the volumes of pumping and increasing the pressure becomes more and more urgent.

Key words: oil pipeline; monitoring of technical condition; backup channel; technological information; high-voltage power lines.

Введение

Современное состояние нефтепроводного транспорта характеризуется длительным сроком эксплуатации ряда действующих систем транспорта нефти при существенном увеличении объемов перекачки нефти и сооружением новых мощных магистральных нефтепроводов, работающих при повышенном давлении [6]. Автоматизированные системы мониторинга технологического состояния (АС МТС) зачастую имеют протяжённый характер и построены по топологии «шина». Большинство АС МТС узконаправлены, зачастую, посвящены вопросам поддержания конкретного технологического процесса и не учитывают территориальную распределенность объектов и контролирующих их АС, большим объемом циркулирующей в них информации, затрудняющих процессы ее передачи и анализа и создающих техногенные, антропогенные и природные угрозы безопасности работы этих систем (например, повреждение или обрыв линии передачи данных о функционировании распределённых технологических объектов) [5].

Аналитический обзор основных концепций обеспечения надёжной передачи информации в распределённых системах мониторинга технологического объекта

Для магистральных нефтепроводов, как критически важных распределённых технологических объектов, необходимо организовывать надёжную высокоскоростную связь для всех подсистем, включая каналы выделенной сети, телефонной и диспетчерской связи, трансляции с камер видеонаблюдения, систем обнаружения утечек и систем мониторинга технического состояния, а также средств обеспечения технической безопасности. В случае обрыва канала передачи информации, время восстановления связи будет равняться времени физического восстановления коммуникаций.

В рамках данной работы рассматривается протяжённый технологический объект. Источники информации (ИИ), в которых установлено оборудование электропитания и средства сбора информации о состоянии технологического объекта, передают данные по линии связи приёмнику информации (ПИ)(рис. 1). Риск R не доставить информацию от ИИ в количестве i штук до приёмника определяется как сумма произведений вероятности (P) обрыва основного канала передачи на ущерб (U) от обрыва основного канала передачи информации [1].

$$R = \sum_i P_i \cdot R_i \quad (1)$$

Целевая функция – снижение риска не доставить информацию от ИИ до ПИ при ограничении стоимостных затрат на систему сбора технологической информации.

$$R = \sum_i P_i \cdot R_i \rightarrow \min \quad (2)$$

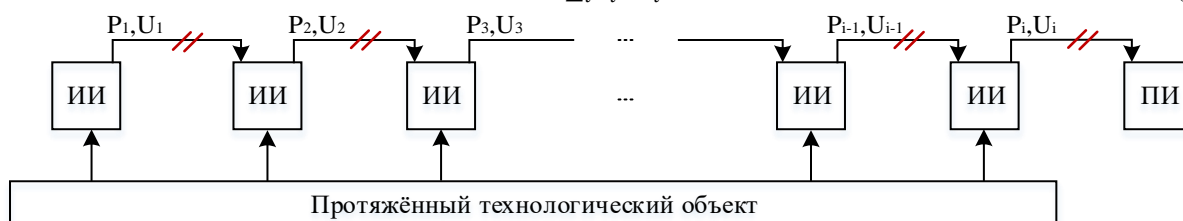


Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема распределённой системы мониторинга протяжённого технологического объекта.

Чрезвычайной ситуацией системы передачи информации в распределённой системе мониторинга технологического объекта (РСМТО) является состояние, при котором имеется повреждение канала связи. Обрыв возможен при повреждении протяжённого технологического объекта, выполнении земельных работ, а также несанкционированной врезке в канал передачи данных.

Структурно-функциональная схема самоорганизующейся системы информационного обмена между узлами распределённой системы мониторинга технологического объекта с использованием резервного канала и доступных сведений из сетевого трафика

При сбоях в работе основной сети, система передачи данных автоматически переключается на резервный канал связи и функционирует в этом режиме до восстановления нормальной работы поврежденного участка основного канала передачи данных. Связь основного и резервного каналов осуществляется с помощью коммутатора (К). Модем (М) передаёт информации по резервному каналу

связи ИИ и ПИ. На рисунке 2 представлена структурно-функциональная схема самоорганизующейся системы информационного обмена между узлами РСМТО с использованием резервного канала.

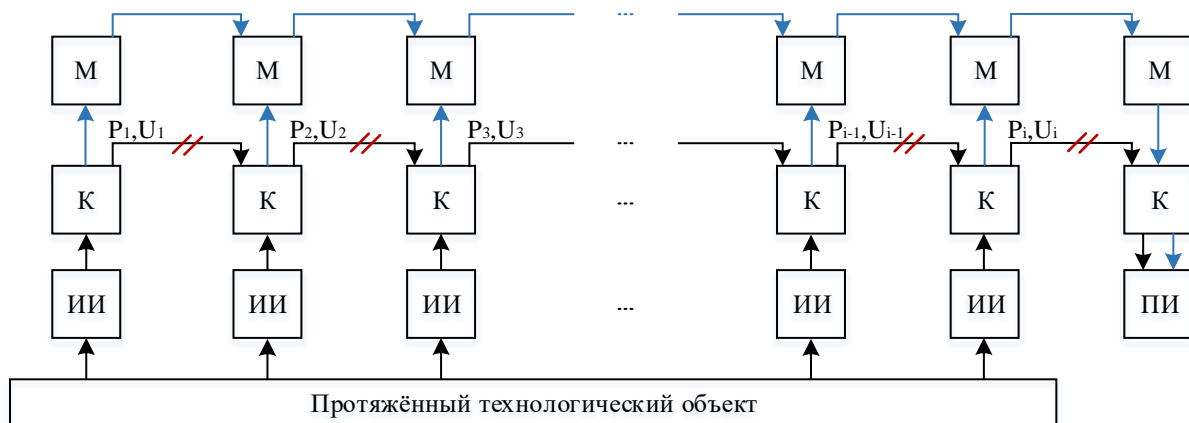


Рисунок 2 - Структурно-функциональная схема самоорганизующейся системы информационного обмена между узлами РСМТО с использованием резервного канала.

Использование резервного канала позволяет ПИ продолжать контролировать состояние протяжённого технологического объекта даже при обрыве участка основного канала передачи данных.

Алгоритм информационного взаимодействия узлов распределённой системы мониторинга технологического объекта с использованием резервного канала

Для сетевого взаимодействия структурных элементов РСМТО с использованием резервного канала, определён алгоритм информационного взаимодействия узлов (рис. 3). Первостепенной задачей сетевого взаимодействия является определение последовательности объектов, связанных по топологии «шина». При обрыве основного канала передачи информации это позволит объектам в сети воспользоваться резервной линией связи, минуя только участок обрыва [2]. Использование резервного канала только для обхода места обрыва обусловлено его ограниченной пропускной способностью по сравнению с основным каналом передачи информации.

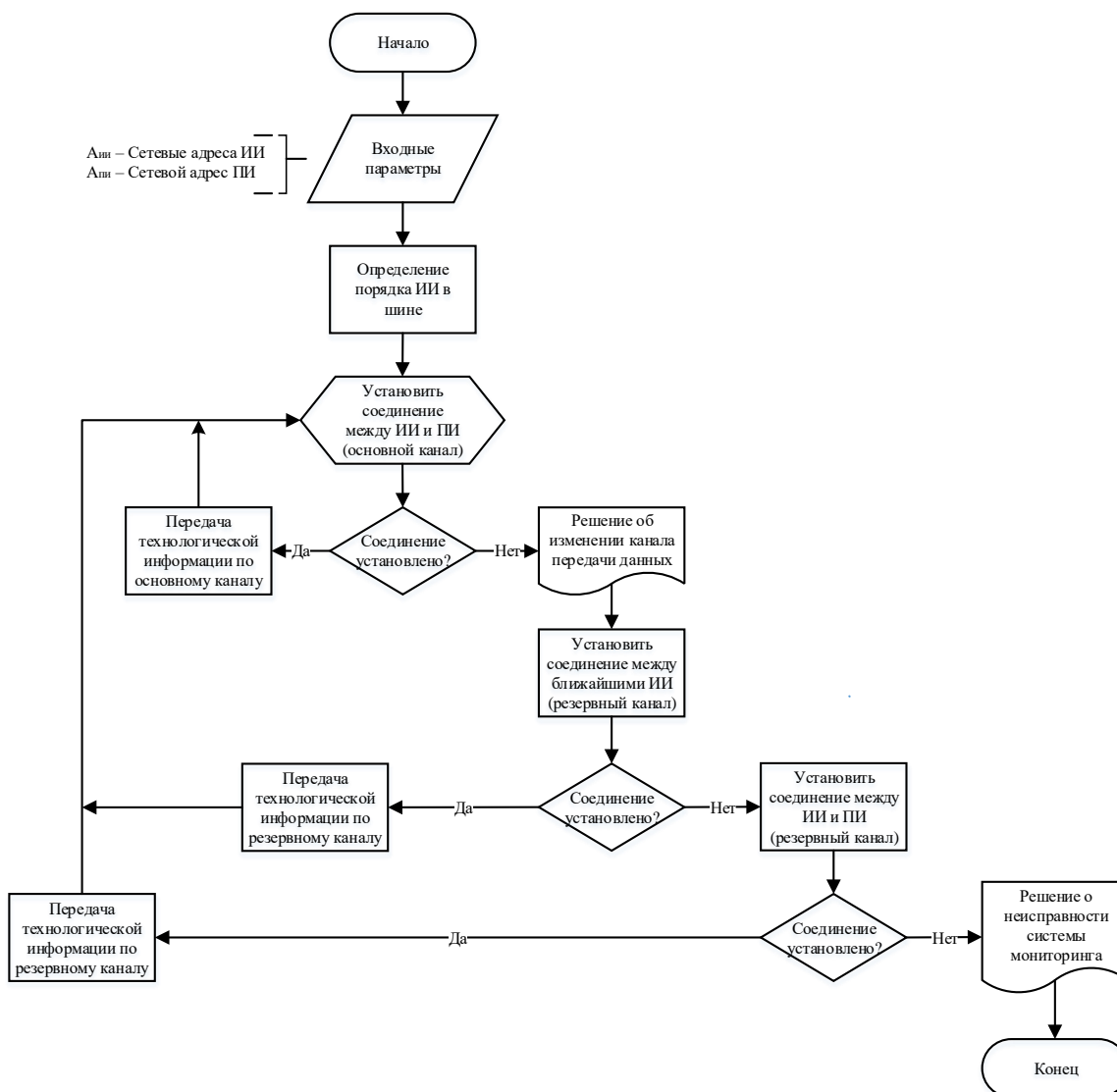


Рисунок 3 – Алгоритм информационного взаимодействия узлов РСМТО.

Оборудование резервного канала используется для передачи информации между ИИ в случаях, когда не удаётся установить связь между одним ИИ и ПИ. Резервный канал используется для передачи информации ПИ в случаях, когда не удаётся установить связь со всеми последующими ИИ в шине [4].

Эскизный проект распределённой системы мониторинга технологического объекта
Резервирование основного канала передачи данных может осуществляться с помощью:

- аренды каналов у сторонних операторов связи;
- установленных земных станций спутниковой связи;
- волоконно-оптической линии связи (под землёй и на подвесных опорах);
- радиорелейного канала;
- высоковольтной линии электропередач (ВЛЭП);
- GSM связи.

Перспективным резервным каналом передачи технологической информации в РСМТО является использование высоковольтных линий электропередач [7]. Главная цель резервирования канала передачи данных – обеспечить постоянную связь между ИИ и ПИ.

Использование ВЛЭП как резервного канала передачи технологической информации в РСМТО представлено на рисунке 4.

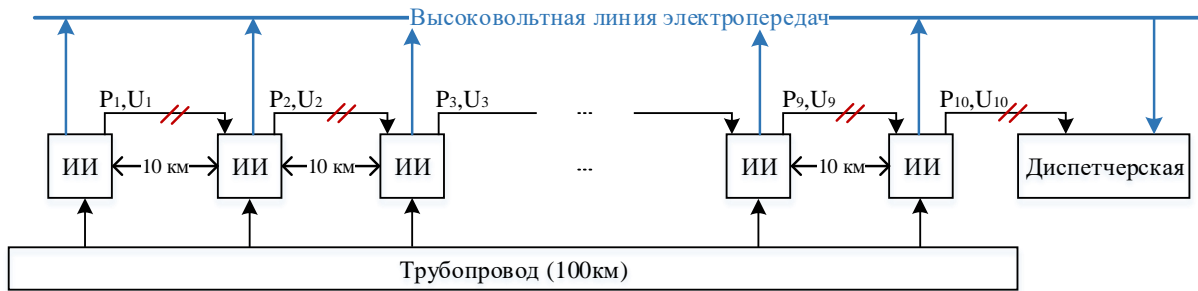


Рисунок 4 – Топологическая модель РСМТО с использованием резервного канала.

Модель предполагает, что ИИ, оказавшиеся между местом обрыва и диспетчерской, будут работать в обычном режиме, продолжая передавать информацию по основному каналу [3]. После обнаружения обрыва линии связи, ИИ, расположенный до места обрыва, воспользуется резервным каналом передачи информации – ВЛЭП (согласно алгоритму информационного взаимодействия узлов РСМТО). Это позволит диспетчерам продолжать контролировать состояние трубопровода. Таким образом, контроль за состоянием трубопровода будет непрерывным.

Заключение

Предложенный способ резервирования канала передачи информации РСМТО позволит снизить риск не доставить информацию от ИИ до ПИ. Технический эффект – снижение вероятности потери информации о состоянии протяжённого технологического объекта на 33,684 процента, общее повышение надёжности функционирования АС МТС. Экономический эффект – окупаемость проекта в течение двух лет.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и правительства Оренбургской области (проект № 18-47-560012 «Оптимизация методов контроля технического состояния распределенных автоматизированных систем в условиях воздействия пространственно-временных угроз на основе мониторинга сетевых информационных потоков»).

Литература

1. Аралбаев Т.З. Построение адаптивных систем мониторинга и диагностирования сложных промышленных объектов на основе принципов самоорганизации /Монография. РАН. Уфимский научный центр. Изд-во «Гилем», 2003г. -248 с.
2. Галимов, Р.Р. Распределённая система мониторинга технологических объектов как система массового обслуживания // Материалы науч.-практ. конф. «Прикладная математика и информационные технологии в науке и образовании» / Р.Р. Галимов. – Уфа: КИЦ БашГУ, 2008. – С. 29-34.
3. Курицын, Е.М. Сценарии организации цифровых трактов для ВЧ-связи по высоковольтным линиям электропередачи / В.В. Пантелеев// Техническая политика. - 2006. – №2. – с. 10-23.
4. Никифоров, А.В. Технология PLC – телекоммуникации по сетям электропитания/ А.В. Никифоров; Сети и системы связи, 2002. – 89с.
5. Остиану, В.М. Характеристики распределённых автоматизированных систем управления ПТК / В.М.Остиану // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2002. - №10. – С. 5-9.
6. Савина, А.В. Аварийность на отечественных и зарубежных магистральных трубопроводах / А.В. Савина // Системы управления и информационные технологии – 2014. - №2. – С14-17.
7. Способ передачи информации: [Электронный ресурс]. / Режим доступа: http://www.nrtb.ru/about_firm/patenty_detail.php?ELEMENT_ID=1801 - 07.12.16

ОБОБЩЕННЫЙ МЕТОД ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ

Харьков В. П.

ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт»
+7 (495) 255-36-35, charkovvp@rambler.ru

В статье рассмотрена задача синтеза управления многомерными динамическими системами, поведение которых в пространстве состояний описывается обыкновенными дифференциальными уравнениями. В качестве метода синтеза управления используется метод обратных задач динамики. Дана

современная интерпретация постановки задачи синтеза управления классическим методом обратных задач динамики. Приведен обобщенный алгоритм синтеза управления на основе концепции обратных задач динамики, а для линейных систем показано, что он является оптимальным. Изложен ряд его преимуществ по сравнению с классическим методом. В заключение статьи приведен пример синтеза управления методом динамического программирования и предлагаемым методом. Показано, что алгоритмы управления для линейных систем идентичны.

Ключевые слова: динамические системы, метод обратных задач динамики, многомерный вектор управления, функция ограничений, обобщенный метод, динамическое программирование, многовариантность траекторий.

Generalized Method for Inverse Problems of Dynamics. Kharkov V. P. LLC "Experimental laboratory NaukaSoft".

The article considers the problem of control synthesis of multidimensional dynamic systems, whose behavior in the state space is described by ordinary differential equations. The method of inverse dynamics problems is used as a method of control synthesis. The modern interpretation of the problem statement of control synthesis by the classical method of inverse dynamics problems is given. A generalized algorithm of control synthesis, based on the concept of inverse dynamics problems, is presented, and it is shown that it is optimal for linear systems. A number of its advantages are compared with the classical method. The article concludes with an example of the control synthesis by the method of dynamic programming and the proposed method. It is shown that control algorithms for linear systems are identical.

Keywords: dynamic systems, method of inverse dynamics problems, multidimensional control vector, constraint function, generalized method, dynamic programming, multivariance of trajectories.

Введение

В последнее время существенно возрос интерес к методам синтеза управления на основе концепции обратных задач динамики.

Основными работами, побудившими применение этого подхода к решению различных технических задач, являются труды Петрова Б. Н. [1, 2], Крутько П. Д. [3, 4], Попова Е. П. [5].

В зависимости от условий функционирования объекта управления и требований, предъявляемых к системе, можно выделить следующие основные типы задач: стабилизация программного движения; управление с экстремумом принятого функционала качества; адаптивное управление.

Для современного понимания метода обратных задач динамики характерен подход, когда задача синтеза управления формулируется как задача определения управляющих сил, обеспечивающих системе требуемое движение.

Дальнейшее изложение сконцентрируем вокруг процедуры поиска управляющих сил и их ограничений, которые и определяют область применения этого метода.

Классическая постановка задачи синтеза управления

Задача синтеза управления здесь рассматривается в два этапа. Первый этап связан с вычислением некоторой управляющей силы $F(x)$, где x – вектор состояния системы. Вторым этапом предусматривает решение задачи тактической реализации требуемых сил, т. е. определяется управляющая функция $u(t)$.

Как правило, синтез управления рассматривается применительно к объектам с одной степенью свободы. В последнее время появились работы, в которых предлагаемые идеи применяются и к синтезу многомерных систем управления [6,7].

Для решения задачи управления воспользуемся системой с одной степенью свободы, поведение которой в пространстве состояний описывается линейным дифференциальным уравнением

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t), x(t_0) = x_0, \quad (1)$$

где $x(t)$ – n -мерный вектор; $u(t)$ – скалярная управляющая функция; A – известная матрица системы, записанная в форме Фробениуса; b – вектор, все элементы которого, за исключением последнего, равны нулю.

Предполагаем, что система (1) является полностью управляемой и наблюдаемой.

Построим алгоритм управления, при котором движение системы (1) из точки $x(t_0)$ в начало координат осуществляется по траектории

$$x_1^*(t) = \alpha_1 e^{\lambda_1 t} + \alpha_2 e^{\lambda_2 t} + \dots + \alpha_n e^{\lambda_n t}, \quad (2)$$

где $\alpha_j, j=1,2,\dots,n$ – постоянные коэффициенты, значения которых определяются начальными условиями; $\lambda_j, j=1,2,\dots$ – различные известные числа, удовлетворяющие условию $R \in \lambda_j < 0$; $x_1^*(t)$ – выходная координата системы (1).

Для управляемой и наблюдаемой системы (1) можно найти такую управляющую функцию, которая обеспечивает движение из начальной точки $x(t_0) = x_0$ вдоль траектории (2).

Введем вектор $x^*(t)$, состоящий из n компонент, каждая из которых определяется как

$$\dot{x}_1^* = x_2^*, \dot{x}_2^* = x_3^*, \dots, \dot{x}_{n-1}^* = x_n^*.$$

С учетом уравнения (2) в векторной форме решение этой системы имеет вид

$$x^*(t) = \Lambda e^{\lambda_0 t} \alpha, \quad (3)$$

где $\Lambda, \lambda_0, e^{\lambda_0 t}$ – матрицы размерности $(n \times n)$; α – n -мерный вектор.

Запишем $\Lambda, \lambda_0, e^{\lambda_0 t}, \alpha$ в явном виде:

$$\Lambda = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \dots & \lambda_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_1^{n-1} & \lambda_2^{n-1} & \lambda_3^{n-1} & \dots & \lambda_n^{n-1} \end{vmatrix}; \quad \lambda_0 = \begin{vmatrix} \lambda_1 & & & & 0 \\ & \lambda_2 & & & \\ & & \lambda_3 & & \\ & & & \ddots & \\ 0 & & & & \lambda_n \end{vmatrix}; \quad e^{\lambda_0 t} = \begin{vmatrix} e^{\lambda_1 t} & & & & \\ & e^{\lambda_2 t} & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & \ddots & \\ & & & & e^{\lambda_n t} \end{vmatrix}; \quad \alpha = \begin{vmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_n \end{vmatrix}.$$

Управление $u(t)$, обеспечивающее выполнение назначенной траектории движения $x^*(t)$, определяется в виде

$$u(t) = (b_{-1})^T [x^*(t) - Ax(t)],$$

где b_{-1} – вектор, определяемый соответствующими элементами вектора b , причем $b_{-1n} = b_n^{-1}$.

С учетом (3) управление $u(t)$ запишем как

$$u(t) = (b_{-1})^T [\Lambda \lambda_0 - A\Lambda] e^{\lambda_0 t} \alpha.$$

Вектор α , как указывалось выше, определяется из условия того, что траектория движения начинается в точке x_0 , тогда

$$\alpha = \Lambda^{-1} x_0.$$

Следовательно, получим

$$u(t) = (b_{-1})^T [\Lambda \lambda_0 - A\Lambda] e^{\lambda_0 t} \Lambda^{-1} x_0. \quad (4)$$

Существование обратной матрицы Λ^{-1} достигается соответствующим выбором элементов $\lambda_j, j=1,2,\dots,n$. Заметим, что определитель этой матрицы представляет собой определитель Вандермонда и его значение определяется известной формулой

$$\det \Lambda = \prod_{\substack{i=1, j=1 \\ i \neq j}}^n (\lambda_j - \lambda_i).$$

Управление (4) представляет собой программное управление, зависящее от начального рассогласования x_0 , а это значит, что текущее состояние не оказывает влияние на характер процесса управления. Преобразуем программное управление (4) к виду управления с обратной связью.

Из (3) следует равенство

$$e^{\lambda t} \alpha = \Lambda^{-1} x^*(t),$$

справедливо при условии точного отслеживания заданной траектории, когда $x^*(t) = x(t)$, тогда имеем

$$u(t) = (b_{-1})^T [\Lambda \lambda_0 - A\Lambda] \Lambda^{-1} x(t). \quad (5)$$

Управление (5) обеспечивает замкнутой системе (1) движение вдоль заданной траектории в соответствии с уравнением

$$\dot{x}(t) = A\lambda x(t),$$

где $A\lambda$ – матрица, имеющая форму матрицы Фробениуса. Причем элементы последней строки сформированы из соответствующих элементов $\lambda_j, j=1,2,\dots,n$.

Изложенный подход позволяет синтезировать управление и для нелинейных систем [4, 8].

В общем случае решение задачи здесь аналогично решению, рассмотренному выше. Наиболее актуальным в нелинейной постановке является вычисление управляющей функции $u(t)$ по известной управляющей силе. Рассмотрим объект управления, поведение которого в пространстве состояний описывается нелинейным дифференциальным уравнением. Пусть для определенности задано одномерное дифференциальное уравнение второго порядка вида

$$\frac{d^2 x(t)}{dt^2} + a(x) \frac{dx(t)}{dt} + b(x)x(t) = f(x, \dot{x}, u), \quad x(0) = x_0, \quad (6)$$

Назначенная траектория движения определяется согласно общепринятым положениям в виде

$$x^*(t) = \beta_1 \exp(\lambda_1 t) + \beta_2 \exp(\lambda_2 t). \quad (7)$$

Программный закон изменения управляющей силы согласно (6) и (7) определяется уравнением

$$f^*(t) = \varphi(\lambda_1) \beta_1 \exp(\lambda_1 t) + \varphi(\lambda_2) \beta_2 \exp(\lambda_2 t), \quad (8)$$

где $\varphi(\lambda_j)$, $j = 1, 2$ - полином второго порядка.

$$\varphi(\lambda) = \lambda^2 + a(x)\lambda + b(x).$$

Из условия согласования назначенной траектории (7) с начальными условиями системы (6) имеем

$$\beta_1 + \beta_2 = x_0; \quad \beta_1 \lambda_1 + \beta_2 \lambda_2 = \dot{x}_0 \quad \text{или} \quad \beta_1 = \frac{\lambda_2 x_0 - \dot{x}_0}{\lambda_2 - \lambda_1}; \quad \beta_2 = -\frac{\lambda_1 x_0 - \dot{x}_0}{\lambda_2 - \lambda_1}.$$

Выразим закон изменения управляющей силы $f^*(t)$ в виде функции, зависящей от фазовых координат системы (6). Для этого в (8) необходимо $\beta_j \exp(\lambda_j t)$, $j = 1, 2$ представить в виде функций координат системы. Из равенства $x(t) = x^*(t)$ имеем

$$\beta_1 \lambda_1 \exp(\lambda_1 t) + \beta_2 \lambda_2 \exp(\lambda_2 t) = \dot{x}(t). \quad (9)$$

Решая (7) и (9) относительно искомых величин, получим

$$\beta_1 \exp(\lambda_1 t) = \frac{\lambda_2 x - \dot{x}}{\lambda_2 - \lambda_1}; \quad \beta_2 \exp(\lambda_2 t) = \frac{\lambda_1 x - \dot{x}}{\lambda_2 - \lambda_1}.$$

Тогда (8) можно записать в виде

$$f^*(x, \dot{x}) = [b(x) - \lambda_1 \lambda_2] x(t) + [a(x) - (\lambda_1 + \lambda_2)] \dot{x}(t). \quad (10)$$

Из (10) следует, что, как и в линейном случае, при условии идеального воспроизведения управляющей силы уравнение замкнутой системы нелинейного объекта имеет вид

$$\ddot{x}(t) + (\lambda_1 + \lambda_2) \dot{x}(t) + \lambda_1 \lambda_2 x(t) = 0.$$

Задача практической реализации управляющей силы (10) связана с определением явной функции $u(f^*)$. Решение $u(f^*)$ может быть найдено из условия равенства правой части уравнения (6) и управляющей силы $f^*(x, \dot{x})$, т. е.

$$f(x, \dot{x}, u) = f^*(x, \dot{x}). \quad (11)$$

Если функция $f(x, \dot{x}, u)$ однозначно связана $u(t)$, то для любого значения t существует равенство

$$u^*(t) = f^{-1}(f^*), \quad (12)$$

где $f^{-1}(\bullet)$ – обратная функция к $f(\bullet)$.

Однако существует широкий класс систем, когда аналитическое выражение для $u^*(t)$ в виде (12) получить практически не удается.

Рассмотрим один из подходов к определению $u(t)$.

Управляющая функция, как следует из (11), является функцией фазовых координат объекта. Это значит, что скорость изменения $u^*(t)$ будет определяться динамическими характеристиками системы. Введем понятие «виртуального» объекта, под которым будем понимать объект с выходной координатой $u^*(t)$, а входной – управляющую силу $f^*(x, \dot{x})$. Аппроксимируем динамические свойства «виртуального» объекта стохастическим дифференциальным уравнением. Порядок этого уравнения

зависит как от точности представления динамических характеристик, так и от динамических свойств реального объекта. Для определённости полагаем, что

$$\dot{u}^*(t) = \xi_u(t), \quad (13)$$

где $\xi_u(t)$ – случайный стационарный процесс типа белого шума с интенсивностью Q_u и $M[\xi_u(t)] = 0$.

Значение, вычисленное согласно выражению для $f(x, \dot{x}, u)$ будем интерпретировать как измерение координат состояния системы (13) на основе измерений координат системы (6) $x(t)$ и $\dot{x}(t)$ реальными датчиками, обладающими шумами,

$$z(t) = f(x, \dot{x}, u^*) + \xi_z(t), \quad (14)$$

где $\xi_z(t)$ – случайный процесс, удовлетворяющий условиям

$$M[\xi_z(t)] = 0; \quad M[\xi_z(t_1)\xi_z(t_2)] = R\delta(t_1 - t_2),$$

где $\delta(t_1 - t_2)$ – дельта функция.

Задачу вычисления управляющей функции с учетом уравнений (12) и (14) сформулируем в терминах оптимальной фильтрации: необходимо найти оптимальную оценку вектора состояния системы (12) по известным значениям измерений (14). В качестве оптимальной оценки вектора состояния системы (13) принимаем его условное математическое ожидание:

$$\hat{u} = M[u/z],$$

которое, как известно, реализует минимум среднего квадрата ошибки [9].

Алгоритм определения управляющей силы согласно [9] имеет вид:

$$\begin{aligned} \dot{\hat{u}}(t) &= k(z(t) - f(x, \dot{x}, \hat{u})), \\ k(t) &= P(t)H(t)R^{-1}(t), \quad H(t) = \frac{\partial f(x, \dot{x}, u)}{\partial u}, \\ \dot{P}(t) &= -k(t)Rk^T(t) + Q_u(t). \end{aligned} \quad (15)$$

Для стационарного режима, когда $\dot{P}(t) = 0$, уравнения системы (15) приобретают более простой вид. Учитывая равенство (13) и допущение о стационарном режиме работы фильтра, имеем

$$\frac{du(t)}{dt} = k(t)[f^*(x, \dot{x}) - f(x, \dot{x}, \hat{u})], \quad (16)$$

где $k = \sqrt{Q_u R^{-1}}$.

Зависимость коэффициента усиления системы (16) от характеристик измерительной системы и «обобщённого» объекта позволяет оптимальным образом учитывать их в алгоритме оценивания. В заключение следует отметить, что метод обратных задач динамики в классической постановке задачи обеспечивает синтез алгоритмов управления, удовлетворяющих заданным требованиям, при условии адекватности математических моделей. В известных вариациях метода синтеза управления на основе обратных задач динамики класс желаемых траекторий достаточно ограничен. Кроме того, аппарат синтеза достаточно хорошо развит только для одномерных систем специального вида. Все это накладывает определенные ограничения на практическое использование уже известных и достаточно хорошо апробированных алгоритмов управления.

В настоящее время методы синтеза управления на основе концепции обратных задач развиваются как в теоретическом, так и в практическом аспектах. Одно из направлений развития этой концепции является разработка способа синтеза управления для многомерных нелинейных систем и произвольного класса желаемых траекторий движения, удовлетворяющих экстремальному значению назначенных функционалов качества.

Обобщённый метод обратных задач динамики

Пусть динамическая система описывается дифференциальным уравнением вида

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x, u, t), \quad (17)$$

где u – m -мерный вектор управления; $x(t)$ – n -мерный вектор состояния системы; $f(\bullet)$ – известная векторозначная функция, непрерывная и дифференцируемая необходимое число раз по своим аргументам.

Требуется найти управление $u(t)$, доставляющее экстремум функционалу

$$I = \int_{t_0}^{t_f} L(x, u) dt, \quad (18)$$

где $L(x, u)$ – положительно-полуопределенная функция; t_0, t_f – начальный и конечный моменты работы системы.

Введём дополнительное условие в виде некоторого соотношения между компонентами вектора состояния, которые должны выполняться вдоль траектории движения системы (17), в виде

$$F(x, y_{ж}) = 0, \quad (19)$$

где $F(\bullet)$ – непрерывная m -мерная вектор-функция, дифференцируемая n раз, $y_{ж}(t)$ – m -мерный заданный процесс.

Если в начальный момент времени условие (19) не выполняется, то в силу инерционности объекта управления данное условие заменяется на условие вида

$$\lim_{t \rightarrow \infty} F(x, y_{ж}) = 0. \quad (20)$$

Для определенности дальнейших рассуждений полагаем, что функция $F(\bullet)$ имеет вид

$$F(x, y_{ж}) = x_1(t) - y_{ж1}(t), \quad (21)$$

где $x_1(t), y_{ж1}(t)$ – векторы размерности m .

С учетом требования аналитической связи управления и контролируемых координат будем полагать, что закон изменения (20) функции (21) определяется в виде линейного однородного дифференциального уравнения в общем случае n -го порядка

$$F^{(n)}(x_1, y_{ж}) + \lambda_{n-1} F^{(n-1)}(x_1, y_{ж}) + \dots + \lambda_0 F(x_1, y_{ж}) = 0, \quad (22)$$

где $\lambda_j, j = 0, 1, \dots, n-1$ – любые положительные числа, обеспечивающие устойчивость системы. Для простоты дальнейшего изложения закон (22) принят линейным. Заметим, что линейная форма (22) позволяет решить данное уравнение в аналитическом виде вне зависимости вида уравнения системы (17).

Подставляя (21) в (22) с учётом (17), получаем дифференциальное уравнение m -го порядка относительно $u(t)$.

$$B_l + \lambda_{l-1} B_{l-1} + \dots + \lambda_1 B_1 + \lambda_0 F(x, y_{ж}) = \sum_{j=1}^l \gamma_j, \quad (23)$$

$$B_1 = Id(F(x, y_{ж}));$$

$$B_2 = Id(Id(F(x, y_{ж}))) = Id(B_1);$$

...

$$B_l = Id(Id(Id \dots Id(F(x, y_{ж}))) \dots) = Id(B_{l-1}),$$

где $Id(\bullet)$ – оператор дифференцирования, определяемый в виде:

$$Id(F(x, y_{ж})) = \frac{d}{dt} F(x, y_{ж}) = F'_x f(x, y);$$

$$Id(Id(F(x, y_{ж}))) = F'_x \left[\frac{\partial f(x, u)}{\partial x} f(x, u) + \frac{\partial f(x, u)}{\partial u} V' \right];$$

...

$$\gamma_j = \lambda_j y_{ж}^{(j)}, j = 1, 2, \dots, \lambda_l = E.$$

Таким образом, закон управления, удовлетворяющий условию (22), определяется решением уравнения (23) относительно искомой функции $u(t)$. Для нахождения управления в некоторых случаях может быть предложен способ, не требующий явного разрешения уравнения (23) относительно $u(t)$. Обозначим:

$$Q(x, u, \dots, u^{(l-1)}) = \sum_{j=1}^l (\lambda_j B_j - \gamma_j) + \lambda_0 F(x, y_{ж}),$$

тогда

$$Q'(x, u, \dots, u^{(l-1)}) = \frac{\partial Q}{\partial x} f(x, u) + \sum_{j=0}^{l-1} \frac{\partial Q}{\partial u^{(j)}} u^{(j+1)}. \quad (24)$$

Если существует $\frac{\partial Q}{\partial u^{(l-1)}}$, то уравнение (24) переписывается в виде

$$u^{(l-1)} + \alpha_{l-2} u^{(l-2)} + \dots + \alpha_1 u = - \left(\frac{\partial Q}{\partial u^{(l-1)}} \right)^{-1} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} \right) f(x, u).$$

Представим векторное уравнение l -порядка в виде системы Коши размерности $(m \times l)$

$$\dot{\hat{u}}(t) = \hat{b}\hat{u}(t) + \hat{G}\hat{z}(t), \quad (25)$$

где \hat{b} – числовая матрица, записанная в форме матрицы Фробениуса, причем ненулевые элементы последних m строк составлены из матриц $\alpha_j, j=1, 2, \dots, l-1$; \hat{G} – матрица; $\hat{z}(t)$ – правая часть исходного уравнения, $\hat{u}(t)$ – вектор размерности $(m \times l)$, первые m -компонент которого и определяют искомое управление.

Таким образом, если начальное управление $u(t_0)$ выбрано так, что $Q(x(t_0), u(t_0), \dots, u^{(l-1)}(t_0)) = 0$, то решение $\hat{u}(t)$ уравнения (25) удовлетворяет в каждый момент времени уравнению (22). Естественно, что описанный способ вычисления управления $u(t)$ обеспечивают выполнение условия (20) по каждой управляемой координате

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (x_j - y_{жi}) = 0, \quad j = n_1, n_2, \dots, n_m; \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Для некоторого класса задач функцию $F(x, y_{ж})$ можно выбрать так, что аналитическая связь между регулируемой координатой и управлением обеспечивается уже при решении уравнения

$$\dot{F}(x, y_{ж}) + \lambda_0 F(x, y_{ж}) = 0.$$

Тогда уравнение (25) запишется в виде

$$\dot{u} = - \left(\frac{\partial Q}{\partial u} \right)^{-1} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} \right) f(x, u).$$

В заключение отметим, что управление $u(t)$, синтезированное согласно предложенному методу, является параметрической функцией $\lambda_j, j=0, 1, \dots, l-1$, которое для нелинейной и линейных замкнутых систем обеспечивает представление математической модели управляемого процесса уравнением вида

$$\dot{x}(t) = A\lambda x(t), \quad (26)$$

На этом первый этап синтеза управления закончен. Второй этап синтеза управления связан с поиском коэффициентов $\lambda_j, j=0, 1, \dots, n-1$. В общем случае подынтегральную функцию $L(x, u)$ в (18) можно представить в виде суммы двух слагаемых

$$L(x, u) = L_1(x, u) + L_2(u), \quad (27)$$

$L_1(\bullet)$ и $L_2(\bullet)$ – положительно-полуопределенные функции. Обычно функция L_1 является функцией только аргумента x . Из уравнений (25) и (26) следует, что и управление $u(t)$, и вектор состояния $x(t)$ представляет собой функции, зависящие от вектора параметров λ и координат системы x_λ

Это значит, что функционал качества (18) с подынтегральной функцией (27) может быть представлен в виде

$$I(\lambda) = \varphi(\lambda), \quad (28)$$

где $\varphi(\lambda)$ – положительно-полуопределенная функция аргументов $\lambda_j, j=0, 1, \dots, n-1$. Кроме того, $\varphi(\lambda)$ – непрерывная и дифференцируемая функция своих аргументов. Тогда, учитывая свойства функции $\varphi(\lambda)$, процедуру поиска минимума $I(\lambda)$, а следовательно, и $u(t)$ можно свести к решению системы нелинейных уравнений вида

$$\frac{\partial \varphi(\lambda)}{\partial \lambda_j} = 0, \quad j = 0, 1, 2, \dots, n-1. \quad (29)$$

Пример. Покажем справедливость этих утверждений на конкретном примере для линейного объекта. Пусть

$$\frac{\partial x}{\partial t} = ku,$$

где $x(t)$ и $u(t)$ – скалярные функции.

Требуется найти $u(t)$ из условия минимума функционала

$$I = \frac{1}{2} \int_0^T (a^2 x^2 + b^2 u^2) dt.$$

В данном случае желаемый выходной сигнал равен нулю, следовательно, цель управления заключается в том, чтобы вернуть систему из произвольного состояния $x(0)$ в состояние равновесия $x=0$ с минимальной затратой энергии.

Решение этой задачи, например, методом динамического программирования определяется уравнением [9]

$$u_0(t) = -\frac{a}{b} \operatorname{th} \left(\frac{ak}{b} (T-t) \right) x(t).$$

Для стационарного режима, когда T достаточно велико, имеем

$$u_1(t) = -ab^{-1}x(t).$$

Получим управление $u_2(t)$ для рассмотренной постановки задачи методом обратных задач динамики. Введем $F(x, y_{\text{ж}}) = x(t)$. Из условия связи функции $F(\bullet)$ с управлением получаем

$$ku_2 + \lambda_0 x = 0.$$

Запишем последнее уравнение в виде

$$u_2(t) = -\frac{\lambda_0}{k} x(t).$$

Значение λ_0 определяется из условия

$$I = \min_{\lambda_0} \int_0^T (a^2 x^2(t) + b^2 u^2(t)) dt. \quad (30)$$

Решая (30) при условии, что $x(t) = x_0 e^{-\lambda_0 t}$, получим

$$\lambda_0 = \frac{ak}{b}.$$

Итак, имеем

$$u_2(t) = -ab^{-1}x(t).$$

Из сравнения управлений $u_1(t)$ и $u_2(t)$ следует, что замкнутые системы обладают одинаковыми свойствами и обеспечивают $\min I(x, u)$.

Выводы

Замкнутая система управления, во-первых, является линейной, во-вторых, в рамках принятых допущений является субоптимальной, а для линейной исходной системы – оптимальной. Вид системы определяется видом уравнения (22). Характеристики системы определяются параметрами λ и не зависят от свойств исходной системы.

Литература

1. Петров Б. Н., Крутько П. Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Нелинейные модели. – Техническая кибернетика. – 1989, № 5. – С. 149–155.
2. Петров Б. Н., Крутько П. Д., Попов Е. П. Построение алгоритмов управления как обратная задача динамики // ДАН СССР. – 1979. – Т. 247, № 5.
3. Крутько П. Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Линейные модели. – М.: Наука, 1987.
4. Крутько П. Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Нелинейные модели. – М.: Наука, 1988.
5. Крутько П. Д., Попов Е. П. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов и обратные задачи динамики управляемых систем // Изв.АН СССР. Техническая кибернетика. – 1982, № 3. – С. 182–193.
6. Харьков В. П. Структурно – параметрический метод синтеза управления динамическими системами // Изв.АН СССР. Техническая кибернетика. – 1991, № 2. – С. 74–83.

7. Харьков В. П. Синтез алгоритмов систем автоматического управления скоростью полета ЛА. – В сб.: Математическое обеспечение БЦВМ в задачах управления, оценивания и идентификации. Научно – методические материалы. – М.: ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1989. – С. 156–168.

8. Крутько П. Д. Конструирование алгоритмов управления нелинейными объектами на основе концепции обратных задач динамики. – Техническая кибернетика. 1986, № 6. – С. 129–138.

9. Кочетков Ю. А., Кулифеев Ю. Б., Подобедов В. А. Математические модели датчиков. – В сб.: Исследования по аэроавтотупругости. Вып.1380. – М.: ВВИА им.Н. Е. Жуковского, 1978, С. 69–84.

ЛЕТНАЯ ОТРАБОТКА ИНЕРЦИАЛЬНО-СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БИНС-500НС ЗА ПОЛЯРНЫМ КРУГОМ

Чернодаров А. В., Патрикеев А. П.

ООО «Экспериментальная мастерская «НаукаСофт», Москва, Россия, e-mail: contacts@xlab-ns.ru

Рассматриваются особенности реализации режимов работы бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) в полярных условиях применения. Объектом исследований является БИНС на волоконно-оптических гироскопах. Предлагаются подходы к повышению точностных характеристик таких БИНС, основанные на использовании геофизических инвариантов и комплексной обработки соответствующих наблюдений. Приводятся и анализируются результаты натурной отработки представленной в работе БИНС.

Ключевые слова: инерциальная навигационная система; начальная выставка; высокие широты, спутниковая навигационная система; фильтр Калмана.

Flight Development of the SINS-500NS Inertial Satellite Navigation System Beyond the Arctic Circle. Chernodarov A. V., Patrikeev A. P. “LLC “Experimental laboratory NaukaSoft”.

Basic features of implementing the modes of operation of a strapdown inertial navigation system (SINS) under polar application conditions are considered. The above-mentioned SINS based on fiber-optic gyros has been the object of our studies. Approaches to the raising of the accuracy characteristics of such SINSs are proposed, which are based on the use of geophysical invariants and on the integrated processing of the appropriate observations. The results of natural development of the SINS presented in this paper are given and analyzed.

Keywords: inertial navigation system, initial alignment, high latitudes, satellite navigation system, Kalman filter.

Введение

В настоящее время актуальной остается проблема улучшения точностных характеристик бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) при их эксплуатации в высоких широтах. Это связано со следующими особенностями эксплуатации БИНС в таких условиях: отсутствие геодезически оборудованных площадок; необходимость выполнения автономной начальной выставки при небольших значениях горизонтальных проекций вектора угловой скорости Земли; вырожденность традиционных уравнений навигации; существенные колебания конструкции подвижного объекта, например, вертолета. Поэтому начальная выставка в таких условиях только методом гирокомпасирования может оказаться неэффективной. Традиционные подходы к решению указанной проблемы связаны с выбором систем координат [1,2] и использованием внешней по отношению к БИНС информации [3].

Цель работы – повышение точностных характеристик БИНС в высоких широтах на основе новых подходов к счислению параметров движения, использования инвариантов и внешней информации.

Достижение поставленной цели опирается на применение комбинированных процедур начальной выставки (НВ) и довыставки БИНС, основанных на объединении возможностей методов гирокомпасирования, векторного согласования и оптимального оценивания.

Инерциально-спутниковая навигационная система БИНС-500НС как объект исследований

В работе объектом исследований являлась модернизированная инерциально-спутниковая навигационная система БИНС-500НС [4] (см. рис. 1) разработки ООО «Экспериментальная мастерская «Наука-Софт» (Москва). Инерциальный измерительный модуль (ИИМ) системы БИНС-500НС выполнен на базе волоконно-оптических гироскопов (ВОГ) разработки НПК «Оптолинк» (Зеленоград). Частота обновления и регистрации данных на встроенную в систему флэш-память для ИИМ - 1кГц, для спутниковой навигационной системы (СНС) и других внешних наблюдений 1Гц. Рассматриваемые в

работе технологические решения реализованы на операционной системы реального времени Linux, поддерживающей модульную архитектуру построения БИНС. Наличие встроенной флэш-памяти позволило получить и проанализировать зарегистрированные данные с учетом реальных условий эксплуатации. Кроме того, это позволило модернизировать и исследовать программно-математическое обеспечение (ПМО) на множестве траекторий и разработанных алгоритмов.

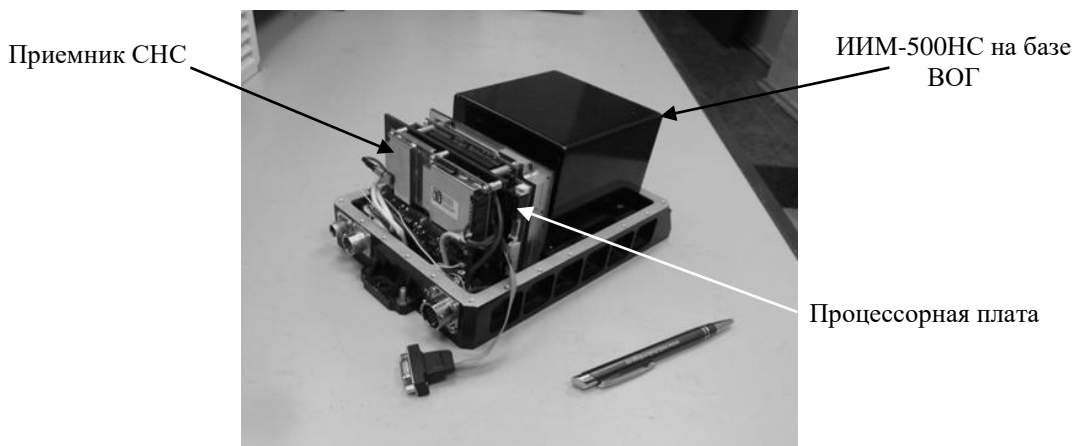


Рисунок 1 – Инерциально-спутниковая навигационная система БИНС-500НС

Были реализованы и исследованы следующие режимы работы БИНС, учитывающие уменьшение наблюдаемости азимутальной ошибки БИНС с увеличением широты места.

Грубая начальная выставка системы БИНС-500НС выполняется методом гирокомпасирования с использованием сигналов инерциальных чувствительных элементов (ЧЭ): гироскопов и акселерометров. Особенности реализации указанного режима: первичная обработка сигналов ЧЭ с применением комбинированной цифровой фильтрации [5]; защита сигналов ЧЭ от сбоев с применением комбинированных критериев согласия [6]. Адаптивная настройка параметров цифрового фильтра в частотной области позволяет учесть спектральные характеристики колебаний объекта. В работе таким объектом являлся вертолет.

Точная начальная выставка системы БИНС-500НС выполняется с использованием геофизических инвариантов и фильтра Калмана. Инвариантами являются физические величины, значения которых априорно известны и не изменяются во времени и в пространстве. Такими инвариантами являются угловая скорость вращения Земли и неподвижность основания БИНС в процессе начальной выставки. Особенность указанного режима связана с реализацией «псевдосчисления» параметров ориентации и навигации по сигналам ЧЭ при неподвижном основании системы. С учетом необходимости применения БИНС в высоких широтах такое счисление реализовано на основе кватернионной модификации всеширотного алгоритма счисления [2]

$$\dot{\bar{q}}_0 = \Pi_0 \bar{q}_0; \quad \dot{\bar{p}}_1 = \Pi_1 p_1, \quad (1)$$

где $\bar{q}_0 = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$ – кватернион, характеризующий угловую ориентацию связанной с ИИМ системы координат $oxuz$ относительно инерциальной $Ox_n Y_n Z_n$; $\bar{p}_1 = \{p_0, p_1, p_2, p_3\}$ – кватернион, характеризующий угловую ориентацию свободного в азимуте опорного навигационного трехгранника $o\xi\eta\zeta$ относительно земной геоцентрической системы координат $Ox_3 Y_3 Z_3$;

$$\Pi_0 = \begin{bmatrix} 0 & -\dot{\theta}_x & -\dot{\theta}_y & -\dot{\theta}_z \\ \dot{\theta}_x & \dots & \dots & \dots \\ \dot{\theta}_y & \vdots & \tilde{\Pi}_0 & \vdots \\ \dot{\theta}_z & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}; \quad \Pi_1 = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_\xi & -\omega_\eta & -\omega_\zeta \\ \omega_\xi & \dots & \dots & \dots \\ \omega_\eta & \vdots & \tilde{\Pi}_1 & \vdots \\ \omega_\zeta & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix};$$

$$\tilde{\Pi}_0 = \begin{bmatrix} 0 & \dot{\theta}_z & -\dot{\theta}_y \\ -\dot{\theta}_z & 0 & \dot{\theta}_x \\ \dot{\theta}_y & -\dot{\theta}_x & 0 \end{bmatrix}; \quad \tilde{\Pi}_1 = \begin{bmatrix} 0 & \omega_\zeta & -\omega_\eta \\ -\omega_\zeta & 0 & \omega_\xi \\ \omega_\eta & -\omega_\xi & 0 \end{bmatrix};$$

$\dot{\bar{\Theta}} = [\dot{\Theta}_x \quad \dot{\Theta}_y \quad \dot{\Theta}_z]^T$ – вектор выходных сигналов ВОГ; $\bar{\omega} = [\omega_\xi \quad \omega_\eta \quad \omega_\zeta]^T$ – вектор угловой скорости вращения опорного трехгранника $o\xi\eta\zeta$ в геодезической системе координат [2]. Причем при счислении координат для свободного в азимуте трехгранника $\omega_\zeta = 0$. Элементы вектора $\bar{\omega}$ определяются по проекциям V_ξ, V_η, V_ζ вектора относительной скорости \bar{V} из решения основного уравнения инерциальной навигации [2]

$$\dot{\bar{V}} = C_3^T \bar{a} + \bar{g} - 2\bar{\Omega} \times \bar{V} - \bar{\omega} \times \bar{V} - \bar{\Omega} \times (\bar{\Omega} \times \bar{R}), \quad (2)$$

где $\bar{a} = [a_x \quad a_y \quad a_z]^T$ – вектор выходных сигналов акселерометров; $\bar{g} = [g_\xi \quad g_\eta \quad g_\zeta]^T$ – вектор гравитационного ускорения; $\bar{\Omega} = [\Omega_\xi \quad \Omega_\eta \quad \Omega_\zeta]^T$ – вектор угловой скорости вращения Земли; $\Omega = \|\bar{\Omega}\|_2^2$; $\bar{R} = [0 \quad 0 \quad R]^T$ – радиус-вектор местоположения ИИМ; (\times) – оператор векторного произведения; C_3 – матрица направляющих косинусов (МНК), характеризующая угловую ориентацию связанной с ИИМ системы координат относительно опорного трехгранника $o\xi\eta\zeta$. Кроме того, по элементам данных кватернионов определяются углы ориентации ψ, ϑ, γ ИИМ относительно сопровождающего трехгранника $oENH$ геодезической системы координат, а также геодезические широта φ , долгота λ и азимут A трехгранника $o\xi\eta\zeta$ относительно репера $oENH$

$$\varphi = \arctg[(p_0^2 + p_3^2 - 0.5) / \sqrt{(p_0^2 + p_3^2)(p_1^2 + p_2^2)}];$$

$$\lambda = \arctg[(p_2 p_3 - p_0 p_1) / (p_1 p_3 + p_0 p_2)];$$

$$A = \arctg[(p_0 p_2 - p_1 p_3) / (p_2 p_3 + p_0 p_1)].$$

Наблюдения инвариантов имеют следующий вид

$$z_{\Theta(i)} = C_{0(i)}^T \int_{t_{i-1}}^{t_i} \dot{\bar{\Theta}}(\tau) d\tau - [0:0:\Omega \Delta t_i]^T; \quad (3)$$

$$z_{k(i)} = [\varphi_i \lambda_i h_i]^T_{\text{БИНС}} - [\varphi_i \lambda_i h_i]^T_{\text{ТНВ}}; \quad (4)$$

$$z_{v(i)} = [V_\xi V_\eta V_\zeta]^T_{(i)\text{БИНС}}; \quad (5)$$

где ТНВ – обозначение точки начальной выставки; φ_i, λ_i – геодезические широта и долгота местоположения БИНС; $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ – шаг наблюдения; C_0 – МНК, характеризующая угловую ориентацию связанной с ИИМ системы координат относительно инерциальной.

Вектор ошибок БИНС включает 18 параметров, а именно: ошибки счисления составляющих вектора относительной скорости, ошибки счисления элементов кватернионов навигации и ориентации, угловые дрейфы ВОГ, смещения акселерометров и ошибку счисления высоты относительно земного эллипсоида. Для повышения оперативности оценивания ошибок БИНС рассматривалось также наблюдение приращений скорости

$$Z_{\Delta V(i)} = [V_\xi V_\eta V_\zeta]^T_{(i)\text{БИНС}} - [V_\xi V_\eta V_\zeta]^T_{(i-k)\text{БИНС}}. \quad (6)$$

Режим автономной довыставки системы БИНС-500НС предусматривает уточнение угловой ориентации ИИМ и дрейфов ЧЭ на подвижном основании. Традиционно для этого используются датчики внешней по отношению к БИНС информация (ДВИ). В работе задачу довыставки предлагается решать без использования ДВИ. В качестве внешней информации предлагается использовать инварианты. Такие инварианты могут быть сформированы путем модернизации наблюдения (3) для подвижного основания

$$z_{\Theta(i)} = \int_{t_{i-1}}^{t_i} \{C_{0(i)}^T \dot{\bar{\Theta}}(\tau) d\tau - C_{1(i)}^T [\bar{\omega}_i(\tau) + \dot{\bar{\delta}}_i(\tau)] d\tau - [0:0:\Omega \Delta t_i]^T\}, \quad (7)$$

где C_1 – МНК, характеризующая угловую ориентацию опорного трехгранника $o\xi\eta\zeta$ относительно инерциальной системы координат; $\dot{\bar{\delta}} = [\dot{\delta}_\xi \dot{\delta}_\eta \dot{\delta}_\zeta]^T$ – вектор угловой скорости вращения ИИМ относительно опорного трехгранника;

$$\dot{\delta}_\xi = \dot{\vartheta} \cos \psi_\Gamma - \dot{\gamma} \sin \psi_\Gamma \cos \vartheta; \quad (8)$$

$$\dot{\delta}_\eta = \dot{\mathcal{G}} \sin \psi_\Gamma + \dot{\gamma} \cos \psi_\Gamma \cos \mathcal{G}; \quad (9)$$

$$\dot{\delta}_\zeta = \dot{\psi}_\Gamma + \dot{\gamma} \sin \mathcal{G}. \quad (10)$$

Углы ориентации ψ_Γ , \mathcal{G} , γ определяются по элементам матрицы $C_3 = C_0^T C_2^T C_1^T$, а их производные – из решения следующих уравнений

$$\dot{C}_3 = \dot{C}_0 C_2^T C_1^T + C_0 \dot{C}_2^T C_1^T + C_0 C_2^T \dot{C}_1^T; \quad (11)$$

$$\dot{C}_0 = \tilde{\Pi}_0 C_0; \quad \dot{C}_1(t) = \tilde{\Pi}_1 C_1, \quad (12)$$

где
$$C_2 = \begin{bmatrix} \cos \Omega t & \sin \Omega t & 0 \\ -\sin \Omega t & \cos \Omega t & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$\mathcal{G} = \arctg \frac{C_{3(23)}}{\sqrt{C_{3(13)}^2 + C_{3(33)}^2}}; \quad \gamma = \arctg \left[-\frac{C_{3(13)}}{C_{3(33)}} \right]; \quad \psi_\Gamma = \arctg \left[-\frac{C_{3(21)}}{C_{3(22)}} \right];$$

t – время функционирования БИНС; C_0 и C_1 – МНК, определяемые по элементам кватернионов \bar{q}_0 и \bar{p}_1 , а их производные – из уравнений (12); $C_{3(ij)}$ – элементы МНК C_3 .

Навигационная задача в системе БИНС-500НС реализуется в инерциальном и инерциально-спутниковом режимах. В обоих режимах решаются уравнения (1), (2), (7), а в инерциально-спутниковом режиме – дополнительно формируются и обрабатываются с помощью фильтра Калмана следующие наблюдения

$$z_{k(i)} = [\varphi_i \lambda_i h_i]_{\text{БИНС}}^T - [\varphi_i \lambda_i h_i]_{\text{СНС}}^T;$$

$$z_{V(i)} = C_4^T [V_\xi V_\eta V_\zeta]_{\text{БИНС}}^T - [V_E V_N V_H]_{\text{СНС}}^T,$$

где $C_4 = C_2$ при замене $\Omega \Delta t = A$.

Анализ результатов летной отработки системы БИНС-500НС

Летные эксперименты проводились на вертолете за полярным кругом ($\varphi > 69^\circ$). Результаты сравнительного анализа получены на основе числения параметров движения по зарегистрированным сигналам ИИМ и данным от СНС [4]. Циклограмма работы системы: грубая НВ (ГНВ); точная НВ (ТНВ); навигационный режим ($t > 860$ с). На рис 2,3 представлены круговые позиционные ошибки системы БИНС–500НС в инерциальном режиме: на рис.2 – только после грубой НВ; на рис. 3 – после точной НВ, довыставки и компенсации оценок дрейфов ЧЭ, где

$$\Delta S = \sqrt{\delta_\varphi^2 + \delta_\lambda^2}; \quad \delta_\lambda = (\lambda_{\text{БИНС}} - \lambda_{\text{СНС}}) R \cos \varphi_{\text{СНС}}; \quad \delta_\varphi = (\varphi_{\text{БИНС}} - \varphi_{\text{СНС}}) R; \quad R - \text{радиус-вектор БИНС.}$$

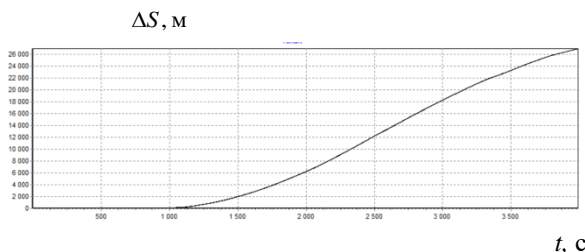


Рисунок 2 – Позиционная ошибка в инерциальном режиме после грубой НВ ($0 < t_{\text{ГНВ}} \leq 860$ с)

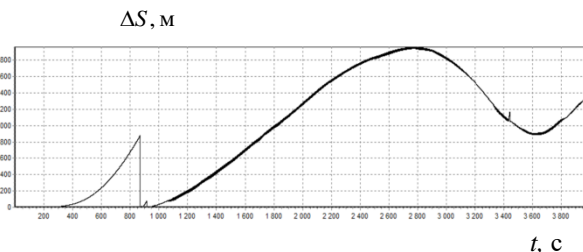


Рисунок 3 – Позиционная ошибка в инерциальном режиме после точной НВ ($t_{\text{ГНВ}} = 0 \div 190$ с; 190 с $< t_{\text{ТНВ}} \leq 860$ с)

Можно видеть, что реализация выставки и довыставки БИНС по наблюдениям инвариантов (3) – (7) позволила не менее чем на порядок уменьшить круговую ошибку БИНС в автономном режиме навигации. На рис 4,5 представлены круговые позиционные ошибки системы БИНС–500НС в инерциально-спутниковом режиме после ТНВ: на рис. 4 – с учетом списания оценок всего вектора ошибок БИНС; на рис. 5 – с учетом списания только оценок дрейфов ЧЭ. Некоторые результаты оценивания дрейфов ЧЭ показаны на следующих рисунках: на рис. 6 – оценка остаточного дрейфа ВОГ o_x ; на рис. 7 – оценка остаточного смещения акселерометра o_x .

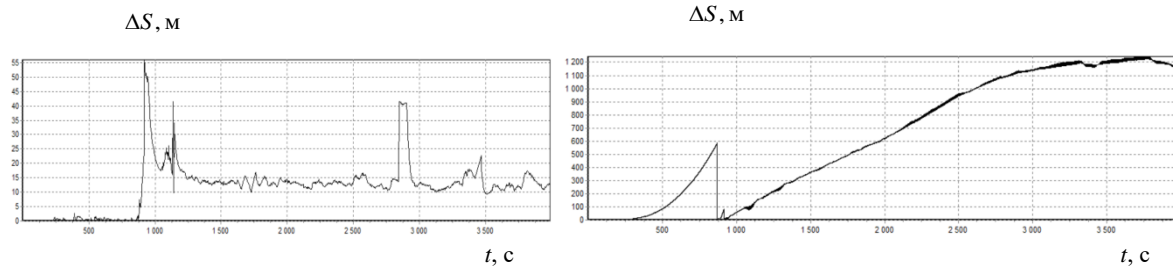


Рисунок 4 – Позиционная ошибка в инерциально-спутниковом режиме с учетом списания оценок всего вектора ошибок

$$(t_{\text{ТНВ}} = 0 \div 190 \text{ с}; 190 \text{ с} < t_{\text{ТНВ}} \leq 860 \text{ с};$$

$$t_{\text{БИНС+СНС}} > 860 \text{ с})$$

Рисунок 5 – Позиционная ошибка в инерциально-спутниковом режиме с учетом списания оценок дрейфов ЧЭ

$$(t_{\text{ТНВ}} = 0 \div 190 \text{ с}; 190 \text{ с} < t_{\text{ТНВ}} \leq 860 \text{ с})$$

$$t_{\text{БИНС+СНС}} > 860 \text{ с})$$

$\Delta\hat{\omega}_x$, угл. град./ч

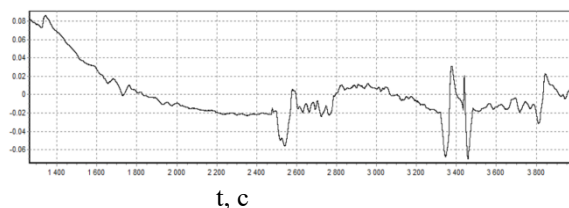


Рисунок 6 – Оценка остаточного дрейфа ВОГ o_x

$\Delta\hat{a}_x$, м/с²

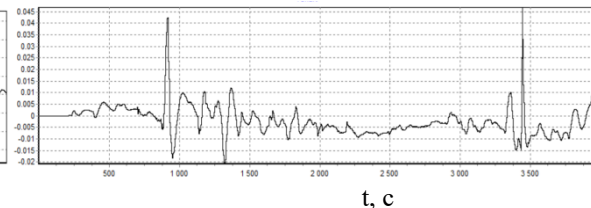


Рисунок 7 – Оценка смещения акселерометра o_x

Заключение

Повышение точностных характеристик БИНС в высоких широтах (за полярным кругом) может быть основано на следующей модернизации ПМО: применение кватернионной модификации всеширотного алгоритма счисления координат и его дополнения [2] на прямоугольной сетке; начальная выставка и довыставка БИНС с использованием инвариантов; использование доступной внешней информации для оценки и компенсации дрейфов чувствительных элементов.

Литература

1. Стороженко, В.А., Темченко М.Е. К задаче автономного определения местоположения объекта в околополярных широтах // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. 1971. № 5. С. 16 – 22.
2. Бабич, О.А. Расширение алгоритмов БИНС для решения задач полярной навигации // Труды Московского института электромеханики и автоматики. 2017. № 19. С. 18 – 34.
3. Биндер, Я.И. Анализ возможности азимутальной выставки скважинных гироинклинометров в высоких широтах / Б.А. Блажнов, Г.И. Емельянцева, Д.А. Кошаев, Л.П. Старосельцев, О.А. Степанов // Гиропрогнозирование и навигация. 2013. № 3. С. 14–23.
4. Чернодаров, А.В. Полунатурная отработка программно-математического обеспечения инерциально-спутниковой навигационной системы БИНС-500 на волоконно-оптических гироскопах / А.В. Чернодаров, А.П. Патрикеев, Ю.Н. Коркишко, В.А. Федоров, С.Е. Переляев // Гиропрогнозирование и навигация. 2010. № 4. С. 19–31.
5. Коркишко, Ю.Н. Многоуровневая обработка сигналов волоконно-оптических гироскопов в бесплатформенных инерциальных навигационных системах / Ю.Н. Коркишко, В.А. Федоров, А.В. Чернодаров, А.П. Патрикеев, С.Е. Переляев // XV Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам. СПб: ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2008. С. 54–56.

6. Чернодаров, А.В. Контроль, диагностика и идентификация авиационных приборов и измерительно-вычислительных комплексов. М.: Научтехлитиздат, 2017. 300с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРОЙНОГО СОПОЛИМЕРА МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА, БУТИЛМЕТАКРИЛАТА, МЕТАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ, МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Запороцкова И.В., Элбакян Л. С.
Волгоградский государственный университет
lusniak-e@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена исследованию механизма создания полупроводящего композитного полимерного материала на основе тройного сополимера метилметакрилата, бутилметакрилата и метакриловой кислоты, допированного углеродными нанотрубками (УНТ). Разработан механизм создания композиционного полимерного материала, модифицированного углеродными нанотрубками, а также выполнены экспериментальные исследования характеристик, полученных материалов.

Ключевые слова. Тройной сополимер, углеродные нанотрубки, модифицирование, прочностные характеристики, предельно допустимая нагрузка.

Experimental studies of strength characteristics of the triple copolymer of methylmethacrylate, butylmethacrylate, methacrylic acid modified by carbon nanotubes. *I. V. Zaporotskova, L. S. Elbakyan, Volgograd state University*

Abstract. The work is devoted to the study of the mechanism of creation of a semiconductor composite polymer material based on a triple copolymer of methylmethacrylate, butylmethacrylate and methacrylic acid doped with carbon nanotubes (CNTS). The mechanism of creation of the composite polymeric material modified by carbon nanotubes is developed, and also experimental researches of the characteristics of the received materials are executed.

Keyword. Triple copolymer, carbon nanotubes, modification, strength characteristics, maximum permissible load.

Введение

На сегодняшний день ведутся различные исследования по получению новых полимерных материалов с улучшенными свойствами. Для изготовления новых материалов, обладающих требуемыми характеристиками, применяли метод смешивания полимеров различных классов, а также использование различных органических и неорганических наполнителей [1-2].

Получение веществ в состав, которых могут входить несколько функциональных групп, дает возможность говорить о новых материалах, обладающих комплексом характеристик, свойственных данным функциональным группам.

Нами исследованы следующие мономеры: метилметакрилат (мономеры сложного эфира метакриловой кислоты), бутилметакрилат (мономеры сложного эфира бутакриловой кислоты), а также метакриловая кислота. Выбранные мономеры достаточно известные и широко используются в промышленности, медицине и в быту.

В последнее время значительные усилия предприняты в области создания полимерных материалов с минимально возможным использованием наполнителей. Использование углеродных нанотрубок в качестве наполнителей в полимерных материалах может привести к улучшению эксплуатационных характеристик, а также появлению проводящих свойств, данных материалов что значительно расширит сферу их применения.

Способ получения полимерных нанокомпозитов, модифицированных УНТ

Для реализации возможности получения новых композиционных материалов необходимо обеспечить максимально равномерное диспергирование углеродных нанотрубок в полимерную матрицу. Для этого нами разработана модель оборудования, отличающаяся простотой изготовления, универсальностью и экономичностью. Схематичное изображение модели ультразвукового устройства для допирования углеродных нанотрубок в полимерную матрицу представлено на рис. 2. Устройство содержит емкость с нанотрубками (1), ультразвуковую ванну «Сапфир» (2), емкость с полимерным материалом (3), емкость со смесью полимера и углеродных нанотрубок (4), химическую посуду для высушивания полимерного нанокомпозита (5).

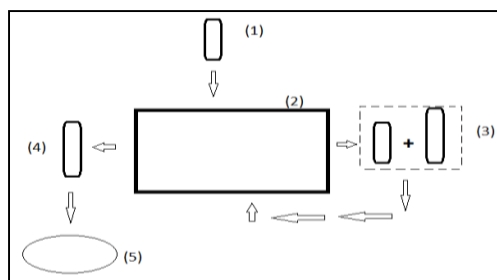


Рис. 2. Схема ультразвукового устройства для получения композита допированием углеродных нанотрубок в полимерную матрицу

Представленное устройство работает следующим образом: в первую очередь осуществляется процесс диспергирования нанотрубок в растворителе (например, этаноле) в течение 20 - 30 мин при комнатной температуре (не должна превышать 24 - 25 °С), затем растворитель отгоняется таким образом, чтобы не происходила коагуляция нанотрубок. Далее к полимерному материалу добавляется необходимое количество уже диспергированных нанотрубок, и процесс диспергирования в ультразвуковой ванночке повторяется для системы «полимерный порошок + УНТ» (7 - 10 минут). И наконец, процесс высушивания полимерного нанокомпозита при комнатной температуре.

На рисунке 3 представлен полимерный порошок в начальном состоянии и после введения УНТ до и после процесса полимеризации.

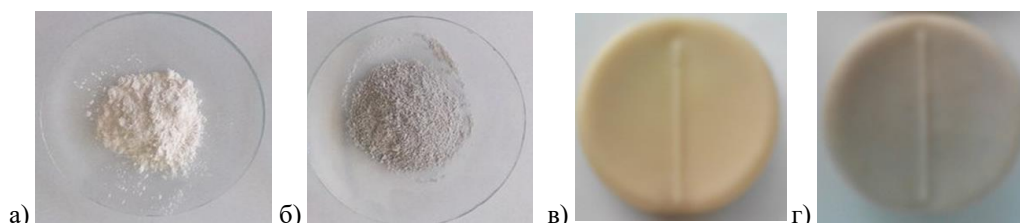


Рис. 3. Полимерный материал на основе тройного сополимера метилметакрилата, бутилметакрилата и метакриловой кислоты: а) без УНТ до процесса полимеризации; б) с содержанием УНТ 0,05 мас.% до процесса полимеризации; в) без УНТ после процесса полимеризации; г) с содержанием УНТ 0,05 мас.% после процесса полимеризации

Экспериментальные измерения прочностных характеристик нанокомпозита на основе тройного сополимера ММА-БМА-МК-та, армированных УНТ

В качестве объекта исследования выбран полимерный материал, который представляет собой наполненную акриловую композицию типа "порошок — жидкость", отвердевающую при комнатной температуре. В качестве полимерного порошка применяется суспензионный тройной сополимер ММА, БМА и метакриловой кислоты. Суспензионная жидкость используемого полимера — метилметакрилат, содержащий аддукт эпоксидной смолы и метакриловой кислоты, диметилпаратолуидин, стабилизатор. В качестве модифицирующей добавки для создания композитного полимерного материала, обладающего улучшенными эксплуатационными характеристиками, были использованы УНТ, которые вводились в полимерную матрицу. Была подготовлена серия образцов (размерами 15x10x5мм) с различным процентным содержанием УНТ (от 0,01 до 0,05 мас.%) от общей массы полимерного порошка и образец сравнения без УНТ (0 мас. %). Данные образцы подвергались испытаниям для определения наиболее значимых прочностных характеристик исследуемого материала.

Во-первых, приготовленные образцы были подвергнуты испытанию на твердость по методу Роквелла с помощью твердомера ТКСМ-14 [3-5]. Измерения твердости проводятся путем вдавливания алмазного индентора при условной нагрузке $HRC45 \text{ кгс/мм}^2$. Полученные значения твердости усреднялись (табл.1).

Далее была измерена предельно допустимая нагрузка, т.е. определена разрушающая нагрузка приготовленных образцов с разным процентным содержанием УНТ и образца без них. Измерения проводились с использованием универсальной испытательной машины РЭМ-50-1. Испытание длится до разрушения образца с начальным значением нагрузки, прикладываемой к образцу, - 0,05 кН. Максимальная нагрузка установки 50кН. Полученные значения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значение твердости, максимально допустимой нагрузки и разрушающего напряжения образцов композитного материала на основе тройного сополимера с разным процентным содержанием УНТ, σ – среднеквадратичное отклонение

Содержание УНТ, %	0	0,01	0,03	0,05
Твердость $\pm \sigma$, HRC 45кгс/мм ²	39 \pm 4	44 \pm 2	52 \pm 4	68 \pm 2
Максимально допустимая нагрузка F, %	62,15	64,83	69,20	73,48
Разрушающее напряжение при сжатии $\sigma_{ср}$, МПа	0,041	0,043	0,046	0,049

На рис. 4 и 5 представлены следующие графические зависимости: максимально допустимая нагрузка от процентного содержания УНТ и разрушающее напряжение от процентного содержания УНТ.

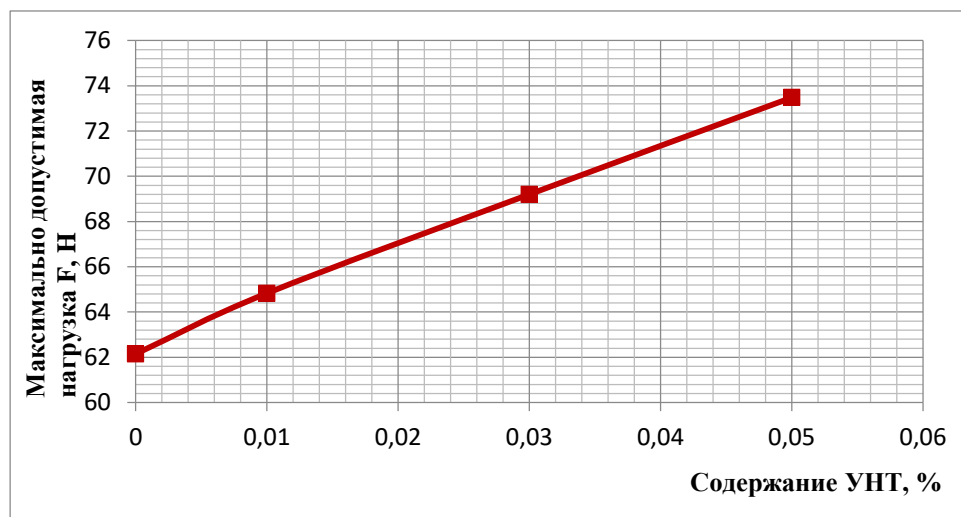


Рис.4. Зависимость максимально допустимой нагрузки образцов композиционного материала, армированного УНТ, взятыми в различном процентном содержании

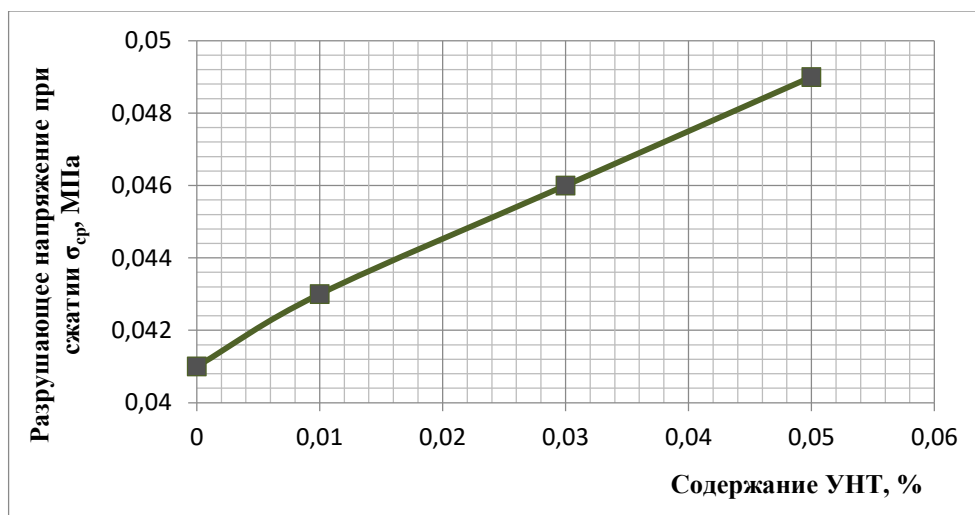


Рис.5. Зависимость разрушающего напряжения образцов композиционного материала, армированного УНТ, взятыми в различном процентном содержании

Анализ результатов позволил сделать вывод о том, что введение углеродных нанотрубок в общий объем полимерной матрицы в количестве 0,05 % по массе обеспечивает существенное улучшение эксплуатационных характеристик полимерного материала без критического ухудшения его цветовой характеристики.

Литература

1. Полимерные композиционные материалы: Структура, свойства технология: учебное пособие. – изд. Перераб. / Под ред. Берлина А.А. – С.-Петербург: Изд-во Профессия, 2009. – 560 с.

2. Ершова О.В. Современные композиционные материалы на основе полимерной матрицы. / О.В. Ершова, С.К. Ивановский, Л.В. Чупрова, А.Н. Бахаева //Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – № 4. – 2015. – С. 14-18
3. Zaporotskova I.V. About adsorption of the polyethylene monomer unit on the single-walled carbon nanotubes surface European Polymer Congress (EPF 2013) / I.V. Zaporotskova, L.S. Elbakyan, A. Krutoyarov // Book of Abstracts Pisa (Italy) 16 – 21 June, 2013. – Pisa, 2013 – p. 3-6.
4. Elbakyan L.S. The polymers filled with carbon nanotubes as new materials in stomatology / L.S. Elbakyan, I.V. Zaporotskova, N.Polikarpova // European Polymer Congress (EPF 2013). Book of Abstracts. - Pisa (Italy), 16 – 21 June, 2013. P3-31
5. Elbakyan L.S. The polymers with carbon nanotubes as new material in stomatology/ L.S. Elbakyan, I.V. Zaporotskova // International Conference Advanced carbon Nanostructures ACNS'2013. Book of Abstracts St. Petersburg July 01-05, 2013. - St. Petersburg , 2013 - p. 109

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДИОДНОГО МОСТА

Энбом А.И., Подвойская Т.В.

Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"
+7 (985) 051-97-55, aienbom@edu.hse.ru

Статья посвящена исследованию особенностей измерения характеристик диодного моста с помощью осциллографа. Основной проблемой при снятии осциллограммы стало неверное отображение переходной характеристики процесса, происходящего при протекании тока через диодный мост, на некоторых моделях данного измерительного прибора.

Ключевые слова: диодный мост, осциллограф, переходная характеристика, заземление.

Features of measuring the characteristics of a diode bridge. Ivanov I. A., Enbom A. I. The National Research University Higher School of Economics Tikhonov Moscow Institute of Electronics and Mathematics.

The paper dwells on the research of the features of measuring the characteristics of a diode bridge with the help of an oscilloscope. The main problem with the removal of the waveform was an incorrect display of the transient response of the process that occurs when the current flows through the diode bridge, on some models of this measuring instrument.

Key words: Diode Bridge, oscilloscope, transient response, grounding.

Введение

Диодный мост (ДМ) — неотъемлемая часть большинства электронных схем с питанием от внешней сети. Основная цель данного компонента — это преобразовывать переменное входное напряжение в постоянное. ДМ применяется в разного рода выпрямителях, зарядных устройствах и различных блоках питания [1].

Постановка проблемы.

При исследовании работы диодного моста была выявлена проблема некорректного отображения выходной характеристики на экране цифрового осциллографа.

Во время проведения эксперимента №1 на диодный мост из выпрямительных диодов (Д226Б) с нагрузкой из резистора 0,5 МОм (рис. 1) подавалось переменное напряжение с частотой 2 КГц.

На рисунке 2 видно, что на экране осциллографа TDS 3032B Tektronix отображается однополупериодное выпрямление, что не дает достаточное напряжение для корректной работы последующих элементов схемы.

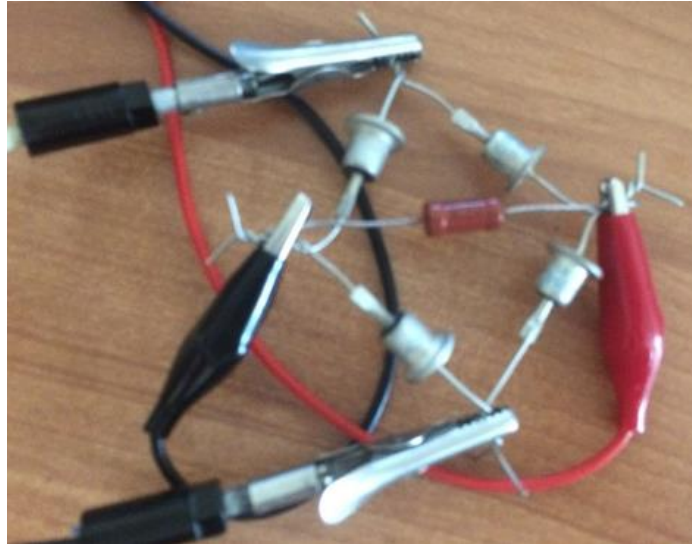


Рисунок 1 – Сборка диодного моста в эксперименте №1.

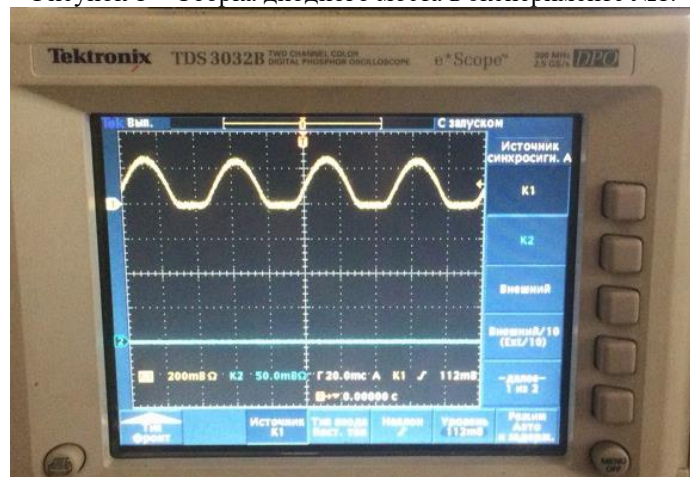


Рисунок 2 – Переходная характеристика диодного моста в эксперименте №1.

В эксперименте №2 мы использовали диодный мост из диодов Шоттки (1N5820) без нагрузки (рис. 3) и другой прибор – двухлучевой осциллограф С1-96, в котором, в отличие от предыдущего, защитное и радиотехническое (измерительное) заземление не соединены. Именно это условие необходимо для двухполупериодного выпрямления ДМ. В противном случае отрицательная полуволна переменного сигнала, подаваемого на вход устройства, теряется («утекает» в заземление).

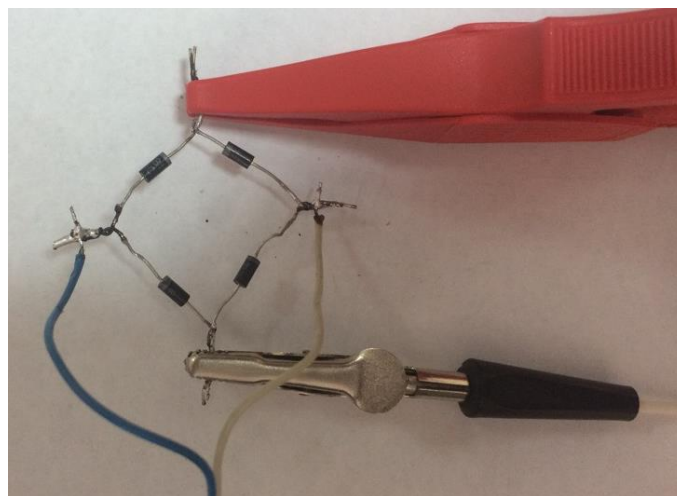


Рисунок 3 – Сборка диодного моста в экспериментах № 2 и 3.

На полученной осциллограмме (рис. 4) мы видим переходную характеристику корректно работающего диодного моста. Характеристики подаваемого сигнала и настройки осциллографа представлены на рисунке 5.



Рисунок 4 – Переходная характеристика диодного моста в эксперименте №2.



Рисунок 5 – Передняя панель осциллографа в эксперименте №2.

Также мы повторили эксперимент в третий раз, используя другой измерительный прибор – аналоговый осциллограф АСК-1021 АКТАКОМ. Переходная характеристика диодного моста имела схожую форму (рис. 6). Настройки осциллографа представлены на рисунке 7.

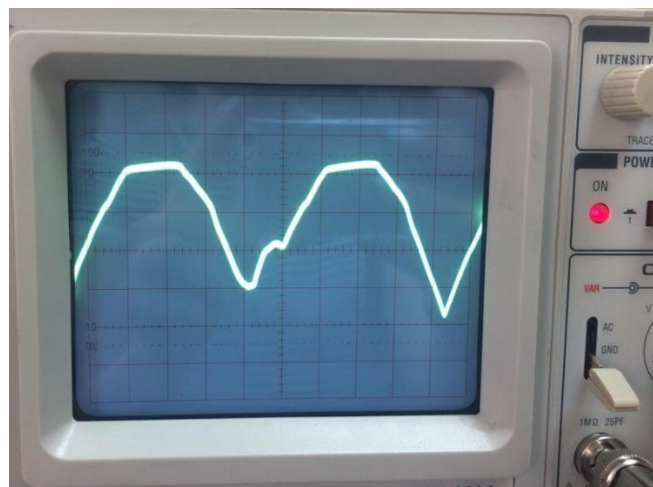


Рисунок 6 – Переходная характеристика диодного моста в эксперименте №3.



Рисунок 7 – Передняя панель осциллографа в эксперименте №3.

Наконец, в эксперименте №4 был задействован осциллограф С1-96 и диодный мост из выпрямительных диодов (Д226Б) (рис. 8).

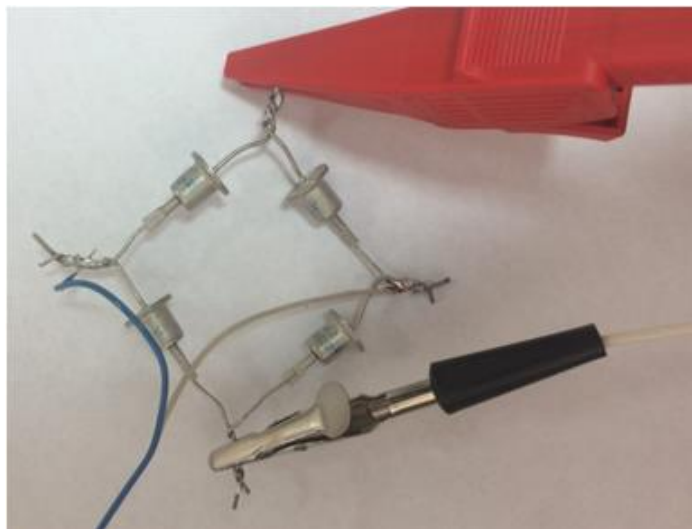


Рисунок 8 – Сборка диодного моста в эксперименте №4.

На экране мы получили переходную характеристику, соответствующую теории (рисунок 9).

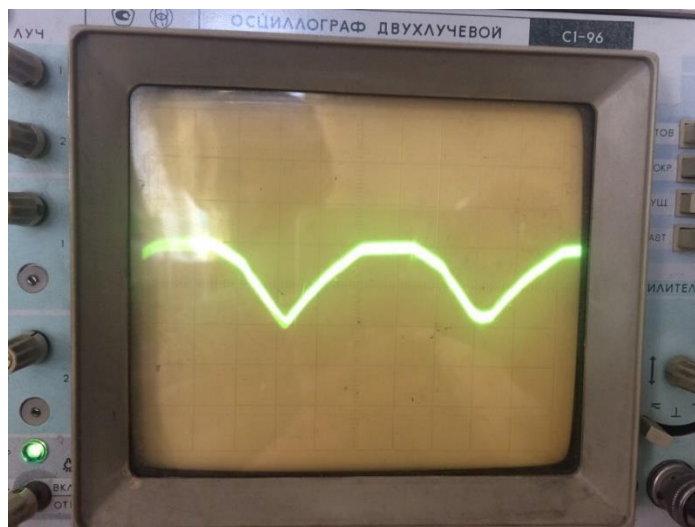


Рисунок 9 – Переходная характеристика диодного моста в эксперименте №4.

Заключение

Таким образом, мы можем сделать вывод: для того, чтобы получить отображение переходной характеристики диодного моста, осуществляющего двухполупериодное выпрямление (преобразования переменного тока в пульсирующий), необходимо использовать осциллограф с отдельными защитными и радиотехническими заземлениями. Причина заключается в том, что к заземлению (общему для всего здания) подключены сотни приборов в связи с чем потенциал заземления может быть не нулевым. Заземление реализовано в виде одного или нескольких толстых медных шин (или проводников), соединенных с заземляющим контуром - это обычно или несколько стальных соединенных стержней, вбитых на некотором расстоянии друг от друга, либо вкопанная стальная плита. Так как осциллограф измеряет характеристики относительно своей "земли", то соединение ее с корпусом прибора и общим заземлением здания дает результат, не совпадающий с теоретическими данными.

Одним из решений данной проблемы, в случае отсутствия осциллографа с отдельным заземлением, может стать использование в исследуемой схеме гальванической развязки, т.е. разделительного трансформатора.

Литература

1. Свободный портал Рынок микроэлектроники [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/igbt/diodes.htm>, свободный.

О РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПА TQM: ВЗАИМОВЫГОДНЫЕ ОТНОШЕНИЯ С ПОСТАВЩИКАМИ

Гродзенский Я.С.

МИРЭА - Российский технологический университет, Москва, Россия

Аннотация: В докладе определено понятие «качество поставщика», изложен способ его оценки, соответствующий принципам Деминга, и принципам TQM. Рассмотрены основные критерии, позволяющие оценить качество поставщиков.

Ключевые слова: поставщики, потребители, принципы Деминга, принципы TQM, качество поставщика.

On implementation of the TQM principle: Mutually beneficial relations with suppliers. Grodzensky Ya. MIREA – Russian Technological University.

The report defines the concept of "quality of the supplier", describes the method of its evaluation, consistent with the principles of Deming, and the principles of TQM. The main criteria for assessing the quality of suppliers are considered.

Key words: suppliers, consumers, Deming principles, TQM principles, supplier quality.

Важность выбора поставщиков отмечали практически все классики науки о качестве. По оценкам Ф. Кросби приблизительно половина дефектов продукции в компании вызвана низким качеством комплектующих. По мнению К. Исикавы, в семидесяти процентах случаев низкое качество комплектующих является следствием ошибочной организации закупочной деятельности. По Дж. Джурану – это процесс, в котором участвуют ряд потребителей и поставщиков. При этом качество поставки обеспечивается путем создания цепочки повышения ценности. Такой подход изложен в одном из его принципов, предполагающем отношения поставщик-заказчик по всей технологической цепочке. А. Фейгенбаум ввел термин «Комплексный контроль качества» (Total Quality Control – TQC). При этом контроль качества осуществляется на всех стадиях жизненного цикла продукции, в том числе, и на стадии поставки материалов и комплектующих [1]. Один из знаменитых принципов Деминга для менеджера напрямую связан с выбором поставщиков: «Покончите с практикой закупок по самой низкой цене» [2]. Суть данного принципа сводится к тому, чтобы при выборе поставщиков, помимо цены на их продукцию, учитывать их возможность обеспечивать ее качество и уменьшить число поставщиков, отказываясь от услуг тех из них, кто не смог статистически подтвердить его качество. Цель в этом случае – минимизация общих, а не только первоначальных затрат.

Смена поставщика неизбежно приводит к росту вариабельности свойств сырья, а значит и продукции, Э. Деминг говорил: «Цель менеджмента, если определить ее одной фразой, – это непрерывное снижение вариабельности». Описывая этот принцип, Деминг замечает: «Тот, кто придерживается правила выбирать поставщиков с самыми низкими ценами, заслуживает, чтобы его обманули». От себя добавим, что справедливость старинной английской пословицы «Скупой платит дважды» подтверждается и в бизнесе.

В настоящее время оптимальный выбор поставщика – это серьезная научная проблема, которая еще ждет своего решения. По нашему мнению, вместо термина «оптимальный», который связан с математической постановкой проблемы, лучше использовать понятие «рациональный». Среди восьми основополагающих принципов TQM («Всеобщее управление на основе качества») один касается взаимовыгодных отношений с поставщиками. Определены четыре главных условия реализации восьмого принципа всеобщего управления качеством [3].

1. Идеологическая совместимость, означающая, что у заказчика и поставщика есть нефинансовые причины работать вместе, например, оба предприятия стремятся развивать Систему менеджмента качества (СМК).

2. Паритет объемов, т.е. объемы поставок значимы для обеих сторон: и для поставщика, и для потребителя.

3. Совместная деятельность, например, совместное проведение Дней качества, обмен информацией.

4. Взаимный «тонус». Цель взаимовыгодных отношений заказчика и поставщика – помочь друг другу совершенствоваться. Трактовка TQM воспринимает поставщиков и их потребителей не как противоположные стороны, а как партнеров.

Полный цикл производства соответствует формату международного стандарта ГОСТ ISO 9001. Это означает, что поставщик использует системный подход в управлении качеством и собственным бизнесом, гарантирующим уверенность в том, что потребности организации-заказчика четко понимаются, согласуются и удовлетворяются.

Прежде, чем приступить к выбору поставщиков следует определить тип дальнейших взаимоотношений с ним. Необходимо четко понимать, будет ли это разовая закупка либо долгосрочное сотрудничество (партнерство). Можно занять жесткую позицию на переговорах о закупке, стараясь получить наилучшие условия. Такое отношение, основанное на экономической целесообразности, называют оппортунистическим и оно в краткосрочной перспективе может дать положительные результаты. Однако в долгосрочной не всегда эффективен – работать только на оппортунистических принципах недальновидно.

Прежде чем выяснить смысл понятия качество поставщика, заметим, что понятие "качество" очень многогранно и в научной литературе даются различные его трактовки. В стандарте ISO 9000:2015 «Системы менеджмента качества – Основные положения и словарь» приведено обобщенное определение: «качество - степень, с которой совокупность присущих характеристик объекта, соответствует требованиям». Что подразумевается под качеством поставщика? В работе [4] были описаны основные показатели оценки качества поставщиков, среди них были выделены логистическая эффективность, затраты и качество. Там же было приведено утверждение, что «качество включает в себя оценку качества продукции, оценку возможности поставщика поставлять продукцию в соответствии с требованиями спецификации».

Основываясь на общепринятых понятиях качества, можно прийти к следующему определению: качество поставщика – совокупность свойств поставщика, обуславливающих степень уверенности заказчика в его способности поставлять продукцию, удовлетворяющую требованиям в соответствии с её назначением. Исходя из данного определения, для обеспечения качества закупаемой продукции, первостепенным становятся требования, которые заказчик должен установить, исходя из назначения продукции поставщика.

Управление качеством поставщиков предусматривает более глубокий процесс, чем просто верификация закупаемой продукции. Необходимо принимать во внимание не только способность поставлять продукцию, соответствующую требованиям заказчика в настоящий момент, но и обеспечивать ее надежность – способность сохранять качество в течение всего времени эксплуатации.

Среди основных составляющих качества поставщика, способствующих его стабильности и устойчивому развитию, стоит выделить систему качества (рис.1). В основном, заказчики предъявляют требование к сертификации СМК поставщика на соответствие стандартам ISO серии 9000 и наличие соответствующего сертификата, выданного третьей стороной. Помимо оценки СМК на соответствие требованиям заказчика, необходимо так же обеспечение интеграции двух СМК поставщика и заказчика.

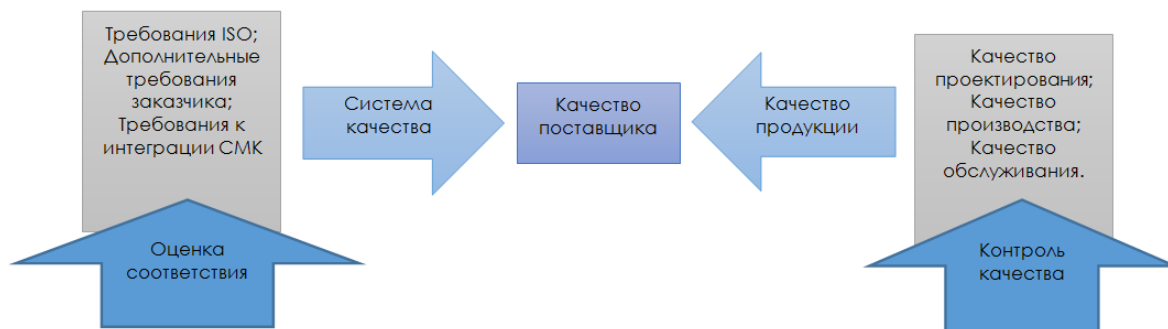


Рис. 1. Составляющие системы качества поставщика

При этом оценка СМК поставщика должна охватывать все стадии жизненного цикла продукции. Кроме того, должен осуществляться контроль качества продукции, который также подразумевает сбор и анализ информации о качестве продукции на всех стадиях ее жизненного цикла. В этой связи первостепенной задачей становится выработка объективных и четких критериев оценки поставщиков и основных показателей качества, в соответствии с установленными требованиями. Универсального набора критериев оценки качества поставщиков не существует. В работе [5] проведен анализ критериев, предложенных различными авторами. Д. Харингтон в работе [6] выделяет три основных критерия: качество, своевременность поставок и затраты. При этом, для оценки качества предлагается показатель, основанный на результатах регулярных проверок системы управления процессом поставщика. По результатам исследования [5] в совокупности с анализом работ [6-7], условно, можно выделить три основные группы критериев качества поставщиков, признанные большинством авторов.

- Качество поставляемой продукции
- Логистическая эффективность
- Затраты

Каждая группа включает совокупность оцениваемых показателей. Так, например, качество включает в себя оценку соответствующих показателей качества продукции, оценку возможности поставщика поставлять продукцию в соответствии с требованиями спецификации. Для оценки данного критерия необходимо проверить наличие необходимых технологий и оценить их соответствие технологическим требованиям по изготовлению данной продукции. Кроме того требуется оценить СМК поставщика на предмет соответствия требованиям стандартов, например, ISO серии 9000.

Одним из основных показателей оценки качества поставленной продукции является количество несоответствий, качество забракованной продукции на миллион поставленных, своевременность поставок. Формулы для расчета этих показателей приведены в работах [4, 8]. При расчете логистической эффективности, для каждой поставки оценивают соответствие даты поставки и количества продукции заранее согласованным.

$$\text{Своевременность поставок} = \frac{\text{Количество поставленных в срок заказов}}{\text{Общее количество заказов}} \times 100$$

В работе [8] предложена формула для оценки вариабельности сроков поставки:

$$\frac{\text{Прогнозируемый срок поставки} - \text{Фактический срок поставки}}{\text{Фактический срок поставки}} \times 100$$

Подчеркнем важность оценки вариабельности сроков поставки. В 1925 г. Шухарт ввел понятие «процесс, находящийся в управляемом состоянии» (*In-control process*), если лежащее в его основе распределение определяющего параметра остается практически неизменным во времени. «Процесс находится в состоянии статистического контроля, если на основании предыдущего опыта можно предсказать, по крайней мере в пределе определенных границ, как этот процесс будет изменяться в будущем» [9].

Разброс наблюдаемых результатов можно объяснить наличием постоянной системы случайных причин, которые представляют естественную часть процесса и называются общими причинами отклонений (*common causes of variation*). Если с течением времени распределение меняется существенно и непредсказуемо, то процесс вышел из-под контроля, стал неуправляемым (*Out-of-control process*). В этом случае отклонение параметров вызывается особыми причинами (*special causes of variation*), которые порождают внешние источники. Шухарт назвал специальные причины *assignable*, что в дословном переводе означает «те, что можно приписать к чему-то определенному».

Показателем надежности поставки служит среднее время задержки поставок, т. е. число дней опозданий, приходящихся на одну поставку. Эта величина определяется как частное от деления общего количества дней задержки за определенный период на количество поставок за тот же период.

Очевидно, что в такой постановке предложение с наименьшими затратами получает максимальный балл. Все остальные предложения получают соответствующий балл зависимости от их отношения к минимальному уровню затрат. Для расчета средневзвешенного темпа роста цен (показатель цены) ($T_{ц}$) на поставляемую продукцию предлагается использовать следующую формулу [10]:

$$T_{ц} = \sum T_{цi} \times d_i$$

где $T_{цi}$ – темп роста цены на i -ю разновидность поставляемого товара;

d_i - доля i -й разновидности товара в общем объеме поставок текущего периода;

n – количество поставляемых разновидностей товаров.

Темп роста цены на i -ю разновидность поставляемого товара рассчитывается по формуле:

$$T_{цi} = (C_{i1} / C_{i0}) \times 100$$

где C_{i1} – цена i -й разновидности товара в текущем периоде;

C_{i0} - цена i -й разновидности товара в предшествующем периоде.

Доля i – й разновидности товара в общем объеме поставок рассчитывается по формуле:

$$d_i = (S_i / \sum S_i)$$

где S_i – сумма, на которую поставлен товар i -й разновидности в текущем периоде.

Рассмотренные подходы не исчерпывают всех аспектов проблемы выбора поставщиков. Из перспективных направлений будущего отметим системы выбора поставщиков в условиях неопределенности с использованием приемов нечеткой логики [11]. Упомянем работу [12], в которой рассмотрена проблема выбора поставщика при неопределенных колебаниях курсов валют и ценовых скидок. Методом моделирования нескольких сценариев на основе метода смешанного стохастического программирования минимизирована общая средняя ожидаемая стоимость (цена покупки + стоимость запасов + расходы на транспортировку + стоимость управления поставщиками).

Отношения производитель – поставщик проходят три стадии. На первой производитель проверяет всю партию, поступившую от поставщика; на второй осуществляет лишь выборочную проверку, а на последней принимает всю продукцию, не проверяя ее качество. Лишь при достижении этой третьей стадии можно говорить об установлении достойных отношений. До настоящего времени нет четкого разделения критериев качества поставщиков на группы, в связи с чем, возникают сложности с их объективной оценкой.

Литература

1. Гродзенский С.Я. Управление качеством: учебник. – М.: Проспект, 2017. – 224 с.
2. Деминг Э. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами / Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – 370с.
3. Нефедов Ю.В. Условия реализации взаимовыгодных отношений с поставщиками. - Методы менеджмента качества, 2008, № 9, с. 44-47.
4. Володина М.В., Гродзенский Я.С. Об оценке качества поставщиков Сб. Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: Материалы международной научно-практической конференции. М.: НИУ ВШЭ, 2015, с. 370-372.
5. Gallego, L. V. 2011. Review of existing methods, models and tools for supplier evaluation. Master thesis. Institute of technology, Linköping Universitet Sweden, 81 pp.
6. Харрингтон Дж. Управление качеством в Американских корпорациях Пер. с англ. – М.: Экономика, 1990.
7. Салимова Т.А. Управление качеством: учебник по специальности «Менеджмент организации». 5-е изд., М.: Омга-Л, 2011. – 414 с.
8. Bulavina K. 2013. Designing a set of assessment criteria for following up supplier performance. Bachelor's Thesis. Degree programme in International Business, 54 pp.
9. Shewhart W.A. Economic Control of Quality of Manufactured Product. – ASQC, 1931, 1980.
10. Ельдештейн Ю.М. Логистика: электронный учебно-методический комплекс / Ю.М. Ельдештейн - 508 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: Сайт ФГОУ ВПО КГАУ: <http://www.kgau.ru>
11. Бородин А.В., Бычков И.А. Система выбора поставщиков перерабатывающего предприятия в условиях неопределенности. - Молодой ученый, 2014, № 17, с. 1-2.
12. Hammami Ramzi, Temponi Cecilia, Frein Yannick. A scenario-based stochastic model for supplier selection in global context with multiple buyers, currency fluctuation uncertainties, and price discounts. – European Journal of Operational Research, 2014, No 1, p. 159-170.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ ГАЗА ПО СЕТИ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Орманбекова А.А., Жунисова У. М.

Таразский Государственный университет им. М.Х.Дулата, г.Тараз, АО "Медицинский университет Астана", г.Астана

+77011315559, ainura.alibekovna@mail.ru, Ulzhalgas@list.ru

Статья посвящена исследованию объекта управления, приведена общая постановка задачи управления системой, а также на основании изучения работы газоперекачивающих аппаратов, являющихся основным элементом компрессорных станций, была разработана математическая модель и была сделана постановка задачи оптимального распределения газа, где для решения использован пакет программ Matlab. Был осуществлен критерии оптимальности распределения нагрузки между агрегатами, обеспечивающими минимизацию энергетических потерь на расход топливного газа.

Ключевые слова: система, управление, станция, сеть, связь, оптимизация, компрессор.

Development of the system of optimum control of gas transport on the network of compressor stations. Ormanbekova A.A., Zhunisova U.M. Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Republic of Kazakhstan.

The article is devoted to the study of the control object, the general statement of the problem of system control is given, and also the mathematical model is developed on the basis of the study of the operation of gas pumping units, which are the main element of compressor stations, and the problem of the optimal gas distribution was formulated, where the Matlab software package was used. Criteria of optimality of distribution of loading between the aggregates providing minimization of power losses on fuel gas consumption were carried out.

Keywords: system, control, station, network, communication, optimization, compressor.

Одной из основных сфер применения ГДС является безаварийное оптимальное управление транспортом природного газа по трубопроводным сетям в динамических режимах. В этом случае для трубопроводной системы газотранспортного предприятия с последовательным соединением КС задача снижения затрат на динамические режимы транспорта природного газа в заданном интервале времени формулируется следующим образом. Имеется последовательность КС, объединенных в единую транспортную цепочку (рисунок 1.1).

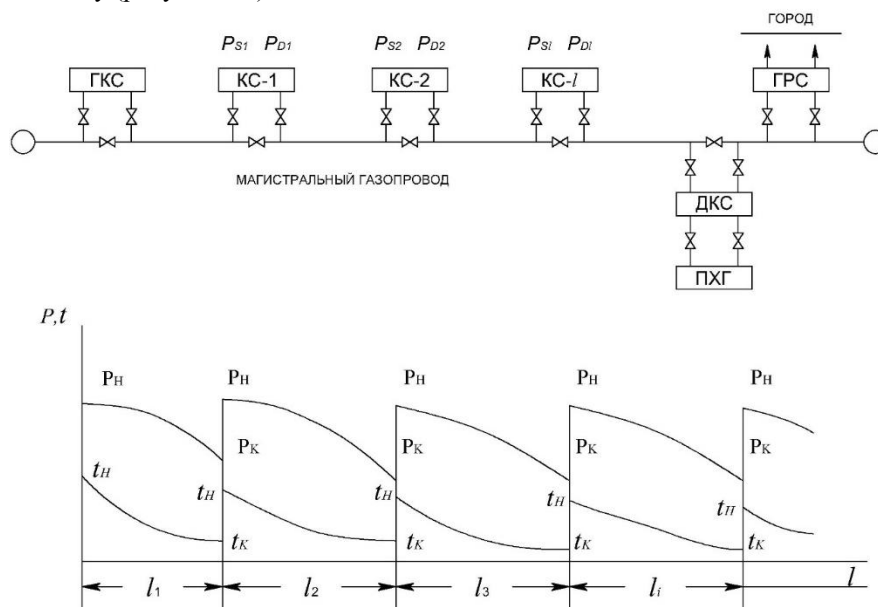


Рисунок 1.1 – Сеть последовательно соединенных КС и изменения давления и температуры газа вдоль трассы: P_{Si} -давление на входе КС; P_{Di} -давление на выходе КС.

Пусть известны законы изменения в заданный интервал времени для расхода природного газа через данную систему КС, давления на входе в первую КС и давления на выходе последней КС, временные алгоритмы управления кранами на крановых площадках ЛЧМГ. При этом считается, что расход топливного газа на каждой КС незначителен по сравнению с общим расходом транспортируемого

природного газа.

Эта задача, как и многие другие динамические задачи, решается методом смены квазистационарных состояний. Временной шаг между двумя соседними состояниями выбирается из условия сохранения требуемой точности аппроксимации исходной динамической задачи и условия отсутствия в интервале времени между данными соседними состояниями смены конфигурации сети КС (переключение кранов, отключение ГПА, возникновения разрыва трубопровода и т. д.). Для определения на каждом временном шаге значения минимальной стоимости или потребляемой мощности должна решаться оптимизационная задача в квазистационарной постановке.

Газопроводы среднего и высокого (I категории) давления служат для питания городских распределительных сетей низкого и среднего давления через ГРП, а также для подачи газа в газопроводы промышленных и коммунальных предприятий.

Городские газопроводы высокого (II категории) давления являются основными для газоснабжения крупных городов. По ним газ подают через ГРП в сети среднего и высокого давления, а также промышленным предприятиям, нуждающимся в газе высокого давления.

Связь между газопроводами различного давления осуществляется через ГРС и ГРП. Современная схема городской системы газоснабжения имеет ярко выраженную иерархичность в построении, связанную с классификацией газопроводов по давлению. Верхний уровень составляют газопроводы высокого давления. Они составляют главный стержень городской газовой сети. Сеть высокого давления должна быть резервированная, т. е. закольцованная. Сеть высокого давления гидравлически соединяется с остальной частью системы через регуляторы давления, оснащенные предохранительными устройствами, предотвращающими повышение давления после регуляторов.

Газопроводы крупных населенных пунктов (в том числе и городские) можно разделить на три группы:

- распределительные – для подачи газа к промышленным потребителям, коммунальным предприятиям и в районы жилых домов. Эти газопроводы могут быть высокого, среднего и низкого давления, кольцевые и тупиковые;
- абонентские ответвления, подающие газ от распределительных сетей к отдельным потребителям;
- внутридомовые газопроводы.

Для поселков и небольших городов рекомендуется одноступенчатая система газоснабжения.

Для средних городов принимают двухступенчатую систему газоснабжения. Газ от ГРС по сети среднего или высокого давления подают к крупным потребителям и к газорегуляторным пунктам, а от последних - в распределительную сеть города.

Для крупных городов рекомендуется трехступенчатая система газоснабжения. Для крупных и средних городов газовые сети необходимо проектировать кольцевыми, а для мелких городов и поселков, как высокая степень давления, так и низкая, может быть запроектирована тупиковой. Окончательный вариант применяется после технико-экономического обоснования.

Для крупных городов и петров промышленных районов целесообразно применять дополнительное кольцо с давлением до 2,5 МПа, с помощью которого газ из магистрального газопровода распределяют вокруг города и подают в городские сети высокого давления и в магистрали к промышленным районам, городам – спутникам и в подземные хранилища газа.

Принципиальная схема распределительной системы газоснабжения крупного города приведена на рисунке 1.2.

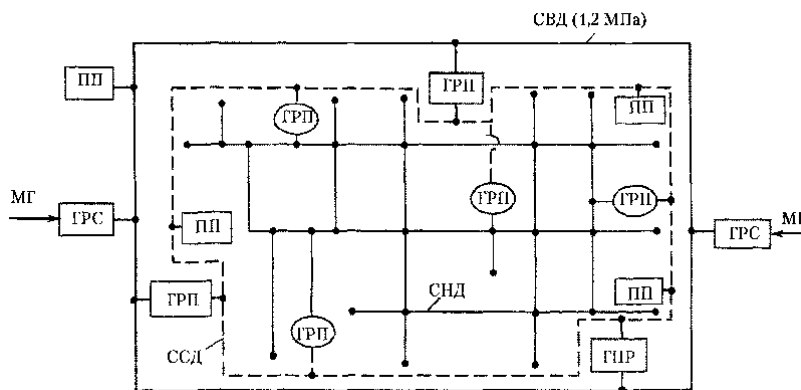


Рисунок 1.2 – Многоступенчатая система газоснабжения крупного города: СВД - сеть высокого давления; ССД - сеть среднего давления; СНД - сеть низкого давления; ПП — промышленное предприятие; МГ – магистральный газопровод.

Из магистральных газопроводов газ через ГРС поступает в городские распределительные сети разного давления. Крупные города имеют несколько независимых точек питания и несколько ГРС, что повышает надежность системы газоснабжения и гибкость ее в эксплуатации. Газопроводы высокого давления необходимо прокладывать по окраинам города. ГРС размещают в местах подвода магистральных газопроводов за территорией города, не подлежащей застройке.

ГРП, питающие сеть высокого и среднего давления, также стараются размещать вокруг города с разных его сторон. Местоположение этих ГРП необходимо выбирать таким, чтобы обеспечить после них подачу газа по кратчайшему каждому району города.

ГРП, питающие сеть низкого давления, располагают в центре нагрузок (кварталов и микрорайонов). Такие ГРП имеют пропускную способность 1000-3000 м³/ч, радиус действия – 400-800 м.

Внутреннее газовое оборудование жилых домов, коммунальных и промышленных предприятий включает внутридомовые и внутрипроизводственные газопроводы, а также газовые приборы и установки для сжигания газа.

Природный газ подают в города по магистральным газопроводам, которые целесообразно эксплуатировать при максимальной проектной пропускной способности. Фактическое потребление газа характеризуется резкой неравномерностью в течение суток, недели и различных периодов года. Неравномерность связана с изменением погоды, специфическими особенностями некоторых производств, укладом жизни населения и др.

Сезонная неравномерность потребления газа требует аккумулирования больших количеств газа в летний период и отпуск его потребителям в холодный зимний период года. Единственным приемлемым способом создания таких запасов газа является его хранение в подземных хранилищах, которые могут быть созданы в истощенных нефтяных и газовых месторождениях, а также в водяных пластах.

Для хранения относительно небольших количеств газа на заводах и в газораспределительной сети применяют газгольдеры низкого и высокого давления. В газовой сети газгольдеры служат для покрытия часовой неравномерности потребления газа в течение суток.

Для приема, хранения и поставки потребителям сжиженных углеводородных газов строят раздаточные станции и кустовые базы. Для хранения больших объемов сжиженных газов сооружают подземные хранилища в искусственных или естественных выработках в плотных непроницаемых породах.

Внедрение информационных технологий и автоматизация диспетчерского управления создает большие возможности для решения задач, которые ранее невозможно было решить. К таким задачам относятся, оптимизационные задачи, задачи анализа ситуаций и расчета агрегированных показателей функционирования системы диспетчерского управления.

Рассмотрена работа регулятора режима (РР) компрессорного цеха без учета влияния работы пылеуловителей (ПУ), антипомпажного клапана (АПК). Схема включения турбоагрегатов (ТА) – параллельная [35].

Основная задача цехового регулятора состоит в поддержании заданного значения производительности или давления на выходе цеха. Это задача ПИ регулирования и достигается она за счет изменения оборотов нагнетателей загруженных в трассу газоперекачивающих агрегатов в ответ на внешние возмущения – изменение подачи газа на входе или отбор газа на выходе цеха, при изменении установки по режиму цеха. Основные элементы газотранспортной системы уровня компрессорного цеха представлены на рисунке 1.3.

Существуют многочисленные комбинации режимов работы агрегатов, при которых цеховой параметр будет равен заданному значению, но агрегаты будут загружены по-разному и следовательно суммарные затраты энергии на транспортировку того же количества газа будут разными.

При этом, до решения задачи оптимизации в регуляторе режима необходимо учесть ряд условий включения в работу, характеризующих готовность к автоматическому управлению газоперекачивающих агрегатов (ГПА), схему работы ГПА (последовательная, параллельная), близость к ограничителям параметров в САУ ГПА. Перечисленные условия входят в алгоритм расчета допустимой зоны работы ГПА, изображенный на рисунке 1.4. и учитываются при решении задачи оптимизации распределения нагрузки.

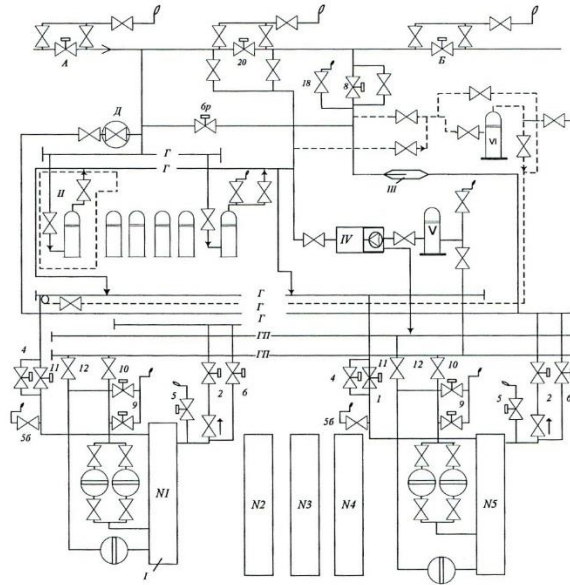


Рисунок 1.3 – Принципиальная схема линейной компрессорной цеха, оснащенной агрегатами ГПА - Ц-6,3: I-ГПА-Ц-6,3; II – блок циклонных пылеуловителей, III – маслоуловитель, V – блок сепараторов топливного газа, VI – вымораживатель, 1,2,3,4,5,6,6б,7,8,9,10,11,12,А,Б,Д,17,20 – краны обвязки нагнетателей и общестационарные; - ГК газ КИП (импульсный); - ГТ газ топливный; - Г газ технологический; - ГП газ пусковой.

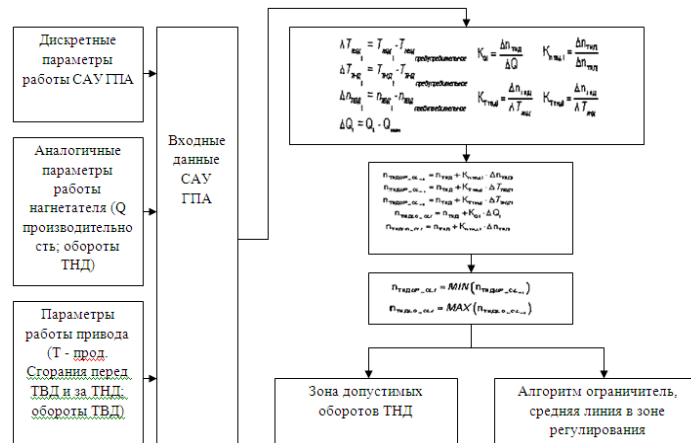


Рисунок 1.4 – Структура расчета установки производительности ГПА

Критерий оптимальности, при распределении нагрузки следующий: точное поддержание производительности на выходе цеха с распределением нагрузки между агрегатами, обеспечивающим минимизацию энергетических потерь на расход топливного газа. То есть необходимо найти решение целевой функции:

$$N(Q_{\text{топл}}) = \sum_{i=1}^m N_i(Q_{\text{топл}i}, K_{\text{тех.сост}i}) \rightarrow \min \quad (1.1)$$

с ограничением для каждого ГПА: $n_{\text{ТНД} \min} \leq n_{\text{ТНД}} \leq n_{\text{ТНД} \max}$

где: $Q_{\text{топл}i}$ – расход топливного газа i-го ГПА м³/мин; $K_{\text{тех.сост}i}$ – коэффициент технического состояния i-го ГПА; N – мощность нагнетателя i-го ГПА; $n_{\text{ТНД}}$ – обороты турбины низкого давления (ТНД) об/мин.

Это значит, что когда один из агрегатов работает на пределе своих возможностей, у других агрегатов еще есть резерв по мощности.

Чтобы использовать этот резерв, распределение нагрузки между агрегатами выполняется в соответствии с их коэффициентами технического состояния. Управляющие воздействия

пропорциональны коэффициентам технического состояния. Последнее означает, что агрегаты, находящиеся в худшем техническом состоянии, получают меньшие управляющие воздействия.

Для демонстрации заложенных принципов работы РР построена совместная модель регулятора режима и математическая модель компрессорного цеха с двумя параллельно работающими ГПА, реализованные в программной среде MATLAB [58].

Регулятор режима состоит из общего блока, обеспечивающего распределение нагрузки (производительности) между агрегатами, и собственно агрегатных регуляторов [34].

Агрегатные регуляторы расположены в системах управления агрегатной автоматикой и могут рассматриваться на уровне общецеховой модели как инерционные звенья, вход которых уставка по оборотам нагнетателя, а выход - обороты нагнетателя.

В модели осуществляется расчет производительности нагнетателя по формуле:

$$Q = A_k \cdot \sqrt{\frac{13.6 \cdot \Delta P_k \cdot 735}{P_e}} \quad (1.2)$$

где: A_k – коэффициент конфузора нагнетателя; P_e – плотность на входе в нагнетатель кг/м³; ΔP_k – перепад на конфузоре нагнетателя кгс/см².

Потребление топливного газа пропорционально мощности нагрузки (нагнетателя) и коэффициенту технического состояния привода (турбины высокого давления). Мощность турбины вычисляется в модели по формуле [15]:

$$N_i = 0.00981 \cdot \frac{k}{k-1} \cdot R \cdot Z_{cp} \cdot (T_{вых} - T_{вх}) \cdot G \quad (1.3)$$

где $\frac{k}{k-1}$ – показатель изоэнтропы; R – газовая постоянная кГ·м/кг·°К; Z_{cp} – коэффициент сжимаемости

газа по средним параметрам процесса сжатия кгс/см²; $T_{вых}$ – температура газа на выходе из нагнетателя, °К; $T_{вх}$ – температура газа на входе в нагнетатель, °К; G – расход газа через нагнетатель кг/с.

Мощность цеха изменяется воздействием на регуляторы топлива САУ ГПА в сторону увеличения или уменьшения частоты вращения ТНД в зависимости от характера внешнего возмущения.

Значения температуры и давления на выходе нагнетателя моделируются согласно уравнениям газовой динамики:

$$T_{вых} = \left[1 + \left(\frac{n}{n_0} \right)^2 \frac{(ZRT)_0}{(ZRT)_{ex}} (\varepsilon_0^\alpha - 1) \right] T_{ex} \quad (1.4)$$

$$P_{вых} = \left[1 + \left(\frac{n}{n_0} \right)^2 \frac{(ZRT)_0}{(ZRT)_{ex}} (\varepsilon_0^\alpha - 1) \right]^{\frac{1}{\alpha}} P_{ex} \quad (1.5)$$

где n – частота вращения нагнетателя ГПА, об/мин; n_0 – номинальная частота вращения нагнетателя ГПА, об/мин; ε_0 – приведенная степень сжатия; α – показатель политропы.

Данные модели интегрированы в программу в виде dll – компонент.

Нагнетатель ГПА[34] после окончания пуска работает в диапазоне оборотов 3300-5600 об/мин, то есть от оборотов холостого хода и до максимально допустимого предупредительного значения, при достижении которого включается регулятор-ограничитель в САУ ГПА. В модели производится расчет и выдача сигналов характеризующих приближение оборотов к ограничителям. Данные сигналы участвуют в формировании функции цены при подборе параметров системы в итерационном процессе повторных симуляций.

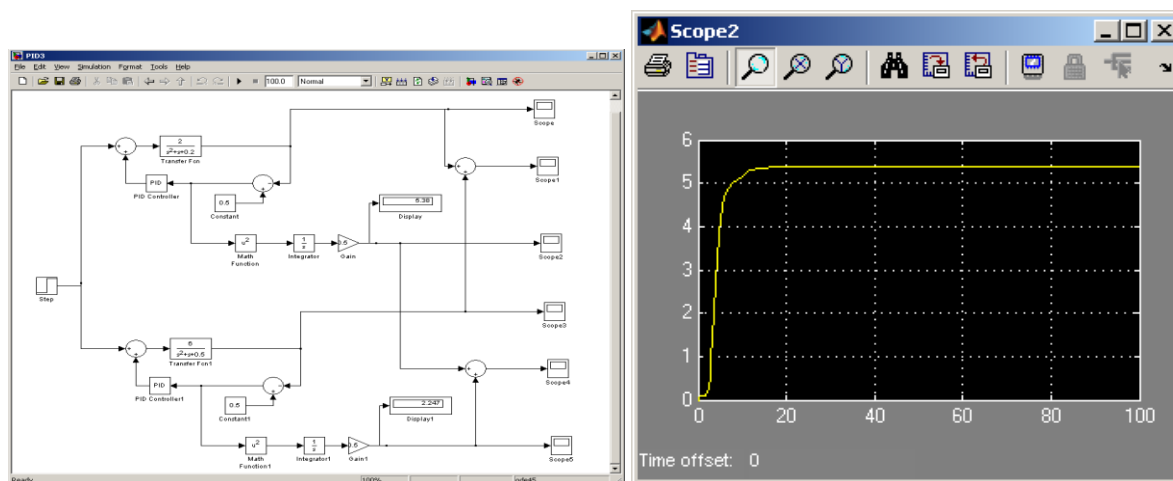


Рисунок 1.5 - Критерии ошибки

Параметр оптимизации – суммарные затраты топливного газа. При работе вблизи ограничителя оборотов турбины [15] в функцию цены добавляется множитель 1,2. При не достижении главной уставки производительности цеха значение цены увеличивается. Таким образом, задается условия нахождения оптимального соотношения коэффициентов распределения нагрузки Z [21].

Оптимизационный алгоритм изменяет значения коэффициентов Z_i каждого ГПА тем самым, перераспределяя производительность между агрегатами.

В модели ввод коэффициентов технического состояния производится вручную в переменные KTS1 и KTS2.

В регуляторе режима системы управления компрессорным цехом «РИУС» значение потребляемого топливного газа рассчитываются по замерным параметрам, а коэффициенты технического состояния определяет расчетный блок программы по формулам принятым для расчета в ООО Казтрансгаз. Для коэффициента технического состояния нагнетателя формула имеет вид [45]:

$$K_{\text{ТЕХ.СОСТ.Н}} = 1 - \frac{\eta_{\text{ПОЛ(ПАС)}} - \eta_{\text{ПОЛ}}}{\eta_{\text{ПОЛ(ПАС)}}} \quad (1.6)$$

где $\eta_{\text{ПОЛ(ПАС)}}$ – паспортный политропический КПД нагнетателя; $\eta_{\text{ПОЛ}}$ – политропический КПД нагнетателя.

Таким образом, регулятор режима функционирует в автоматическом режиме и обладает избыточной информацией для самонастройки. В программном обеспечении MATLAB совместно реализован расчет параметров нагнетателей ГПА, работа ПИ – регулятора режима и оптимизационный алгоритм поиска оптимального соотношения распределения нагрузки. Практическим применением данного алгоритма является использование его при отладке РР в системе управления компрессорным цехом в автоматическом режиме или в качестве поддержки принятия решений оператора.

Литература

1. В.Е.Селезнев, В.В. Алешин, С.Н.Прялов. Основы численного моделирования магистральных газопроводов. М.: КомКнига,2005.496с.
2. Грачев В.В., Гусейнзаде М.А., Яковлев Е.И. и др. Сложные трубопроводные системы. М.: Недра,1982. 410с.
3. Миркин А.З., Усиныш В.В. Трубопроводные системы: Справочное издание. М.: Химия, 1991. 286 с.
4. Грачев В.В., Щербаков С.Г., Яковлев Е.И. Динамика трубопроводных систем. М.: Наука, 1987. 467с
5. Киселев В.В. Разработка автоматизированных методов повышения безопасности и надежности трубопроводов энергообъектов и оптимизация их режимов работы. 2004. 167с.

МОДЕЛЬ ПРИБОРНОЙ ПАНЕЛИ ТРЕНИРОВОЧНОГО СТЕНДА УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

Подвойская Т. В., Энбом А. И.

Москва, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
8 (915) 346-19-63, tvpodvoyskaya@edu.hse.ru

Статья посвящена виртуальной модели пилотажно-навигационных приборов панели тренировочного стенда управления летательным аппаратом (ЛА) с использованием программируемой платформы National Instruments MyRIO. Рассматриваются основные типы существующих тренажеров и перспективы реализации модели стенда в программной среде National Instruments LabVIEW на базе NI MyRIO.

Ключевые слова: приборная панель, летательный аппарат, тренировочный стенд, NI MyRIO, NI LabVIEW.

The model of an instrument panel of an aircraft control training stand. Podvoyskaya T. V., Enbom A. I. Moscow, The National Research University Higher School of Economics.

The paper dwells on virtual model of the flight-navigation instruments of the aircraft control training stand with the evaluation board National Instruments MyRIO. The paper is also considering the main types of existing simulators and prospects for implanting a more complex stand model in the National Instruments LabVIEW based on the NI MyRIO.

Keywords: instrument panel, aircraft, training stand, NI MyRIO, NI LabVIEW.

Введение

В настоящее время активно развивается самолетостроение и, в частности, приборостроение достигло такого уровня прогресса, при котором все инструменты приборной панели (ПП) воздушного судна, дублируются на ПП авиасимулятора. Существуют авиационные тренажеры разной степени сложности, служащие для симуляции полета на ЛА и отработки пилотами разного рода процедур.

Настоящая статья посвящена описанию тренировочного стенда, отличного от существующих по возможностям и функционалу.

Постановка проблемы

Тренировочные стенды управления воздушным суднами (ВС) главным образом несут в себе образовательный характер и в первую очередь имеют спрос в авиационных институтах и учреждениях подготовки летного состава. На данный момент существуют несколько основных типов тренажеров разной степени сложности, отвечающие разным задачам подготовки пилотов, которые можно условно разделить на следующие виды:

- Игровые – компьютерная симуляция полета с неточной системой визуализации обстановки за бортом, часто с реализованной на экране ПП.
- Процедурные – система, состоящая из мониторов, на которых реализована детальная система визуализации, и полномасштабных макетов отдельных элементов (приборов, имитаторов боковых ручек перемещения управляющих поверхностей, штурвала и т. д.).
- Комплексные – тренажеры, полностью повторяющие кабину реального летательного аппарата конкретного типа, имеющие собственную систему подвижности для имитации движения и перегрузок и систему визуализации, наиболее приближенную к существующим условиям полета. [1]

Таким образом, из представленных типов тренажеров, игровые – не несут серьезной обучающей нагрузки, процедурные – служат для тренировки и отработки полета экипажем, а комплексные являются наиболее сложной стадией подготовки к пилотированию.

Когда все приборы заменяются своими электронными аналогами, а полет является симуляцией, для студентов младших курсов авиационных институтов очень важно понимание используемого математического аппарата, вычисляющего функции изменения показателей соответствующих приборов. В том случае, когда изменение показателей ПП происходит с опорой на реальные внешние данные, точность полученных измерений – выше. Источниками таких внешних данных могут служить сигналы, полученные от датчиков, установленных непосредственно на аналоге ЛА, используемом в авиационном тренажере.

В работе рассматривается предварительная система, состоящая из виртуальной модели ПП оператора и программируемой платформы *NI MyRIO* с процессором, которая потенциально представляет беспилотный летательный аппарат (БПЛА).

Разработанный прототип приборной панели летательного аппарата состоит из персонального компьютера и программируемой платформы *NI MyRIO* с чипом *Zynq-7010*, позволяющим в полную силу

использовать возможности среды программного обеспечения *LabVIEW* для создания аналога системы управления ЛА.

В *NI MyRIO* встроен акселерометр, выявляющий ускорение прибора по трем осям (*x,y,z*). Кроме того, акселерометр и гироскоп – два прибора, которые лежат в основе работы почти всех пилотажно-навигационных приборов. В связи с этим *NI MyRIO* выступает в качестве аналога ЛА, так как именно его положение в пространстве будет определяться на приборной панели. На рисунке 1 приведено сравнение связанных систем координат самолета и прибора *NI MyRIO*. [2]

С помощью контроллера реального времени, при изменении положения прибора в пространстве, отклоняются соответствующие показатели приборов виртуальной панели, измеряются углы крена и тангажа. На рисунке 2 показан вид приборной панели на настоящем этапе разработки.

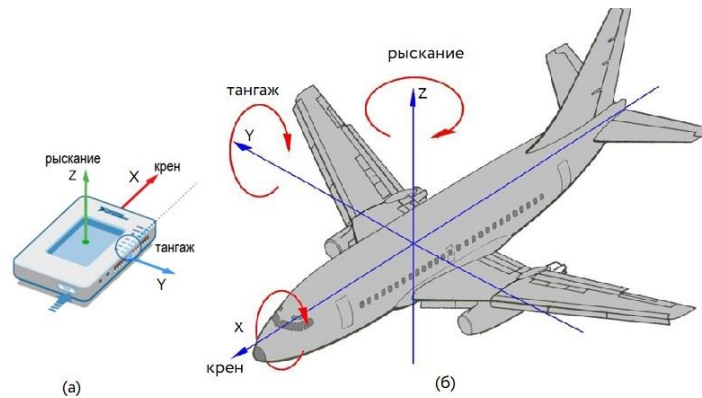


Рисунок 1 – Сравнение связанных систем координат XYZ в приборе NI MyRIO (а) и в самолете (б).

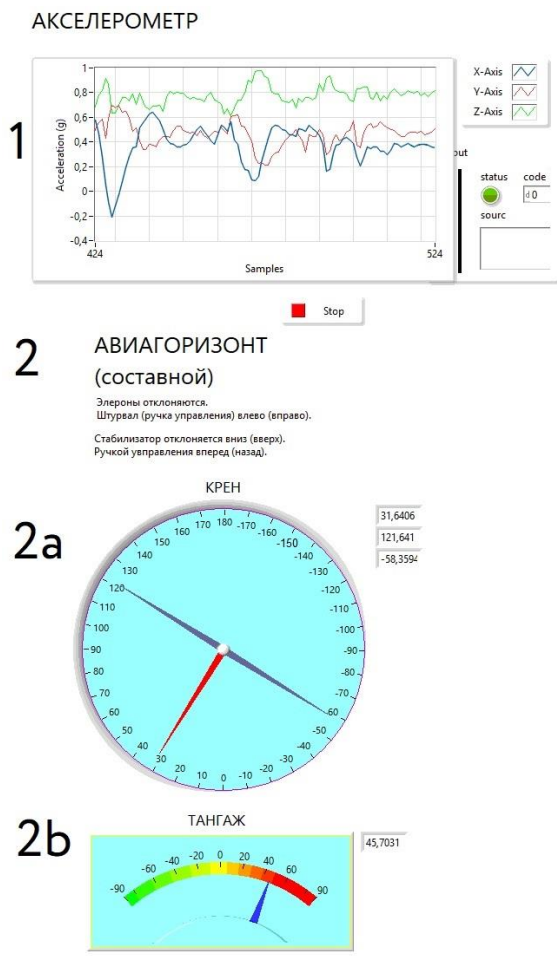


Рисунок 2 – Аналог приборной панели.

На рисунке 2 представлена приборная панель, состоящая из: 1 – график, показывающий отклонение акселерометра по трем осям, 2 – составной аналог авиагоризонта, где 2а – прибор, показывающий отклонение по крену, а 2б – по тангажу.

На данном этапе развития проекта предусмотрены такие режимы работы как:

1. Установка соединения с *NI MyRIO*
2. Слежение за отклонениями приборов при соответствующем отклонении *NI MyRIO*
3. Проверка полученных результатов виртуальной ПП

В настоящее время производится работа над развитием и усложнением тренировочного стенда, с перспективой введения большего числа виртуальных приборов на панель управления, усложнения алгоритмов их работы, добавление большего числа датчиков (гироскоп, высотометр и т. д.) к платформе *NI MyRIO* (рис. 3 – 3), подбор приемо-передающего модуля (рис. 3 – 4) и радиоканала (рис. 3 – 2) для осуществления связи системы управления на базе *LabVIEW* (рис. 3 – 1) с *NI MyRIO* на более значительных расстояниях. Подобный комплекс (рис. 3) может послужить качественной помощью в понимании работы приборной панели.

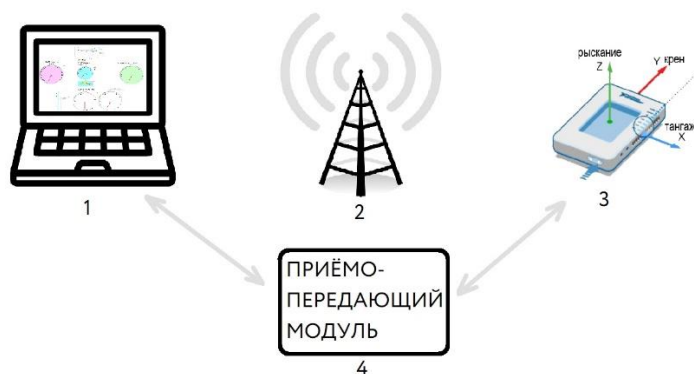


Рисунок 3 – Тренажерная система управления ЛА.

Заключение

В заключении следует отметить, что предложенная разработка имеет перспективы с образовательной точки зрения. Несмотря на развитие тренажеров по управлению ЛА, их высокую точность и сложность, они не всегда могут быть использованы будущими пилотами на начальных стадиях их подготовки. Возможность вникать в процесс работы пилотажно-навигационных приборов, не используя тренажеры самого сложного типа, будет способствовать обучению студентов летных учреждений.

Очевидно, что при создании виртуальной модели ПП, использование программируемой платформы и датчиков значительно упростит задачу проектирования и позволит студентам, работающим с подобным стендом быстрее понимать особенности работы систем управления ЛА.

Литература

1. Бюшгенс А. В небо, не отрываясь от земли // Наука и жизнь, 2008, №12: [Электронный ресурс] // URL <http://www.nkj.ru/archive/articles/15095> (дата обращения 01.04.2018)
2. NI myRIO начало работы [Электронный ресурс] // URL <http://training-labview.ru/templates/standard/opencore/scostartmyRIO/mobile/index.html> (дата обращения 16.02.2018).

ИНФОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Увайсова А.С., Увайсов С.У., Черновверская В.В., Рожков С.С.
РТУ МИРЭА

+7 (915)4871054, ytn1234@yandex.ru

Статья посвящена описанию разработки инфологической модели хранилища данных радиоэлектронных средств (РЭС). При создании инфологической модели хранилища данных нужно учитывать особенности предметной области. Проектирование РЭС является сложной задачей, для выполнения которой необходимо учитывать ряд особенностей: класс и вид устройства, исходные данные и принципы построения и т.д.

Ключевые слова: инфологическая модель, радиоэлектронное средство, хранилище данных.

Infological model of the radioelectronic means data warehouse. Uvaysova A.S., Uvaysov S.U., Chernoverskaya V.V. RTU MIREA

The article is devoted to the description and creation of the infological model of the data warehouse of radio electronic means (REM). When creating an infological storage model, it is necessary to take into account the features of the subject area. The design of a REM is a complex task, for which the following features of the account should be considered: class and type of device, initial data and principles of construction, etc.

Keywords: infological model, data warehouse, radioelectronic mean.

В эпоху активного развития информационных систем важное место занимают системы обработки и хранения данных. В таких системах особенно важно накапливать, хранить, представлять информацию в удобочитаемом виде. Таким образом, целью инфологического моделирования является обеспечение наиболее естественных для человека способов сбора и представления той информации, которую предполагается хранить в создаваемой базе данных.

При проектировании инфологической модели создаются и описываются основные конструктивные элементы: сущности, связи между ними и их свойства (атрибуты).

Сущность - любой различимый объект, информацию о котором необходимо хранить в базе данных.

Тип сущности - это набор однородных личностей, предметов, событий или идей, выступающих как целое.

Экземпляр сущности - это конкретная вещь в наборе.

Атрибут - поименованная характеристика сущности. Его наименование должно быть уникальным для конкретного типа сущности, но может быть одинаковым для различного типа сущностей.

Рассмотрим проектирование структуры хранилища данных. Оно состоит из нескольких этапов. Во-первых, необходимо определить сущности, которые должны быть в конечной базе данных. Объект или сущность – это абстракция множества предметов реального мира. (все экземпляры этого объекта имеют одни и те же характеристики и подчиняются одним и тем же правилам поведения). Во-вторых, необходимо определиться с атрибутами, так как каждая сущность имеет один или несколько атрибутов (абстракция одной характеристики объекта). Каждый атрибут имеет имя и может получать значения из некоторого множества допустимых значений. Как правило, каждому объекту в базе данных соответствует таблица, а его атрибутам – поля этой таблицы.

Логическая схема модели состоит из таблиц и отношений между таблицами. Каждая таблица характеризует сущность предметной области.

Над каждой сущностью, представленной в виде таблицы, располагается ее название. Далее необходимо обозначить ключевые поля и описать остальные атрибуты.

«FOREIGN KEY» – один из основных элементов в ХД. Этот параметр позволяет соединить таблицы и определить ссылочную зависимость между ними.

Помимо определения сущностей и их атрибутов, необходимо указать связи между ними. Эти связи позволяют отобразить взаимоотношение между таблицами. Принято различать несколько типов связей: «много к многому», «один ко многим» и «один к одному». Каждая из связей имеет свою отличительную черту и используется исходя из взаимоотношений между записями таблиц. Например, при связи «один ко многим» каждой записи в одной таблице соответствует одна или более записей в связанной таблице.

Процесс проектирования радиоэлектронных средств можно разбить на несколько этапов: системотехническое проектирование, функциональное проектирование, конструирование и технологическая подготовка. Этапы проектирования состоят из проектных процедур: анализ, синтез, оптимизация, которые в дальнейшем состоят их проектных операций. На этапе системотехнического проектирования определяются цели, исходные данные и принципы построения, формируется структура объекта, его составных частей и информационные связи между ними. Цель функционального проектирования заключается в реализации составных частей РЭС, выбирается элементная база, принципиальные схемы и оптимизируются параметры с точки зрения обеспечения наилучшего функционирования и эффективного производства. Этап конструирования решает вопросы компоновки и размещения элементов и их соединений. Особенностью технологического этапа является подготовка документации.

Исходя из описания процесса проектирования радиоэлектронных средств, выделенных объектов и их атрибутов, разработанной структуры связей была построена ER-диаграмма на логическом уровне.

В результате было выделено 6 сущностей-объектов:

Работа
Устройство
Бюджет

Сроки
Элементная база
Статус
База неисправностей

Сущность «Устройство» состоит из следующих атрибутов: id_устройства, номер паспорта, название устройства, класс, вид, описание, назначение, кол-во элементов, способ защиты, основное излучение, внеполосное излучение, рабочее напряжение, допустимое отклонение по напряжению, ток срабатыв., ток отпускаяния, сопротивление, габариты, масса, срок эксплуатации,

Сущность «Работа» состоит из следующих атрибутов: id_работы, название работы, описание работы, сложность, узел1, узел2.

Атрибут id_устройства является внешним ключом сущности «Работа».

Сущность «Статус» состоит из следующих атрибутов: id_статуса, название, % выполнения и описание.

Атрибут id_статус является внешним ключом сущности «Работа» и «Проект».

Сущность «Элементная база» состоит из следующих атрибутов: id_элемента, вид элемента, флаг активного элемента, флаг пассивного элемента, название элемента, компания, назначение, стоимость, номинальное сопротивление, допустимое отклонение от номинала, номинальная мощность рассеивания, предельное рабочее напряжение, температурный коэффициент сопротивления (ТКС), знак ТКС, коэффициент старения, шум, габариты,

Атрибут id_работы является внешним ключом сущности «Элементная база». Атрибут id_элемента является внешним ключом сущности «Работа». У этих сущностей прослеживается связь «многие-ко-многим»

Сущность «Сроки» состоит из следующих атрибутов: начало работы, окончание работы, планируемое начало, планируемое окончание, действительное начало, действительное окончание, длительность, планируемая длительность, текущая длительность, реальная длительность.

Атрибут id_работы является внешним ключом сущности «Сроки».

Сущность «Бюджет» состоит из следующих атрибутов: бюджет общий, планируемый расход, текущий расход, требуемый расход, остаток средств.

Атрибут id_работы является внешним ключом сущности «Бюджет».

Сущность «База неисправностей» состоит из следующих атрибутов: id_неисправности, название неисправности, описание неисправности, сложность, узел1, узел2, возможность ремонта,

Атрибут id_элемента является внешним ключом сущности «База неисправностей».

Литература

1. Воловикова Е. В., Увайсов С. У. Метод диагностирования радиоэлектронных устройств на основе комплексного электротеплового моделирования // Информационные технологии: Ежемесячный теоретический и прикладной науч.-техн. журн. – М.: Издательство «Новые технологии», 2009, № 10 – с. 57-60.
2. Увайсова А.С. Создание информационно-аналитической системы для мониторинга и анализа состояния объектов строительства // Ежегодная межвузовская научотехническая конференция студентов аспирантов и молодых специалистов им. Е.В. Арменского: Сб. науч. тр. Москва, 2017. С. 80-111.
3. Uvaysova A. Creating information-analytical system for monitoring and analysis the building object // Materials of conference “Information Innovative Technologies”. Prague, 2017. P. 110- 112.
4. [Электронный ресурс]. URL: <https://studfiles.net/preview/720297/> (дата обращения 10.09.2018)

ПРИМЕНЕНИЕ LED СПЕКТРОЭЛЛИПСОМЕТРИИ В МОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ СРЕД

Ковалев В.В., Увайсова С.С.*, Увайсов С.У.**
ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, *НИУ ВШЭ, **РТУ МИРЭА
+7 (926) 693-77-58, ellipsometry@yandex.ru

Эллипсометрия и фотометрия являются оптическими техниками, использующие изменения поляризации света после взаимодействия и отражения от исследуемого образца. Они применяются для моментального определения оптических характеристик поверхностей, разделов сред и тонких пленок в твердотельной физике, жидкостях и гидрохимических исследованиях. Диагностика жидкостей дает возможность оценить концентрацию растворенных и взвешенных в жидкости химических веществ, а также определить пятна загрязняющих веществ на поверхности воды. Необходимость измерения малых

концентраций загрязнения воды требует просвечивания в отношении толстых слоев при измерении коэффициента поглощения, что хорошо согласуется с высокой коллимацией лучей и высоким отношением сигнал / шум характерных для светодиодных источников излучения. В статье представлен разработанный нами простой автоматический фотометр-рефрактометр с широкими метрологическими возможностями, который использует набор из 8 светодиодов в спектре от 365нм до 780нм.

Ключевые слова: спектрометрия, фотометрия, поляризационная оптика, мониторинг, водная среда.

Application of LED spectroellipsometry in monitoring aquatic environment. Kovalev V., Uvaysova S.* V., Uvaysov S.**, Kotelnikov's Institute of Radioengineering and Electronics, *NRU HSE, **RTU MIREA

Ellipsometry and photometry is an optical technique that uses the change in the state of light polarization after reflection and refraction for the in-situ and real-time characterization of surfaces, interfaces, thin films in the physics, and liquid solutions in the hydro chemical researches. The diagnostics of liquids gives possibility to assess the concentration of chemicals dissolved and weighed in the liquid as well as to determine the spots of pollutants at the water surface. The need to measure small concentrations of water pollution requires translucence with respect to thick layers while measuring the absorption coefficient. Good collimation of beams and a high signal-to-noise ratio are provided by LED radiation sources. The article presents a simple automatic photometer-refractometer developed by us with wide metrological capabilities, which uses a set of 8 LEDs in the spectrum from 365nm to 780nm.

Keywords: spectroellipsometry, photometry, polarization optics, monitoring, aquatic environment.

Введение

Все возрастающая с каждым годом нагрузка на экологию требует разработки новых технических средств мониторинга атмосферы и водных бассейнов. На сегодняшний день опыт, полученный мировым сообществом, показывает, что уменьшить антропогенную нагрузку можно за счет применения прогрессивных научно-технических методов мониторинга окружающей среды[1]. Задача измерения концентрации химических элементов является важной для мониторинга загрязнения водных бассейнов. Решение ее позволяет контролировать и регулировать на качественно новом уровне водные экосистемы, которые являются главными регуляторами условий жизни планеты.

Для решения задач мониторинга водных сред нами был разработан спектральный фотометр-рефрактометр, не имеющий в своем составе движущихся поляризационных элементов и использующий в качестве источника излучения набор светодиодов. Установка использовалась в рамках гидрохимических исследований в Южном Вьетнаме для диагностики различных водных объектов, включая реки, бассейны для рыбной промышленности и акватории Южно-Китайского моря[2].

Эти исследования показали удивительную отзывчивость и надежность данных измерений, математический анализ которых позволяет оценить водные химические характеристики. В действительности, необходимо решить многоканальную обратную задачу, когда спектроэллипсометрические данные интерпретируются как концентрации химических веществ в водном составе. Разумеется, спектроэллипсометрические измерения характеризуются устойчивостью спектральных изображений. Однако существует множество проблем, связанных с калибровкой измерений при использовании солнечного света, которые стоит учитывать.

Спектроэллипсометрическая технология была успешно использована для изучения жидких растворов в медицине и для диагностики уровней загрязнения водной среды. Решение задач, которые при этом возникали, было реализовано с помощью серии алгоритмов. В данной статье описываются некоторые алгоритмы постоянно внедряемых новых подходов к спектроэлектрометрической и фотометрической технологии.

Инструментарий и алгоритм его использования

Фотометры и рефрактометры широко используются для изучения оптических свойств жидкостей в различных областях науки и техники. Мы разработали и изготовили конструктивно простой автоматический фотометр-рефрактометр с высокими метрологическими возможностями, в котором используется набор из 8 светодиодов с пиками длины волны излучения от 365 до 780 нм. Технология совместного использования спектроэлектросиметрии и алгоритмов идентификации и распознавания позволяет создать стандартный интегральный комплекс инструментальных, алгоритмических, модульных и программных инструментов для сбора и обработки данных по качеству водной среды с функциями прогнозирования и принятия решений. Эта измерительная система использует перспективный метод оптических измерений, оригинальную элементную базу поляризационной оптики и комплексный математический подход к оценке качества водного объекта, подверженного антропогенному воздействию. Фотометр-рефрактометр не имеет вращающихся элементов поляризации. Это позволяет увеличить отношение сигнал / шум и долгосрочную стабильность измерений, упростить и

снизить цену многоканальных спектроэллипсометров. Аппаратно-программный комплекс будет ориентирован и обучаем на распознавание (идентификацию) загрязнителей водной среды.

В ходе измерений интерпретация полученных спектров позволяет распознавать две альтернативные гипотезы: H_0 (вода нормальная) и H_1 (вода является дефектной). Серия предложенных алгоритмов имеет более широкие функции, позволяющие более детально диагностировать качество воды. Эти алгоритмы основаны на кластерном анализе и распознавании спектральных изображений. Определение структуры жидкого раствора или получение содержащихся химических элементов возможно после создания спектральных эталонов в базе данных программного обеспечения.

Идентификация спектрального изображения рассматриваемого жидкого раствора осуществляется путем сравнения его векторных изображений $E_\Delta(X_1, \dots, X_n)$ и $E_\Psi(Y_1, \dots, Y_n)$, измеренных спектроэллипсометром, с сериями эталонов в базе данных. Здесь E_Δ - интенсивность света в фотодетекторе, E_Ψ - тангенс относительного угла сдвига фаз для двух ортогональных поляризованных компонентов. Пространство спектральных изображений формируется в процессе обучения с использованием спектрометрической системы. Эта процедура реализуется в лабораторных условиях, когда спектральные изображения и химический анализ реализуются в одно и то же время.

Расстояние между векторными идентификаторами рассчитывается с помощью следующего среднего значения:

$$\delta = \min_S \rho \left\{ \left| E_\Delta^S - E_\Delta^X \right| - \left| E_\Psi^S - E_\Psi^Y \right| \right\} = \frac{1}{4n} \min_i \left[\sum_{j=1}^n |X_j - A_j^{\Delta,i}| + \sqrt{\sum_{j=1}^n (X_j - A_j^{\Delta,i})^2} + \sum_{j=1}^n |Y_j - A_j^{\Psi,i}| + \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_j - A_j^{\Psi,i})^2} \right] \quad (1)$$

где $\{X_j\}$ и $\{Y_j\}$ - векторные идентификаторы спектра, $\{A_j\}$ - спектральные эталоны в базе данных.

Использование уравнения (1) дает лучший результат по сравнению с применением других известных критериев близости спектральных кривых. Вот почему в этом случае существует минимальный риск пропустить ситуацию с опасным загрязнением водохранилища. В общем случае обычно используются следующие методы:

- *Кластерный анализ.* В этом случае для $\text{Cos}\Delta$ и $\text{Tan}\Psi$ образуются два типа кластеров, где Δ и Ψ - эллипсометрические углы, соответствующие коэффициентам комплексного амплитудного отражения для двух разных поляризаций. Решение принимается взвешенными значениями (1).

- *Алгоритм несоответствия между спектрами.* Оценено среднее расстояние между ординатами как для спектров, так и для изучаемого случая, и решение принимается с учетом минимального значения этого расстояния.

- *Алгоритм несоответствия между векторами эталона.* В этом случае решение принимается с учетом минимального δ .

- *Решение обратной задачи.* Этот алгоритм основан на линейной зависимости оптического спектра от концентрации химических элементов в водном растворе. В этом случае решаются две суб-определенные системы линейно-алгебраических уравнений.

Экспериментальные результаты

Светодиодный фотометр-рефрактометр использовался в различных лабораторных условиях и на месте. В таблице 1 показан пример векторных идентификаторов, рассчитанных для 5% -ого раствора MgSO_4 . В таблице 2 приведены экспериментальные результаты, которые дают возможность сравнения выше упомянутых алгоритмов. Мы видим, что риск ошибки возрастает с увеличением концентрации химических элементов. Это вызвано тем, что расхождение между спектрами уменьшается с увеличением концентрации химических веществ. В этом случае необходимо расширить базу данных спектральных эталонов.

Таблица 1 - Пример элементов базы данных

Раствор	$\text{MgSO}_4(5\%)$	
	Q_Δ	Q_Ψ
Q	21.6	43.1
	0.17	0.89
	0.1	0.04
	143	201
Векторные идентификаторы	0.67	0.59
	0.12	0.09
	2	3
	0.16	0.15
	0.21	0.01

Таблица 2 - Сравнительная оценка алгоритмов распознавания спектральных изображений водных растворов

Объект исследования	Алгоритм идентификации и его ошибка (%)			
	Кластерный анализ	Алгоритм несоответствия между спектрами	Алгоритм несоответствия между векторами эталона, применяя выражение (1)	Решение обратной задачи
CuSO4	15	12	8	7
NaCl	17	11	7	5
NaHCO3	16	10	5	5
NH4OH	21	13	9	6
ZnSO4	22	12	8	6
Potassium iodide	13	10	6	4
Na+Cu+Zn+Mn+glucose	18	9	9	8
Furaciline	23	11	5	5
Bifidobacterium	14	10	4	4

Заключение

Технология совместного использования спектроэллипсометрии, фотометрии и алгоритмов обнаружения и классификации позволяет создать оригинальную систему аппаратных, алгоритмических, модульных и программных инструментов для сбора и обработки данных о водной среде с функциями прогнозирования и принятия решений. Программный комплекс имеет потенциал к росту эффективности проводимых измерений с учетом использования методов математической статистики, теории распознавания образов и математического моделирования.

Литература

1. Ищенко А.Н. Актуальные проблемы мониторинга водных объектов. / Вода: химия и экология. - 2010. - № 7. - с. 2-5.
2. Ковалев В.И., Руковишников А.И., Мкртчян Ф.А., Ковалев В.В., Ковалев С.В. Автоматический светодиодный фотометр - рефрактометр для исследования жидких сред. / Доклады МНТОРЭС им. А.С. Попова, Серия: Проблемы экоинформатики. – 2016. - №12. - с. 215-216.

СТАТИСТИКО-ФИЗИЧЕСКИЙ ПОДХОД КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Гродзенский С.Я., Гродзенский Я.С
Москва, МИРЭА - Российский технологический университет

В докладе изложен способ определения механизма отказов изделия, когда непосредственный технический анализ невозможен или крайне затруднен. Дана оригинальная трактовка наблюдаемой зависимости интенсивности отказов от времени. Показана связь статистико-физического подхода с теорией вариабельности Шухарта.

Ключевые слова: Надежность, статистико-физический подход, смесь распределений, вариабельность.

Statistical-physical approach as a means of quality control of electronic devices. Grodzenskiy S.Ya., Grodzenskiy Ya.S., MIREA – Russian Technological University

The report describes a method for determining the mechanism of product failures, when direct technical analysis is impossible or extremely difficult. The original interpretation of the observed dependence of the failure rate on time is given. The connection between statistical-physical approach and the Shewhart variability theory is shown.

Keywords: Reliability, statistical-physical approach, mixture of distributions, variability.

При вероятностно-статистическом подходе к решению проблемы надежности игнорируются физические и физико-химические процессы, определяющих старение и износ и ограничивающие долговечность изделий. Необходимость разработки физических и физико-статистических методов декларируется на протяжении последних десятилетий. Физический подход к проблеме надежности обычно основан на изучении соотношения прочности исследуемого объекта и приложенной нагрузки,

исследовании физической природы и механизма отказов, а также влияния старения материалов на показатели надежности изделий.

Заметим, что исследование ресурсных свойств приборов на основе физических представлений показывает, что их потенциальные возможности во много раз превышают показатели, рассчитанные путем обработки статистических данных испытаний и эксплуатации. Это объясняется тем, что детерминистические методы игнорируют случайную природу отказов и потому значения показателей надежности, полученные чисто физическим путем, характеризуют потенциальный, достижимый лишь в идеальных условиях ресурс приборов.

Наиболее перспективны методы, совмещающие достоинства статистических и физических подходов. Одна из особенностей эксплуатации электронных приборов и других элементов, используемых в ответственной, например, бортовой аппаратуре в том, что поставщик не имеет возможности провести технический анализ отказавшего объекта, но при этом имеет информацию о значениях наработки отказавших изделий. В такой ситуации может оказаться полезным статистико-физический метод – распределение природы и характера отказов на основе анализа вида и параметров их статистических распределений.

На временной зависимости интенсивности отказов $\lambda(t)$ (рис. 1) – основного показателя надежности сложных систем обозначены три периода: I – период приработки (*early failure period*), называемый «детскими болезнями», II – период постоянной интенсивности отказов (*constant failure rate period*) – «нормальная эксплуатация» и III – *период износовых отказов (wearout failure period)*.

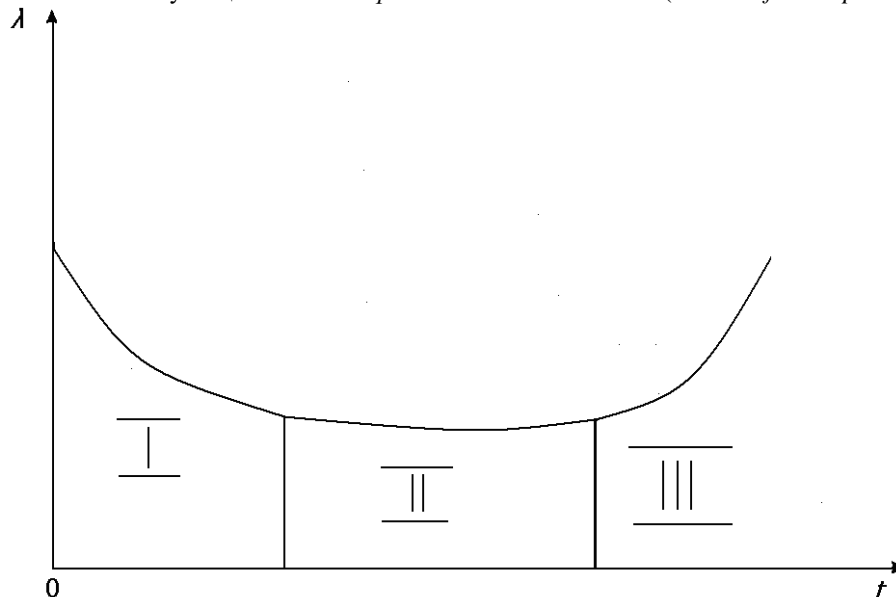


Рис. 1. Характерная зависимость интенсивности отказов технических объектов от времени

Шведский математик и инженер предложил двухпараметрическую функцию распределения вероятностей $F(t)$:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{T}\right)^s\right], \quad (1)$$

где T, s , – соответственно параметры масштаба и формы.

Распределению Вейбулла оказалось универсальной моделью для описания надежности изделий в различные периоды эксплуатации. Оно позволяет описать интенсивность отказов отдельно на любом из характерных периодов (рис. 1): в период «детских болезней» $s < 1$, в период «нормальной эксплуатации» $s = 1$ (получается экспоненциальное распределение, при котором интенсивность отказов постоянна, в период износа $s > 1$. Таким образом, связывая численные значения параметра формы распределения с видом отказа, можно высказать предположение: при $s < 1$ отказ характеризует период приработки; при $s = 1$ – «нормальную эксплуатацию», а при больших величинах параметра формы – износ. И, таким образом, намечать соответствующие меры по устранению отказов.

Статистико-физический подход в такой постановке был применен при анализе надежности усилительного клистрона КИУ-12.

Все данные по наработкам отказавших клистронов разбивались по видам отказов (всего четыре основных вида). При обработке данных о наработках изделий, отказавших вследствие определенного вида оценивалось значение параметра формы распределения Вейбулла. Затем значение параметра формы

связывалось с характером отказа. Результаты такого статистико-физического анализа приводятся в табл.1.

Таблица 1 – Параметр формы распределения Вейбулла, отнесенный к различным видам отказов мощного усилительного клистрона КИУ-12

Вид отказа	Параметр формы	Характер отказа
Пробой изолятора	0,5	Конструкторско-технологический отказ (характеризует период приработки)
Ухудшение вакуума	0,9	Переход от периода приработки к нормальной эксплуатации
Частые пробои	1,0	Отказ характеризует период нормальной эксплуатации
Ухудшение эмиссии	2,1	Износный отказ

Однако, когда временная зависимость интенсивности отказов приборов имеет выраженные периоды приработки (I) и износа (III) (рис. 1), распределение Вейбулла оказывается недостаточным. В связи с этим давно ведется поиск универсального распределения. Нами предлагается использовать модель расходования ресурса, согласно которой в период I надежность объекта обусловлена в основном его начальным качеством, а в период III – определяется скоростью накопления необратимых изменений. Что касается периода II, то здесь имеет место примерное постоянство интенсивности отказов, обусловленное тем, что \square_1 и \square_2 уравниваются (рис. 2).

Из рис. 2 можно заключить, что наблюдаемая зависимость интенсивности отказов от времени определяется двумя составляющими: одна вызвана неоднородностью начального качества изделий, а другая – случайным характером накопления необратимых изменений. Исходя из такой интерпретации "лямбда-характеристики", для описания надежности элементов систем управления (в частности, изделий электронной техники) предложено использовать смесь экспоненциального и вейбулловского распределений.

Вероятность безотказной работы задается выражением

$$P(t) = C \exp(-t/T_1) + (1 - C) \exp[-(t/T_2)^s], \quad (2)$$

где C – удельный вес экспоненциальной компоненты, T_1 – масштабный параметр экспоненциальной составляющей, T_2, s – параметры масштаба и формы вейбулловской компоненты; при этом $T_2 > T_1, 0 \leq C \leq 1, s \geq 1$.

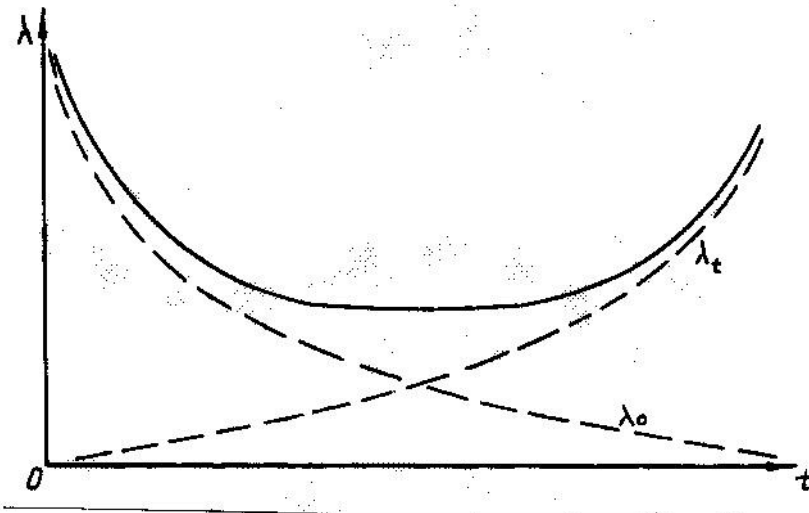


Рис. 2. Интерпретация «лямбда-характеристики», отвечающей модели отказов «смесь распределений экспоненциального и Вейбулла».

Легко устанавливаются частные случаи вероятности безотказной работы, описываемой уравнением (2): при $C = 1$ она совпадает с вероятностью при экспоненциальном законе, при $C = 0$ – при распределении Вейбулла, при $s = 1$ – вероятность при смеси двух экспоненциальных законов (физически это означает, что старение отсутствует).

Параметрам, входящим в зависимость (2), можно придать физический смысл: \square_1 характеризует скорость приработки – чем ниже значение \square_1 , тем быстрее устанавливается нормальная эксплуатация; T_2 определяет значение интенсивности отказов в период нормальной эксплуатации; s – скорость процесса

износа, при этом, чем больше s , тем сильнее выражены процессы старения и износа; C определяет начальное значение интенсивности отказов ($t = 0$) и долю внезапных отказов.

Результаты исследования надежности в эксплуатации нескольких видов мощных приборов сверхвысоких частот показывают, что даже при относительно небольших массивах (несколько десятков) исходных данных удается получить устойчивые выводы и дать их статистико-физическую интерпретацию. Оценка параметров, входящих в зависимость (2), проводилась методом наибольшего правдоподобия, а в качестве начальных приближений брались оценки, получаемые методом моментов – корни системы четырех трансцендентных уравнений с четырьмя неизвестными. Пример уравнения надежности, составленного для вышеупомянутого клистрона КИУ-12, имеет вид:


(3)

На основании полученного выражения (3) можно высказать такие физические выводы относительно эксплуатационной надежности изделия:

- доля приборов, теряющих работоспособность в результате каких-либо скрытых дефектов, не превышает нескольких процентов (по значению $C = 0,03$);
- отказы изделий, содержащих скрытые дефекты, распределены во времени экспоненциально со средней наработкой 800 ч. ($T_1 = 800$);
- средняя наработка приборов, отказывающихся вследствие естественного износа, определяется через параметры распределения Вейбулла по формуле $T_2 \Gamma(1 + 1/s)$, где Γ – знак гамма-функции, и составляет 8430 ч., что соответствует ожидаемому ресурсу прибора (значение параметра формы характеризует распределение деградиационных отказов).

Результат статистико-физического анализа хорошо согласуется с данными технического анализа причин и характера отказов, что свидетельствует о работоспособности метода.

Статистико-физический метод был применен при анализе надежности ряда изделий, выпускаемых предприятием. Для каждого изделия расчеты проводились в двух вариантах: по полностью определенной выборке (использовались данные о наработках только отказавших приборов, число которых колебалось от нескольких десятков до нескольких сотен) и с учетом изделий, продолжающих работать. Результаты расчетов для обоих вариантов оказались практически близкими.

Результаты оценки параметров смеси распределений по полностью определенным выборкам приведены в табл.2.

Таблица 2 - Параметры смеси распределений экспоненциального и распределения Вейбулла для изделий электронной техники различных классов

Наименование изделия	$T_{cp}, \text{ч.}$	Параметры смеси распределений			
		C	T_1	T_2	s
Лампа бегущей волны № 1	1503	0,03	511	10931	1,64
Лампа бегущей волны № 2	2596	0,05	300	3008	1,50
Магнетрон № 1	5642	0,28	1907	7670	1,29
Магнетрон № 2	9860	0,20	2019	12557	1,20
Усилительный клистрон № 1	789	0,75	716	1007	1,00
Усилительный клистрон № 2	7116	0,08	776	8438	1,43
Усилительный клистрон № 3	1009	0,14	275	1250	1,49

Малое значение C для ламп бегущей волны № 1 и № 2 объясняется результатами целенаправленной работы по сопряжению приборов с аппаратурой, а также тем, что эти приборы эксплуатируются на единственном объекте эксплуатации. Надежность усилительного клистрона № 1 описывается смесью двух экспонент, что говорит об отсутствии износных отказов.

Аналогичная задача решается в эконометрике, где она ставится как анализ моделей с переменной структурой. В случае смеси двух распределений говорят о бинарных переключениях – в выборке имеются только обычные наблюдения и выбросы [1].

$$f(x) = (1 - \varepsilon) f_0(x) + \varepsilon f_1(x).$$

Предполагается, что с некоторой малой вероятностью ε в выборке наблюдений могут появляться «выбросы». Задача состоит в том, чтобы разделить выборку на подвыборки обычных наблюдений и «выбросов». С этой точки зрения параметр C в зависимости (2) представляет собой «выброс» и должен иметь по возможности малое значение. Здесь, по нашему мнению, уместно вспомнить теорию варибельности Шухарта, который в свое время ввел понятие «процесс, находящийся в управляемом состоянии» (*In-control process*), если лежащее в его основе распределение определяющего параметра остается практически неизменным во времени [2].

Разброс наблюдаемых результатов можно объяснить наличием постоянной системы случайных причин, которые представляют естественную часть процесса и называются общими причинами отклонений (*common causes of variation*). Если с течением времени распределение меняется существенно и непредсказуемо, то процесс вышел из-под контроля, стал неуправляемым (*Out-of-control process*). В этом случае отклонение параметров вызывается особыми причинами (*special causes of variation*), которые порождают внешние источники. Шухарт назвал специальные причины *assignable*, что в дословном переводе означает «те, что можно приписать к чему-то определенному». Можно сказать и так, что общие причины связаны с системой, а специальные – с локальным вмешательством в нее. Поэтому специальную причину есть смысл искать и устранять, а для борьбы с общими причинами надо менять систему.

Какое максимальное значение параметра C можно считать допустимым для процесса, находящегося в управляемом состоянии. Джуран сформулировал «правило 85/15» – 85% неполадок при производстве продукции возникают из-за дефектов системы, за которую отвечает руководитель, и только в 15% случаев может быть виноват исполнитель. Деминг до конца жизни анализировал это соотношение (всегда в сторону увеличения ответственности руководителей) и незадолго до кончины пришел к таким цифрам: 98/2 [3]. Очевидно, что значение C для процесса производства в управляемом состоянии должно быть как можно меньше и в любом случае не превышать значения 0,15.

Понимание связи статистико-физического подхода и теории варибельности позволит глубже анализировать надежность технических изделий и в конечном счете эффективнее управлять их качеством.

Литература

1. Айвазян С.А., Березняцкий А.Н., Бродский Б.Е., Дарховский Б.С. Статистический анализ моделей с переменной структурой // Прикладная эконометрика, 2015, т. 39, № 3, с. 84-105.
2. Shewhart W.A. Economic Control of Quality of Manufactured Product. – ASQC, 1931, 1980.
3. Гродзенский С.Я. Управление качеством: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Проспект, 2018. – 320 с.

О НЕКОТОРЫХ МЕТОДАХ АНАЛИЗА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОТКАЗОВ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Авакян А.А., Копнёнова М.В., Рудиков А.А.
ООО «ВАИС – Техника»

Аннотация. Целью данной статьи является логическое и математическое обоснование методов анализа функциональных отказов (АФО) сложных электронных систем (в частности комплексов бортового радиоэлектронного оборудования летательных аппаратов) и безопасности полетов.

Нештатные (отказные состояния) систем имеют различную значимость в зависимости от того каких функций они касаются. По этой причине в статье рассматриваются вопросы формирования структуры функций комплекса, рассматриваются понятия функциональный элемент, функциональный отказ и его виды, структурная схема систем из функциональных элементов и формализация взаимосвязей структуры посредством матрицы связей. Рассмотрены методы расчета вероятностей отказных состояний.

Ключевые слова: функция, компонент, система, функциональный отказ, матрица связей, вероятность.

About some methods for analysis of functions breakdown of complex electronic systems. Avakyan A.A., Romanenko Yu.A., Kopnenkova M.V.

Abstract. The central goal of this article is the logical and mathematical embodiment of methods for analyzing functional failures of complex electronic systems (CES). In particular, CES is on-board radio electric devices for aircraft. Also, the purpose of this article is to complete the synthesis with the reliability characteristics that satisfy the condition of airworthiness standards of flying safety.

Nonstandard (failures) systems have different significance depending on which functions these situations can occur. The report considered questions the formation of the structure of the functions of the CES, as well as the concepts of a functional element, functional failure, and varieties. Structural scheme of CES of functional elements and formalization of basic relationships through a matrix of relationships. Methods for estimating the probability of failure states are examined. The reliability of contemporary systems does not allow the implementation of critical functions i.e. functions whose failures lead to danger and catastrophic situations. Nonstandard (failures) systems have different significance depending on which functions these situations can occur. The report considered questions the formation of the structure of the functions of the CES, as well as the concepts of a functional element, functional failure, and varieties. Structural scheme of CES of functional elements and formalization of basic relationships through a matrix of relationships. Methods for estimating the probability of failure states are examined. The reliability of contemporary systems does not allow the implementation of critical functions i.e. functions whose failures lead to danger and catastrophic situations.

Keywords: function, component, a system (CES), functional failure, a matrix of connections, probability.

Сложная электронная система (СЭС) создается для выполнения комплекса функций. Обозначим множество функций, задаваемых в техническом задании на СЭС через Φ . Комплекс функций Φ имеет обычно иерархическую структуру. На верхнем уровне этой структуры находятся обобщенные функции Φ_i ($i=1, 2 \dots N$). Например, в комплексах бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) летательных аппаратов (ЛА) одной из обобщенных функций является функция «Отображение на экранах индикаторов пилотов пилотажно-навигационной информации», функция Φ_1 . На рис. 1 приведена часть иерархической структуры этой обобщенной функции. Как видно из рисунка, на втором уровне иерархической структуры этой функции находятся две следующие функции: «Отображение на экранах индикаторов пилотов пилотажных параметров» Φ_{11} и «Отображение на экранах индикаторов пилотов навигационной информации» Φ_{12} .

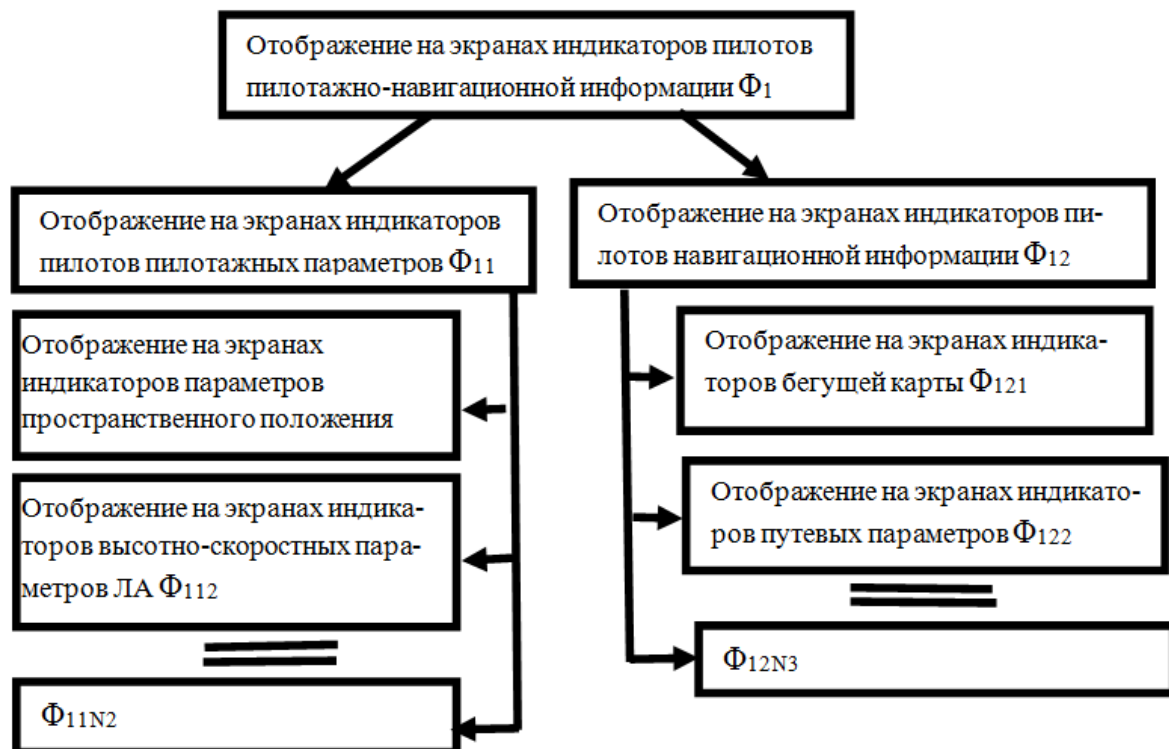


Рис. 1 Иерархическая структура обобщенной функции «Отображение на экранах индикаторов пилотов пилотажно-навигационной информации».

На третьем уровне иерархии находятся функции, касающиеся конкретных параметров. У данной обобщенной функции три уровня иерархии, но могут быть обобщенные функции с большими уровнями иерархии. На последнем уровне иерархии у всех обобщенных функций находятся функции, которые реализуются на функциональных элементах СЭС.

Определим функциональный элемент СЭС следующим образом. «Функциональным элементом СЭС называется часть СЭС, на которой реализована хотя бы одна из функций

последнего уровня иерархической структуры функций СЭС». Каждый функциональный элемент является частью конструктивного элемента СЭС или частью множества конструктивных элементов. В ДО-297 [3] аналогом понятия «функциональный элемент» является понятие «компонент», который определен следующим образом: *Компонент* – автономная часть аппаратных средств, часть программного обеспечения, база данных, контролируемые конфигурацией. Сам по себе компонент не выполняет функцию воздушного судна. Как видно из этого определения компонент включает в свое понятие как аппаратный функциональный элемент, так и программный.

При проектировании СЭС, для отображения функциональных элементов и их взаимных связей в процессе выполнения функций, создается структурная схема СЭС. Структурная схема СЭС формализуется посредством следующей матрицы связей элементов:

$$\begin{vmatrix}
 X_{11}; X_{12}; \dots X_{1j}; \dots X_{1n} \\
 X_{21}; X_{22}; \dots X_{2j}; \dots X_{2n} \\
 \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\
 X_{i1}; X_{i2}; \dots X_{ij}; \dots X_{in} \\
 \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\
 X_{n1}; X_{n2}; \dots \dots \dots X_{nn}
 \end{vmatrix} \tag{1}$$

Диагональные элементы матрицы (1) отображают связь каждого функционального элемента на себя, т.е. с выхода элемента на его вход. Поскольку связи между функциональными элементами могут осуществляться по различным интерфейсам, то каждый идентификатор матрицы (1) дополняется идентификатором соответствующего интерфейса. На матрице (1) эти идентификаторы не показаны, чтобы не загромождать матрицу. Связь структуры функций и структурной схемы СЭС осуществляется посредством того, что каждая функция последнего уровня структуры функций СЭС реализуется на части элементов матрицы (1).

Для отображения связи функциональных элементов со структурой функций, по каждой функции последнего уровня структуры связей создается логическая схема выполнения этой функции. Каждая логическая схема является частью структурной схемы СЭС, а её матрица является подмножеством матрицы (1). Например, рассмотрим функцию Φ_{111} , реализованную посредством следующей двух контурной логической схемы, приведенной на рис. 2. Матрица связей для двух контурной системы, приведенной на рис. 2 имеет следующий вид (2). По диагонали этой матрицы приведены связи на себя шести элементов двух контурной системы, а остальные элементы матрицы (2) отражают связи между элементами каждого контура.

В скобках элементов связи матрицы (2) приведен идентификатор интерфейса, по которому осуществлена связь.

$$\begin{vmatrix}
 X_{11}; \\
 X_{21}; (1)X_{22} \\
 \quad X_{32}; (1)X_{33} \\
 \quad \quad \cdot \quad X_{44}; \\
 \quad \quad \quad X_{54}; (1)X_{55} \\
 \quad \quad \quad \quad X_{65}; (1)X_{66}
 \end{vmatrix} \tag{2}$$

До сих пор мы рассматривали состояние СЭС, когда она выполняет весь комплекс функций, заданных в техническом задании (ТЗ) на неё. В общем случае СЭС может находиться в состоянии, когда она выполняет не полностью функции, заданные в ТЗ. Причиной не полного выполнения функций, заданных в ТЗ являются отказы.

В терминологии по надежности [1], [2] дается следующее определение понятия отказ. **«Отказ – это частичная или полная утрата, или видоизменения таких свойств изделий, которая существенным образом снижает или приводит к полной потере работоспособности»**. Но в ТЗ на СЭС задаются требования не только по выполнению функций, а также требования на конструкцию элементов СЭС и иные требования. Например, если конструкция какого-то элемента СЭС оказалась деформирована (возникла вмятина), а СЭС не потеряла работоспособность, т.е. она продолжает выполнять все функции, заданные в ТЗ, то эти состояния называются дефектными или неисправными, но не отказными.

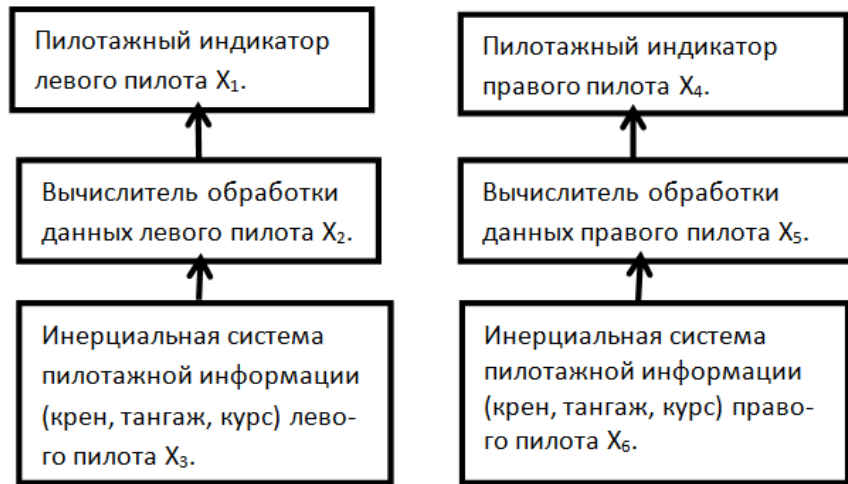


Рис.2 Логическая схема функции Φ_{111} .

Из понятия отказа вытекает одна из важных свойств надежности изделий – **безотказность**. Однако понятие **надежность** раскрывается совокупностью трех понятий: **безотказности, долговечности и ремонтпригодности**. В данной работе мы рассмотрим вопросы анализа функциональных отказов (АФО) СЭС и расчета их вероятностей возникновения.

Для расчета вероятностей возникновения функциональных отказов необходима удобная форма функциональной модели. Логическая схема выполнения функции не полностью формализует отказные состояния функции при отказах её элементов. В качестве примера приведем логическую схему функции Φ_{111} , когда крен тангаж определяется параметрами датчика инерциальной системы и датчика полного давления ППД (рис. 3)

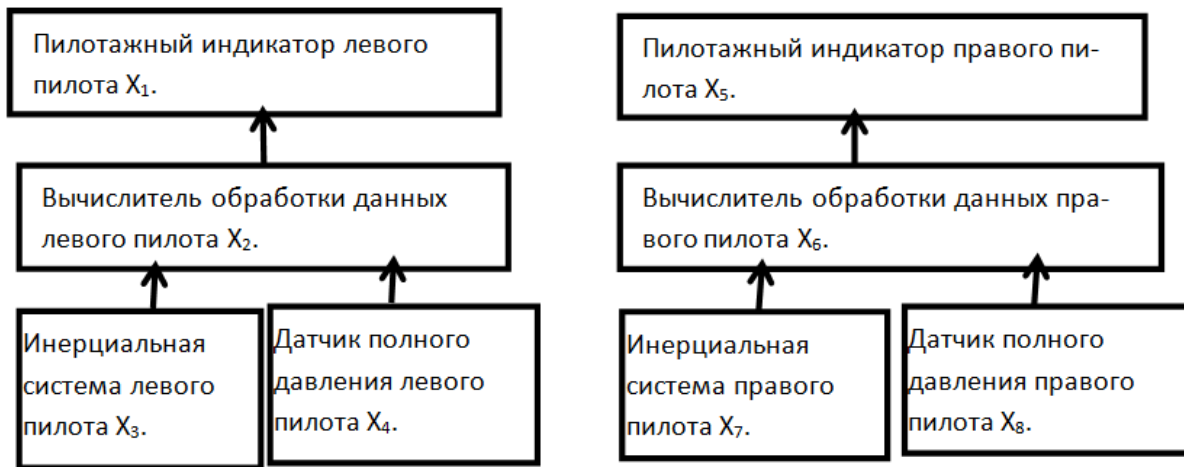


Рис. 3 Логическая схемы функции Φ_{111} , когда крен тангаж определяется параметрами датчика инерциальной системы и датчика полного давления ППД

Исходя из логической схемы (рис. 3) отказ одного из датчиков X_3, X_4, X_7, X_8 не должен приводить к отказу функции Φ_{111} , а на самом деле это отказ функции. Опишем правила формирования логической формулы, которая позволяет решить эту проблему. В состав формул входят идентификаторы функциональных элементов, на которых реализована функция или подфункция. Формулы составляются для контролируемых и не контролируемых отказов функции. При определении функциональных отказов идентификаторы исправных элементов принимают значение 0, а идентификаторы отказавших элементов принимают значение 1. Если арифметический результат вычисления логической формулы больше или равен единице состояние логической формулы определяется как отказавшее. Если арифметический результат равен нулю, то состояние логической формулы определяется, как исправное. Перебираются отказы различных элементов для случаев, когда отказывают по одному элементу, в каждом состоянии, и по два элемента. Вероятность состояния с двумя отказами имеет порядок λ^2 , а с тремя отказами имеет порядок λ^3 . Интенсивность очень ненадежного элемента больше 10^{-3} отказов в час. Тогда вероятность трех отказов не надежного элемента будет иметь порядок 10^{-9} , что значительно меньше (на 10^{-3})

вероятности двух отказов не надежного элемента, поэтому перебор по три отказавших элемента можно не производить.

Формула контролируемого отказа функции Φ_{111} , выполняемой по логической схеме (рис. 3) будет иметь следующий вид:

$$K\Phi_{111}=(KX1+KX2+KX3+KX4)*(KX5+KX6+KX7+KX8) \quad (3)$$

Из формулы (3) вытекает, что при одиночных отказах любого функционального элемента логической схемы (рис. 3) функция Φ_{111} не отказывает. Все отказные состояния будут происходить только при отказах двух элементов в различных контурах. Отказы всех уникальных пар элементов будут составлять все не совместные отказы функции, потому вероятность отказа функции будет равна вероятностной сумме всех не совместных отказов функции.

Для каждого вида функционального отказа по логической модели функции определяются идентификаторы отказавших и не отказавших элементов. Для каждого идентификатора безотказного элемента, а также по идентификаторам с контролируруемыми и неконтролируемыми отказами элементов определяются интенсивность контролируемых и неконтролируемых отказов.

Интенсивность контролируемого отказа λ_k равна [5]:

$$\lambda_k = \lambda_p * \eta \quad (4)$$

Интенсивность не контролируемого отказа λ_n равна [5]:

$$\lambda_n = \lambda_p * (1 - \eta) \quad (5)$$

где:

- λ_p - интенсивность полного отказа;
- η - коэффициент полноты контроля.

По этим данным и модели j -того состояния функции, при котором возникает её отказ, вычисляется вероятность каждого несовместного, для этой функции, состояния по следующей формуле:

$$P_{ojkf} = \prod_{i=1}^{n_0} Q_{\varepsilon i} * \frac{\prod_{i=1}^{n_{\phi}} (1 - Q_{\varepsilon i})}{\prod_{i=1}^{n_0} (1 - Q_{\varepsilon i})} \quad (6)$$

где:

- P_{ojkf} – вероятность возникновения j -того несовместного состояния k -той функции;
- n_0 – число отказавших элементов в модели функции;
- n_{ϕ} – общее число элементов в модели функции;
- $Q_{\varepsilon i}$ - вероятность возникновения отказа i -того элемента функции.

Вероятность возникновения отказа i -того элемента функции вычисляется по следующей формуле:

$$Q_{\varepsilon i} = 1 - e^{-\lambda_{\varepsilon i} * t} \quad (7)$$

Вероятность возникновения видов отказов k -той функции равна сумме вероятностей всех её j -тых отказных состояний этой функции, т.е.:

$$P_{okf} = \sum_{j=1}^l P_{ojkf} \quad (8)$$

где l - число отказных состояний k -той функции.

По каждому виду функционального отказа проверяется соответствие расчетной вероятности отказа норме летной годности [4]:

Литература

1. Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев Математические методы в теории надежности», изд. «Наука», Москва, 1965 г.
2. Теория надежности в области радиоэлектроники. Терминология. Изд. АН СССР, 1952 г.
3. Руководство по вопросам разработки и сертификации интегрированного модульного авиационного радиоэлектронного оборудования (ИМА) ДО-297. RTCA, Incorporated, 1828 L St NW,, NW,, 805 Washington, 2005г..(Перевод). SC-200 © 2005, RTCA IncНормы летной годности АП-23 ред. 4 – 2014.
4. А.А.Авакян, В.В.Клюев Синтез сложных многофункциональных отказоустойчивых систем электроники. Издательский дом «Спектр», Москва, 2014 г
5. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей, 3-е изд., переработанное. – М.: Физматгиз, 1962.
6. Крамер Г. Математические методы статистики / Под ред. А.Н. Колмогорова. – М.: Мир, 1973.

РЕШЕНИЕ МНОГОМЕРНЫХ УРАВНЕНИЙ ПЛОТНОСТЕЙ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПРИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИИ ПО Y ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА

Емельянов В.М., Добровольская Т.А., Емельянов В.В.
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»
+7 (904) 523-20-45, emelianov@nm.ru

Рассмотрены результаты составления и решения системы многомерных дифференциальных по Y корреляционных уравнений эллипсов распределения плотностей вероятностей при идентификации наночастиц коллоидного золота на волокнах полиэфира с многомерными корреляционными составляющими рамановских поляризационных спектров. Предложен метод повышения точности и быстроты действия идентификации наночастиц золота на полиэфирных волокнах с учетом продольной и поперечной поляризации лазерного излучения по всему диапазону спектра с анализом последовательно и по порядку одновременно 2 пиков по X -поперек и по Y -вдоль волокон. При решении системы с использованием нелинейного квадратического и дифференциального по Y уравнений плотностей вероятностей возникает неопределенность, устранение которой используется численная добавка $\Delta = +0.02265$.

Ключевые слова: векторно-матричное моделирование, системы многомерных дифференциальных корреляционных уравнений, полиэфирное волокно, наночастицы коллоидного золота, рамановские спектры, поляризационные характеристики рамановской спектроскопии, достоверность распознавания, плотность вероятностей пересечения разбросов нормальных двухмерных распределений, точность идентификации наночастиц.

Solution of multidimensional equations probability density under differentiation by y for identification gold nanoparticles. Emelyanov V.M., Dobrovolskaya T.A., Emelyanov V.V., "South-Western State University"(SWSU)

The results of the compilation and solution of a system of multidimensional differential equations with respect to Y of the ellipses of the distribution of probability densities in the identification of colloidal gold nanoparticles on polyester fibers with multidimensional correlation components of Raman polarization spectra are considered. A method is proposed for increasing the accuracy and speed of identification of gold nanoparticles on polyester fibers, taking into account the longitudinal and transverse polarization of laser radiation over the entire spectral range, analyzing in sequence and in order simultaneously 2 peaks along the X -transverse and along the Y -along the fibers. When solving a system using a non-linear quadratic and differential probability density equations in Y , an uncertainty arises, the elimination of which is used by the numerical addition $\Delta = + 0.02265$.

Keywords: vector-matrix modeling, systems of multidimensional differential correlation equations, polyester fiber, colloidal gold nanoparticles, Raman spectra, polarization characteristics of Raman spectroscopy, reliability of recognition, density of probabilities of intersection of spreads of normal two-dimensional distributions, accuracy of nanoparticle identification.

Введение

В данной работе рассматривается возможное увеличение количества уравнений для решения системы за счет использования дифференцирования по Y при оценке по плотности вероятности в точке пересечения эллипсов распределения пиков рамановского поляризационного спектра при идентификации наночастиц серебра на поверхности полиэфирных волокон.

Идентификация наночастиц на волокнах полиэфира приведена в работах [1-2]. Но эти методы не дают достаточной точности решения и автоматически не позволяют решать систему уравнений при определении режимов нанесения наночастиц на волокна и особенно изменение количества частиц при эксплуатации. Из-за большой трудоемкости ручной подготовки и подбора значений эквивалентных радиусов эллипсов распределения решение задачи представляет большое неудобство и очень медленное по времени.

Обеспечить решение системы нелинейных квадратических уравнений с количеством параметров до 9 в аналитической алгебраической форме обычного вида не представляется возможным из-за громоздкости записи. В данной работе использовался метод составления только для системы квадратических дифференциальных корреляционных уравнений с двумя неизвестными при решении задачи с векторно-матричной формой для возможности в дальнейшем перейти к системе уравнений с большим количеством неизвестных.

Постановка проблемы

Были предварительно проведены эксперименты по составлению и решению квадратических дифференциальных корреляционных уравнений случайных значений распределения пиков спектров рамановского комбинационного излучения, при этом выявлены корреляционные матрицы и параметры распределений с учетом поляризации излучения по X- поперек и по Y - вдоль волокон одновременно за одно измерение [3-12].

При решении системы дифференциальных корреляционных уравнений выявлена неопределенность, заключающаяся в том, что при проверке решения по графическому пересечению эллипсов распределения без наночастиц и с наночастицами появлялись две точки пересечения. При этом плотности вероятностей пересечения эллипсов были не равны значениям, найденных при решении нелинейных квадратических уравнений [13]. Разность этих значений была существенной, а точность составляла 100.7%. Такая точность для идентификации наночастиц серебра является недопустимой. Такую точность можно использовать только для предварительных результатов.

Для составления системы дифференциальных корреляционных уравнений используется р- плотность вероятностей пересечения эллипсов распределения в векторно-матричных аналитических выражениях по координатам точек пересечения. В данной работе рассматривается система только двух векторно-матричных аналитических выражений плотностей вероятности $\ln(p)=X^T \cdot \Sigma^{-1} \cdot X$ для p_0 и p_1 [14].

Аналитическое выражение дифференциального корреляционного уравнения $g(x,y)$ получают при дифференцировании уравнения $g(x,y)$ по Y. При этом необходимо подобрать добавку $\Delta=-+0.02265$.

Точность решения системы уравнений невысокая: $f(v_{20}, v_{21})=-3.88 \times 10^{-6}$ и $g(v_{20}, v_{21})=9.90 \times 10^{-4}$ (2).

Это показывает расхождение в точности p_0 и p_1 до 10^{-6} . Однако точность координат пересечения эллипсов распределения зависит от подбора добавки Δ .

$$\Sigma_0 := \begin{pmatrix} 1 & r_{XY0_{i,j}} \\ r_{XY0_{i,j}} & 1 \end{pmatrix} \quad \Sigma_1 := \begin{pmatrix} 1 & r_{XY1_{i,j}} \\ r_{XY1_{i,j}} & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$f_{\text{xx}}(x,y) := \left[\ln \left[\frac{1}{(2 \cdot \pi) \cdot [(|\Sigma_1|)^{0.5}]} \right] + \frac{-1}{2} \cdot \left[\left(\frac{x - \text{MENX}_i}{\sigma \Delta X_i} \quad \frac{y - \text{MENY}_j}{\sigma \Delta Y_j} \right) \cdot \Sigma_1^{-1} \cdot \begin{pmatrix} \frac{x - \text{MENX}_i}{\sigma \Delta X_i} \\ \frac{y - \text{MENY}_j}{\sigma \Delta Y_j} \end{pmatrix} \right] \right]$$

$$- \left[\ln \left[\frac{1}{(2 \cdot \pi) \cdot [(|\Sigma_0|)^{0.5}]} \right] + \frac{-1}{2} \cdot \left[\left(\frac{x - \text{MENX0}_i}{\sigma \Delta X0_i} \quad \frac{y - \text{MENY0}_j}{\sigma \Delta Y0_j} \right) \cdot \Sigma_0^{-1} \cdot \begin{pmatrix} \frac{x - \text{MENX0}_i}{\sigma \Delta X0_i} \\ \frac{y - \text{MENY0}_j}{\sigma \Delta Y0_j} \end{pmatrix} \right] \right]$$

(2)

$$g_{\text{xx}}(x,y) := \frac{d}{dy} \left[\ln \left[\frac{1}{(2 \cdot \pi) \cdot [(|\Sigma_1|)^{0.5}]} \right] + \frac{-1}{2} \cdot \left[\left(\frac{x - \text{MENX}_i}{\sigma \Delta X_i} \quad \frac{y - \text{MENY}_j}{\sigma \Delta Y_j} \right) \cdot \Sigma_1^{-1} \cdot \begin{pmatrix} \frac{x - \text{MENX}_i}{\sigma \Delta X_i} \\ \frac{y - \text{MENY}_j}{\sigma \Delta Y_j} \end{pmatrix} \right] \right]$$

$$- \frac{d}{dy} \left[\ln \left[\frac{1}{(2 \cdot \pi) \cdot [(|\Sigma_0|)^{0.5}]} \right] + \frac{-1}{2} \cdot \left[\left(\frac{x - \text{MENX0}_i}{\sigma \Delta X0_i} \quad \frac{y - \text{MENY0}_j}{\sigma \Delta Y0_j} \right) \cdot \Sigma_0^{-1} \cdot \begin{pmatrix} \frac{x - \text{MENX0}_i}{\sigma \Delta X0_i} \\ \frac{y - \text{MENY0}_j}{\sigma \Delta Y0_j} \end{pmatrix} \right] \right] + 0.02265$$

$\text{xx} := 391.0 \quad \text{yy} := 1470.0$

Giver

$$f(x,y) = 0 \quad g(x,y) = 0$$

$v2 := \text{Find}(x, y)$

$$v2 = \begin{pmatrix} 398.466499 \\ 1448.398814 \end{pmatrix} \quad f(v2_0, v2_1) = -0.0000038768188988 \quad g(v2_0, v2_1) = 0.00099013789523218$$

Плотность вероятности для точки пересечения эллипсов распределения интенсивностей переизлучения рамановских спектров приведена в выражениях (3-4):

$$p_{\text{www}}^0 := \frac{1}{(2 \cdot \pi) \cdot [(\Sigma 0)^{0.5}]} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\begin{pmatrix} \frac{v2_0 - \text{MENX}0}{\sigma \Delta X_0} & \frac{v2_1 - \text{MENY}0}{\sigma \Delta Y_0} \end{pmatrix} \cdot (\Sigma 0)^{-1} \cdot \begin{pmatrix} \frac{v2_0 - \text{MENX}0}{\sigma \Delta X_0} \\ \frac{v2_1 - \text{MENY}0}{\sigma \Delta Y_0} \end{pmatrix} \right)} \quad (3)$$

$$p_{\text{www}}^1 := \frac{1}{(2 \cdot \pi) \cdot [(\Sigma 1)^{0.5}]} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\begin{pmatrix} \frac{v2_0 - \text{MENX}1}{\sigma \Delta X_1} & \frac{v2_1 - \text{MENY}1}{\sigma \Delta Y_1} \end{pmatrix} \cdot (\Sigma 1)^{-1} \cdot \begin{pmatrix} \frac{v2_0 - \text{MENX}1}{\sigma \Delta X_1} \\ \frac{v2_1 - \text{MENY}1}{\sigma \Delta Y_1} \end{pmatrix} \right)} \quad (4)$$

$$p_0 = 0.03777989496468339 \quad p_1 = 0.03777974849915652$$

Если поправка будет не $\Delta = +0.02265$, а $\Delta = 0.0000$, то плотность вероятностей составит: $p_0 = 0.00599536328687636$ и $p_1 = 0.00599536328687635$.

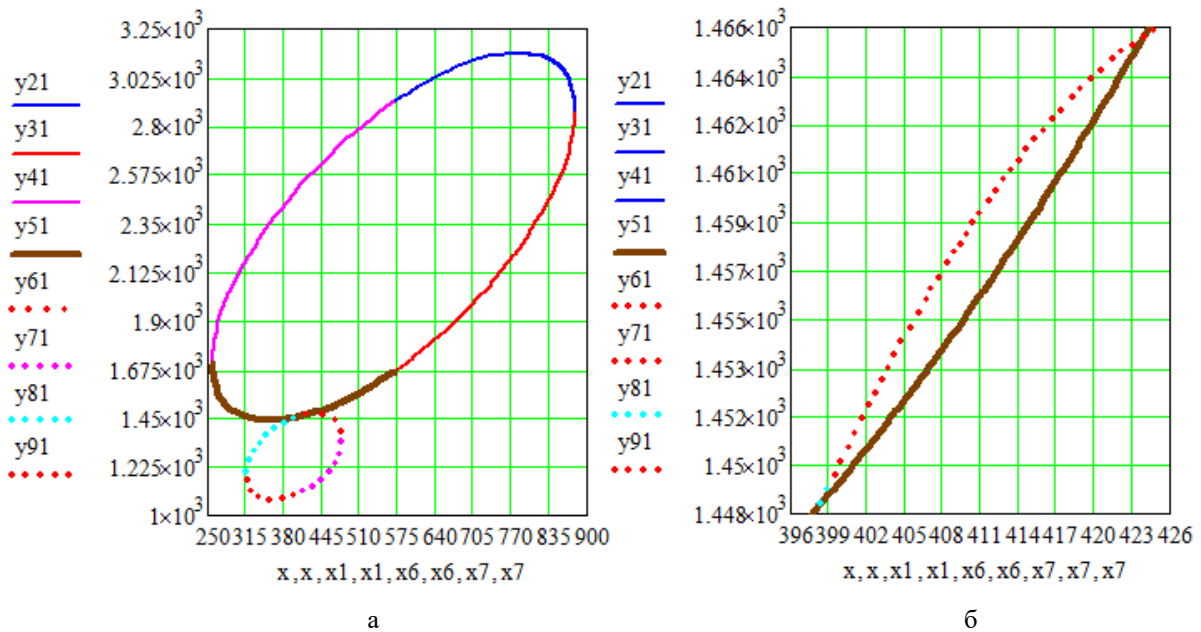


Рисунок 1 – Графическая оценка пересечения эллипсов распределения рамановских спектров при идентификации наночастиц при поляризации Y-вдоль и X-поперек волокон при $\Delta = +0.02265$: а – общий вид; б - увеличенный фрагмент точек пересечения

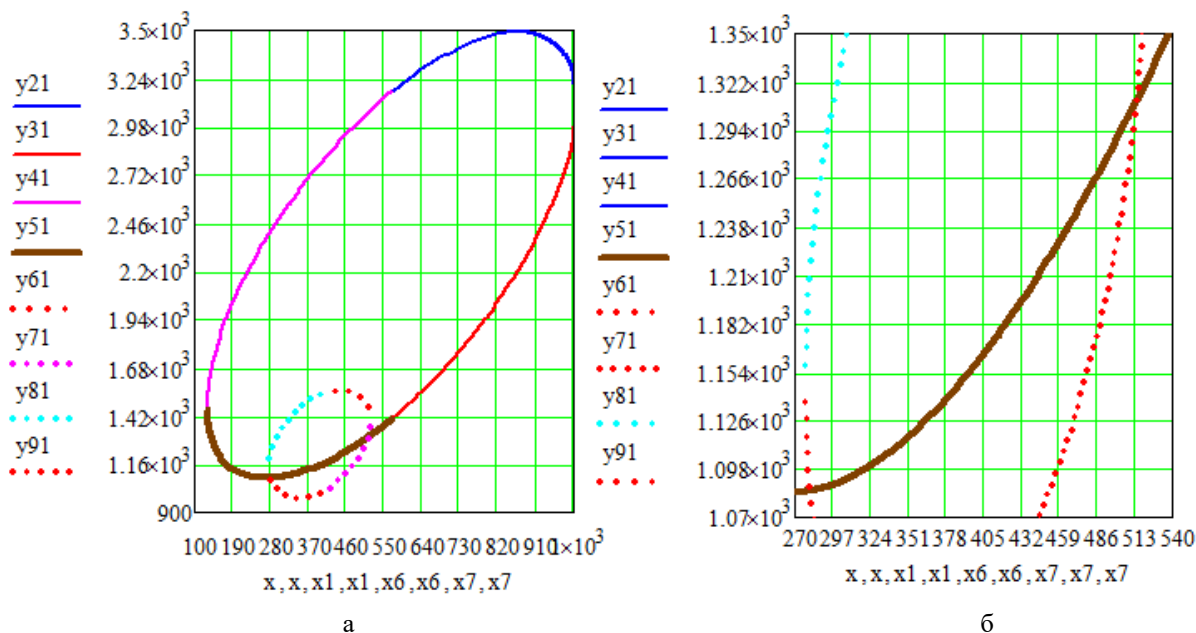


Рисунок 2 – Графическая оценка пересечения эллипсов распределения рамановских спектров при идентификации наночастиц при поляризации Y-вдоль и X-поперек волокон при $\Delta=0.0000$:
а – общий вид; б - увеличенный фрагмент точек пересечения

Заключение

Следует отметить, что при решении дифференциальных уравнений (1-2) выявлена неопределенность в результатах, т.к. возникает пересечение эллипсов в двух точках (рисунок 2) из-за увеличенного радиуса эллипсов распределения рамановских спектров полиэфира без наночастиц и с наночастицами серебра.

Отсюда возникает необходимость вводить добавку $\Delta=+0.02265$. В этом случае эллипсы пересекаются в одной точке (рисунок 1) и неопределенность исчезает. Однако это значение добавки применяется только для одного конкретного решения системы уравнений для определенных параметров. Для других параметров значение добавки необходимо подбирать вручную. Это затрудняет получение результатов с высокой точностью и с высоким быстродействием. Для 100.7% решение можно проводить и без добавки ($\Delta=0.0000$) при любых параметрах системы дифференциальных уравнений и использовать для предварительных результатов.

Практическая точность получения результатов зависит от необходимой разрешающей способности (чувствительности) предложенного метода идентификации наночастиц золота. Для того чтобы обеспечить разрешающую способность 1-2% концентрации наночастиц золота, находящихся на волокнах, необходимо проводить обработку результатов с точностью $(1-2) \times 10^{-4}$, а точность получения значения каждого параметра $(1-2) \times 10^{-6}$.

В данной работе выявлена точность решения по уравнению $f(v_{20}, v_{21}) = -3.88 \times 10^{-6}$ и по уравнению $g(v_{20}, v_{21}) = 9.90 \times 10^{-4}$. Точность получения параметров p_0 и p_1 до 10^{-6} . Точность вычисления неопределенности в пересечении эллипсов составляет 100.7% для уравнений без добавки Δ , а в зависимости от точности добавки Δ зависит и точность вычисления координат для решения уравнений с добавкой Δ .

Задача дальнейших исследований следующая: провести исследования решений системы дифференциальных уравнений при дифференцировании совместно по X и Y, объединить эти методы при дифференцировании по X и Y одновременно для исключения применения добавки Δ .

Литература

1. Емельянов В.М., Добровольская Т.А., Емельянов В.В., Орлов Е.Ю. Достоверность контроля наночастиц серебра на полиэфирных волокнах по составляющим рамановских спектрограмм с учетом информационной неопределенности/ Фундаментальные исследования. - 2013. - №10. - с. 3310-3315.
2. Емельянов В.М., Добровольская Т.А., Данилова С.А., Емельянов В.В. Математическое моделирование рамановских спектрограмм при осуществлении контроля наночастиц серебра на полиэфирных волокнах / Естественные и технические науки. - 2013. - № 6. - с. 415-417.
3. Dobrovolskaya T.A., Emelyanov V.M., Danilova S.A., Emelyanov V.V., Butov K.V. Development of a technique of an analytical assessment of crossing of ellipses of distribution on polarizing

Raman ranges at identification of nanoparticles of silver on polyester fibers / Journal of Nano- and Electronic Physics. – 2015 - Vol. 7. – No 4. - p. 04032-1 - 04032-3.

4. Емельянов В.М., Добровольская Т.А., Емельянов В.В., Бутов К.В. Многомерная корреляционная оценка наличия наночастиц серебра на полиэфирных волокнах по поляризационным рамановским спектрам/Фундаментальные исследования.- 2015. - №8. ч. 2. – с. 261-267.

5. Емельянов В.М., Добровольская Т.А., Данилова С.А., Емельянов В.В., Бутов К.В. Векторно-матричная аналитическая модель распознавания наночастиц серебра на полиэфирных волокнах по поляризационным рамановским спектрам /«Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов»: труды XIII Международной конференции. – Курск: ЮЗГУ; НИТУ «МИСиС», 2016.- ч.1. – с.295-300.

6. Emelyanov V.M., Dobrovolskaya T.A., Danilova S.A., Emelyanov V.V., Butov K.V. Development of two-dimensional analytical model according to polarizing characteristics of the Raman ranges at recognition of nanoparticles of silver on polyester fibers / Journal of Nano- and Electronic Physics. – 2015 - Vol. 7. – No 4. - p. 04007-1 - 04007-4.

7. В.М. Емельянов, Т.А. Добровольская, В.В. Емельянов, К.В. Бутов. Повышение чувствительности идентификации наночастиц серебра на полиэфирных волокнах при полном векторно-матричном моделировании пересечения эллипсов распределения рамановских спектров // Труды XIII международной научно-практической конференции «Инновационные, информационные и коммуникационные технологии» (ИНФО-2016), 1-10 октября 2016, Сочи. С.247-350.

8. V.M. Emelyanov, T.A. Dobrovolskaya, S.A. Danilova, V.V. Emelyanov, K.V. Butov. Vector-matrix Analytical Model Recognitions of Nanoparticles of Silver on Polyester Fibers on Polarizing Raman Ranges // J. Nano- Electron. Phys. / Sumy State University, 2016, Vol. 8. No3, P. 03002(4pp).

9. T.A. Dobrovolskaya, V.M. Emelyanov, S.A. Danilova, V.V. Emelyanov, K.V. Butov. Assessment of Reliability of Recognition of Nanoparticles of Silver on Polyester Fibers on Two-dimensional Models and Experimental Data of the Raman Ranges // J. Nano- Electron. Phys. / Sumy State University, 2016, Vol. 8. No3, P. 03048(3pp).

10. Емельянов В.М., Добровольская Т.А., Емельянов В.В., Бутов К.В. Распознавание наночастиц серебра на текстильных материалах по поляризационным рамановским спектрам на основе проведения векторно-матричного моделирования// Современные наукоемкие технологии, №9, ч. 1, 2016, С. 41-45.

11. Добровольская Т.А., Емельянов В.М., Емельянов В.В., Бутов К.В. Повышение достоверности распознавания наночастиц серебра на полиэфирных волокнах при моделировании пересечения эллипсов распределения двумерных корреляционных поляризационных рамановских спектров// Современные наукоемкие технологии, №9, ч. 2, 2016, С. 209-212.

12. Емельянов В.М., Добровольская Т.А., Емельянов В.В., Бутов К.В. Проведение компьютерного моделирования при оценке чувствительности идентификации наночастиц серебра на поверхности текстильных материалов// Успехи современной науки, №8, Том 4, 2016, С. 31-38.

13. Т.А. Добровольская, В.М. Емельянов, В.В. Емельянов. Полное векторно-матричное моделирование распределений рамановских спектров полиэфирных волокон с наночастицами серебра // III Международная научно-практическая конференция «Физика и технология наноматериалов и структур», 23-25 мая 2017 года. ЮЗГУ, Курск. С. 41-47.

14. В.М. Емельянов, Т.А.Добровольская, В.В.Емельянов. Оценка чувствительности полного векторно-матричного моделирования пересечения эллипсов распределения рамановских спектров наномодифицированных полиэфирных волокон // III Международная научно-практическая конференция «Физика и технология наноматериалов и структур», 23-25 мая 2017 года. ЮЗГУ, Курск. С. 47-52.

БЕСПЛАТФОРМЕННАЯ ИНЕРЦИАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА МИНИМАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ МАЯТНИКОВОГО ТИПА

Журавлев В.Ф., Переляев С.Е.*

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук
+7 (903) 771-20-48, sergei-perelyaev@mail.ru

Рассмотрены две реализации изотропного осциллятора для целей построения бесплатформенной инерциальной системы принципиально нового типа [1]. Первая реализация осуществляется в виде неконтактного подвеса электропроводящего шара, используемого для практической реализации электростатических гироскопов, вторая в виде пространственной комбинации упругих связей, удерживающих точечную массу. Инерциальная система нового типа обладает минимально возможной размерностью. Она отличается от уже известных инерциальных систем - платформенного типа (имеет

карданов подвес) и бесплатформенного типа (карданова подвеса нет) - (бескарданова типа), тем, что позволяет обходиться без классических гироскопов и блоков интегрирования уравнений Пуассона, совмещая в себе одновременно и функции датчика кажущегося ускорения.

Ключевые слова: бесплатформенная инерциальная навигационная система, изотропный маятник.

Strapdown Inertial Navigation System of Pendulum Type of minimum dimension (A 3D oscillator as a complete inertial sensor). V.Ph. Zhuravlev, S.E. Perelyayev, Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics, Russian Academy of Sciences

We consider two implementations of an isotropic oscillator to be used in the construction of a strapdown inertial system of new type [1]. The first implementation is a contact-free suspension of an electrically conductive ball used in electrostatic gyros, and the second implementation is a 3D combination of elastic constraints holding a mass point. The inertial system of a new type has the minimum possible dimension. It differs from the already known (platform and strapdown) inertial systems in that it permits one to do without gyros and Poisson integrators because it also performs the functions of an apparent acceleration transducer.

Keywords: strapdown inertial navigation system, isotropic pendulum.

1. Введение

Идея инерциальной навигации в свободном пространстве крайне проста: на борту движущегося объекта достаточно разместить гиростабилизированную платформу, оси которой параллельны осям какой-либо инерциальной системы координат, на платформе закрепить три взаимно ортогональных акселерометра и сигналы с них, пропорциональные компонентам абсолютного ускорения подвижного объекта, дважды проинтегрировать. Это дает абсолютную скорость и координаты объекта в абсолютном пространстве. Естественный шаг в развитии этой идеи состоял в том, что блок акселерометров можно крепить неподвижно на самом объекте, обходясь без гиростабилизированной платформы. Тогда показания акселерометров будут пропорциональны компонентам абсолютного ускорения в проекциях на связанные с объектом оси, и перед тем как осуществлять интегрирование этих показаний, необходимо их перепроектировать на оси инерциальной системы отсчета. Для этого следует предварительно измерить угловую скорость объекта в проекциях на подвижные оси, после чего проинтегрировать уравнения Пуассона, позволяющие вычислить матрицу направляющих косинусов между осями подвижной и инерциальной систем координат. Технически реализация бесплатформенной (бескарданной) инерциальной навигационной системы (БИНС) проще, чем платформенной с известным классическим кардановым подвесом. Для этого требуется три акселерометра, три гироскопа и интеграторы линейных ускорений и уравнений Пуассона. БИНС можно еще более упростить, если удастся наблюдать оси, параллельные инерциальным осям непосредственно на самом объекте, не прибегая к помощи гиростабилизированной платформы. Это позволит строить матрицу поворота, обходясь без гироскопов и блока интегрирования уравнений Пуассона. Реализовать эту идею принципиально нетрудно.

Для этого достаточно наблюдать на борту подвижного объекта применения БИНС колебания пространственного изотропного осциллятора. Пространственный изотропный осциллятор – это точечная масса, закрепленная на объекте посредством трех взаимно ортогональных пружин одинаковой жесткости. Если предположить вначале, что подвижный объект совершает только вращение вокруг неподвижной точки, то любое свободное движение этого осциллятора представляет собой эллиптическую траекторию, не меняющую свою ориентацию по отношению к инерциальным осям, как бы ни двигался подвижный объект (рис. 1). Если снять показания осциллятора в момент его нахождения в максимально удаленной от точки подвеса точке эллипса М и в ближайшей к центру точке N и вычислить векторное произведение соответствующих единичных векторов $e_1 \times e_2 = e_3$, то матрица $A = \|e_1, e_2, e_3\|$, составленная из этих векторов, и будет искомой матрицей поворота, переводящей подвижную систему отсчета y_1, y_2, y_3 в неподвижную - инерциальную x_1, x_2, x_3 . В общем случае ускоренного движения центр рассматриваемого эллипса будет смещаться в сторону, противоположную ускорению, и перед выполнением указанных выше процедур следует выделить из показаний осциллятора гармоническую часть. Оставшаяся непериодическая часть, пропорциональная абсолютному ускорению, может быть использована для построения информации о движении точки подвеса осциллятора, т.е. изотропный осциллятор может использоваться не только для построения матрицы поворота, но и для построения вектора абсолютного ускорения. Далее приводятся два конкретных примера реализации описанного изотропного осциллятора и в конце излагаются реальные алгоритмы управления осциллятором и наблюдения за его траекторией на подвижном борту. Навигация в окрестности Земли [2–4] требует знания гравитационного поля в окрестности подвижного объекта.

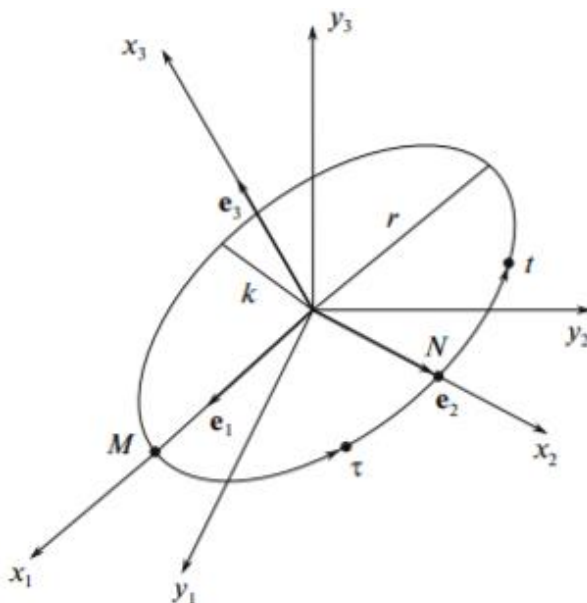


Рисунок 1 – Система координат трехмерного изотропного осциллятора

2. Бесконтактный электростатический подвес пространственного изотропного осциллятора

Воспользуемся примером реализации неконтактного подвеса электростатического гироскопа, приведенным в монографии [5]. На фиг. 2 изображена принципиальная электрическая схема одного канала активного электростатического подвеса на переменном токе. В этом подвесе по каждой оси имеются две пары электродов, выполненных в виде концентрических колец из материала с высокой электрической проводимостью, нанесенных на внутреннюю сферическую поверхность вакуумной камеры.

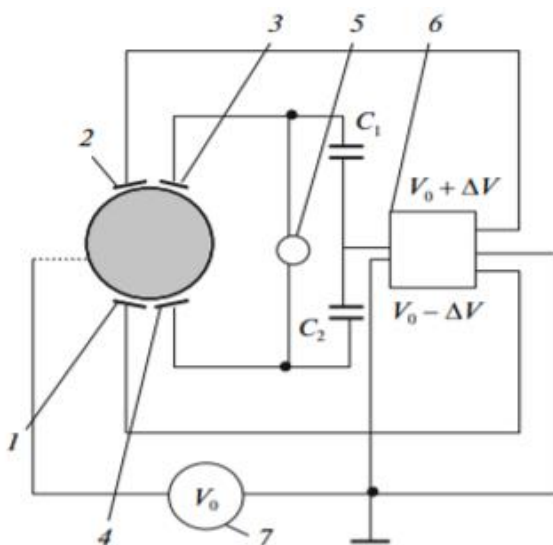


Рисунок 2 – Схема активного электростатического подвеса изотропного осциллятора

Одна пара электродов 1 и 2 служит для создания восстанавливающей силы, а другая пара 3 и 4 служит для измерения перемещения ротора вдоль оси электродов. Схема измерения перемещения представляет собой емкостной мост, два плеча которого образованы сопротивлениями постоянных конденсаторов C_1 и C_2 , а два другие плеча – емкостными сопротивлениями между поддерживающими электродами и поверхностью шара. В одну диагональ моста включается высокочастотный источник переменного тока 5. С другой диагонали моста сигнал, пропорциональный перемещению шара, поступает на вход высоковольтного усилителя – выпрямителя 6, имеющего два выхода. К средней точке выходного каскада усилителя подключается источник напряжения 7 постоянной амплитуды V_0 . С выходов усилителя напряжения $V_1 = V_0 + \Delta V$ и $V_2 = V_0 - \Delta V$ подаются на поддерживающие электроды 1 и 2 восстанавливающей системы, которые развивают усилие, необходимое для удержания шара в центре вакуумной камеры.

3. Изотропный упругий подвес пространственного осциллятора

Подвес элемента массы пространственного осциллятора, условно изображенного на рис.3 шаром, образован тремя Г-образными упругими элементами. Способ соединения упругих элементов с массой удобно объяснить, если ввести обозначения для этих элементов $(1_{y_1}, 1_{y_3})$, $(2_{y_2}, 2_{y_1})$, $(3_{y_2}, 3_{y_3})$, где цифра обозначает номер упругого элемента, в скобках указаны ориентации фракций этих элементов по отношению к осям y_1, y_2, y_3 , жестко связанным с подвижным объектом (оси x_1, x_2, x_3 используются для обозначения инерциальной системы координат). Например, ближайший к поддерживаемой массе фрагмент 1_{y_1} упругого элемента $(1_{y_1}, 1_{y_3})$ расположен вдоль оси y_1 , а ортогональный фрагмент 1_{y_3} – вдоль оси y_3 . Положения второго элемента и третьего получаются поворотом первого элемента вокруг биссектрисы координатного угла на углы $2\pi/3$ и $4\pi/3$ соответственно: $(1_{y_1}, 1_{y_3}) \rightarrow (2_{y_2}, 2_{y_1}) \rightarrow (3_{y_2}, 3_{y_3})$. Такой подвес является изотропным, как бы ни были изготовлены идентичные упругие элементы.

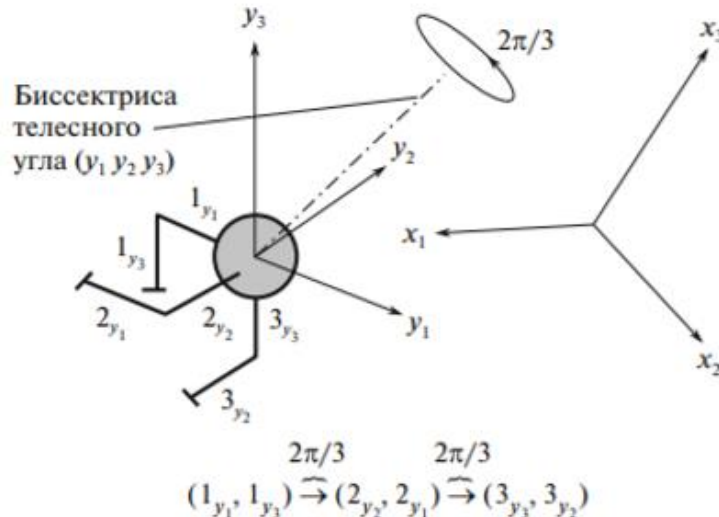


Рисунок 3 – Подвес массы пространственного изотропного осциллятора

Для прямого наблюдения за положением упруго подвешенной массы и для управления этим положением на другие элементы наклеиваются пьезоэлектрические элементы (трансдукторы). Каждый упругий элемент представляет собой систему со счетным числом степеней свободы, поэтому величина массы подвешенного элемента инерции является приведенной и вычисляется в зависимости от формы колебаний упругого элемента.

4. Получение инерциальной информации в изотропном осцилляторе

Траектория изотропного осциллятора (центр масс электростатического шара или центр приведенной массы в упругом подвесе) наблюдается в осях y_1, y_2, y_3 , жестко связанных с подвижным объектом. Эти оси ориентированы по осям симметрии поворота поддерживающих и наблюдающих электродов в электростатическом шаре или по направлениям упругих связей $1_{y_1}, 2_{y_2}, 3_{y_3}$. Будем предполагать вначале, что подвижный объект вращается относительно инерциального пространства с произвольной угловой скоростью вокруг неподвижной точки. Если помимо поддерживающих сил на осциллятор никаких других сил не действует, то при произвольных начальных условиях осциллятор описывает эллиптическую траекторию, которая в безразмерном времени будет удовлетворять уравнениям

$$\ddot{X} + X = 0, \quad X = (x_1, x_2, x_3)^T \quad (4.1)$$

Интерес представляет вычисление ортогональной матрицы поворота подвижного объекта, или, что то же самое, связанной с объектом системы y относительно инерциальной системы x :

$$X = AY \quad (4.2)$$

В системе отсчета, связанной с самим объектом, уравнения движения примут вид

$$\ddot{Y} + Y + 2A^T \dot{A} \dot{Y} + A^T \ddot{A} Y = 0 \quad (4.3)$$

Уравнения (4.3) можно рассматривать, как дифференциальные уравнения второго порядка относительно матрицы поворота $A(t)$:

$$\ddot{A} Y + 2\dot{A} \dot{Y} + A(\ddot{Y} + Y) = 0 \quad (4.4)$$

в которых $Y(t)$ – известная из наблюдений функция времени. Заметим, что уравнение (4.4) допускает понижение порядка. Это можно сделать следующим образом. Введем обозначение для

матрицы угловой скорости $\Omega = A^T \dot{A}$. Тогда из уравнения (4.3) получим следующее $\dot{Y} + Y = -2\Omega Y - A^T \dot{A} Y$.

Можно показать и доказать, что произведение двух матриц $A^T \dot{A} = \dot{\Omega} + \Omega^2$. Поэтому кинематические уравнения (4.4) можно переписать в виде системы уравнений первого порядка

$$\dot{\Omega} Y = -\Omega^2 Y - 2\Omega \dot{Y} - \dot{Y} - Y, \quad \dot{A} = A\Omega \quad (4.5)$$

в которой первое уравнение относительно матрицы угловой скорости отделилось. Оно является матричным кинематическим уравнением Риккати и может решаться независимо. После того как $\Omega(t)$ найдено второе уравнение системы (уравнение Пуассона) позволяет найти искомую матрицу поворота $A(t)$. Кинематическое дифференциальное уравнение Риккати становится нелинейными из-за понижения порядка.

В предлагаемой новой бесплатформенной инерциальной навигационной системе маятникового типа (БИНС - МТ) уравнение (4.4) решается на борту подвижного объекта приближенно следующим образом. Будем предполагать, что частота собственных колебаний осциллятора много больше модуля угловой скорости подвижного объекта, тогда приближенно решение системы (4.4) относительно матрицы $A(t)$ можно искать в виде кусочно-постоянной функции, считая матрицу поворота $A(t) = \text{const}$ для $2\pi(n-1) < t < 2\pi n$, где n пробегает все целые значения. Из теории интегрального исчисления следует, что последовательность ступенчатых функций равномерно сходится к функции $A(t)$ тогда и только тогда, когда эта функция непрерывная, или содержит разрывы первого рода. Это означает, что для любой заданной точности вычисления матрицы поворота $A(t)$ всегда можно выбрать период собственных колебаний осциллятора таким, что заданная точность будет гарантирована. На каждом таком интервале решение системы (4.4) имеет вид

$$Y = u \cos(t) + v \sin(t) \quad (4.6)$$

где u и v – трехмерные векторы произвольных постоянных. Такое решение является, очевидно, точным для уравнений в инерциальной системе отсчета. Приближенное решение (4.6) имеет прозрачный смысл: за время одного колебания осциллятора его форма колебаний в связанной системе меняется пренебрежимо мало. Траектория, определяемая соотношениями (4.6), представляет собой параметрическую запись произвольного эллипса, включая в качестве частных случаев проходящие через начало координат отрезки прямых и окружности с центром в том же начале. Введем следующие обозначения (фиг. 1): e_1 – единичный вектор большой полуоси эллипса, r – длина этой полуоси, e_2 – единичный вектор малой полуоси, k – длина этой полуоси, e_3 – единичный вектор перпендикуляра к плоскости эллипса $e_3 = e_1 \times e_2$. Поскольку этот эллипс неподвижен в инерциальном пространстве, оси инерциальной системы отсчета x_1, x_2, x_3 можно направить по введенным единичным векторам e_1, e_2, e_3 , тогда эти векторы будут являться столбцами искомой матрицы поворота: $A = \|e_1, e_2, e_3\|$. Матрица поворота A позволяет связать запись эллипса в подвижных осях с его записью в инерциальных

$$A(u \cos(t) + v \sin(t)) = \begin{Bmatrix} r \cos(t + \tau) \\ k \sin(t + \tau) \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} r \cos(\tau) \\ k \sin(\tau) \\ 0 \end{Bmatrix} \cos(t) + \begin{Bmatrix} -r \sin(\tau) \\ k \cos(\tau) \\ 0 \end{Bmatrix} \sin(t) \quad (4.7)$$

где угол τ определяет положение точки на эллипсе в начальный момент времени $t = 0$.

Если $u \times v = 0$, то эллипс вырождается в отрезок прямой, информация о повороте объекта вокруг этой прямой теряется. Если выразить r, k и τ через векторы произвольных постоянных u и v , то матрица A , определяющая ориентацию эллипса (4.6) относительно исходного трехгранника, будет выражена только через u и v , т.е. только через данные прямых наблюдений. Поскольку в случае вращения этого трехгранника эллипс (4.6) остается неподвижным в инерциальной системе отсчета, то матрица A определяет ориентацию подвижного объекта в абсолютном пространстве. Заметим, что квадратура $K = rk$ также может вычисляться непосредственно через векторные константы u и v . В случае, если $u^2 - v^2 = 0$ и одновременно $u \cdot v = 0$, угол τ не определен и траекторией точки, как это нетрудно доказать, является окружность. В публикации [9] представлены аналитические выкладки для построения на борту матрицы ориентации A - матрицы ориентации подвижного триэдра относительно неподвижного в случаях, когда траектория осциллятора в инерциальной системе отсчета не является ни отрезком прямой, ни окружностью. Полученные в указанной публикации аналитические выражения носят общий характер, они не зависят от того, каким образом вычисляются по данным измерений векторные константы u и v , между тем эти выражения существенно упрощаются, если конкретизировать процедуру измерения u и v будем считать, что для измерений используется отсчетный генератор, частота которого равна частоте рассматриваемого осциллятора.

Такой генератор позволяет определять $Y(t)$ в избранные моменты времени. Поэтому в соответствии с выражением (4.6) необходимые константы могут быть найдены так

$$u = Y(2\pi(n-1)), \quad v(\pi/2 + 2\pi(n-1)) \quad (4.8)$$

Далее посредством обратной связи можно вводить поправку на частоту генератора, пропорциональную скалярному произведению векторов (4.8): $\dot{t} = a(u \cdot v)$. В силу того, что производная

$\dot{\tau} = a(k^2 - r^2)\sin\tau\cos\tau$ и при $a > 0$ генератор настраивается на асимптотически устойчивый режим, при котором угол $\tau = 0$.

В выбранные таким образом моменты измерения произведение $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v} = 0$ и формулы (4.14) приобретают вид

$$\tau r = |\mathbf{u}|, \quad k = |\mathbf{v}|, \quad \tau = 0 \quad (4.9)$$

что позволяет найти искомую матрицу ориентации A :

$$A = \begin{pmatrix} |\mathbf{u}| & 0 & 0 \\ 0 & |\mathbf{v}| & 0 \\ 0 & 0 & |\mathbf{u} \times \mathbf{v}| \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{u} & \mathbf{v} & \mathbf{u} \times \mathbf{v} \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{\mathbf{u}}{|\mathbf{u}|} & \frac{\mathbf{v}}{|\mathbf{v}|} & \frac{\mathbf{u} \times \mathbf{v}}{|\mathbf{u} \times \mathbf{v}|} \end{pmatrix}^T \quad (4.10)$$

В последнем переходе в выражении (4.10) обратная матрица заменена на транспонированную в силу ее ортогональности. Текущая информация о векторах \mathbf{u} и \mathbf{v} получается посредством снятия первичных измерительных показаний вида $\mathbf{Y}(t) = (\mathbf{u}\cos t + \mathbf{v}\sin t)$ с соответствующих информационных электродов типа 3 и 4 по всем трем осям с последующим разделением косинусной и синусной составляющих.

Управление эллиптической траекторией с целью её стабилизации осуществляется так же, как это реализовано в классическом одноосном интегрирующем волновом твердотельном гироскопе.

Литература

1. Журавлёв В. Ф. Бесплатформенная инерциальная система минимальной размерности // Изв. РАН. МТТ. 2005. № 5. С. 5–10.
2. Ишлинский А.Ю. Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация. М.: Наука, 1976. 670 с.
3. Климов Д.М. Инерциальная навигация на море, М.: Наука, 1984, 116 с.
4. Жбанов Ю.К. Инерциальная навигация на эллипсоидальной Земле // Проблемы механики. М.: Физматлит, 2003.
5. Горенштейн И.А., Шульман И.А. Инерциальные навигационные системы. М.: Машиностроение, 1970. 232 с.
6. Мартыненко Ю.Г. Движение твердого тела в электрических и магнитных полях. М.: Наука, 1988. 368 с.
7. Журавлёв В.Ф. Управляемый маятник Фуко как модель одного класса свободных гироскопов // Изв. РАН. МТТ. 1997. № 6. С. 27–35.
8. Журавлёв В.Ф. Теоретические основы волнового твердотельного гироскопа // Изв. РАН. МТТ. 1993. № 3. С. 6–19.
9. Журавлёв В. Ф. Бесплатформенная инерциальная система маятниковго типа (БИНС МТ) // Изв. РАН. МТТ. 2014. № 1. С. 6–17.

УДК.658.531.1
ГРНТИ 82.01
ОКСО 27.06.01

УЧЕТ ОБНУЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ В УРАВНЕНИИ НОРМИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ СБОРКИ КАРКАСА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АЭС

Лоскутов И.А.

РТУ МИРЭА, Акционерное общество «Научно-производственной корпорации «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г.

Иосифьяна»

+7 (926) 152-32-42, faxvex@ya.ru

Аннотация. Работа призвана улучшить полученное ранее уравнение каркаса, учитывающее временные особенности рабочих смен. Используя обнуление усталости при начале следующей смены, было выведено уравнение соответствующей зависимости.

Ключевые слова: норма времени, сборка каркаса, математическая модель, АЭС

Accounting for zero fatigue in the equation of normalization of the time of assembly of the frame of equipment for nuclear power plants, Loskutov I.A., Russian Technological University (MIREA), Joint Company «Research and Production Corporation ‘Space Monitoring Systems, Information & Control and Electromechanical Complexes» named after A.G. Iosifian» («VNIEM Corporation» JC)

Abstract. The work is designed to improve the previously obtained frame position, taking into account the temporary features of work shifts. Using the zeroing of fatigue at the beginning of the next shift, the form of the corresponding dependence was derived.

Key words: norm of time, frame Assembly, mathematical model, NPP

Введение

Атомная энергетика стремительно развивается с момента ее открытия, однако все еще существует немало тормозящих факторов, одним из которых является медленная сборка оборудования на предприятиях-поставщиках (производствах-сборщиках). К сожалению, технологический процесс, осуществляемый на таких научно-исследовательских, опытно-конструкторских комплексах далек от идеала. Связано это, зачастую, с последовательной отработкой методик, принятых на вооружение еще на заре развития области и не желанием / невозможностью выделения средств на развитие отраслевого направления.

Описание проблемы

Чтобы понять реальный уровень развития атомной энергетике, стоит обратиться к статье [1]. На первых страницах этой научной работы дается общая характеристика, свойственная предприятиям Российской Федерации. Действительно, область «мирного атома», которая является частью тяжелого машиностроения, перешла от крупносерийного и массового к мелкосерийному, а в некоторых случаях даже к единичному производству. Однако важно заметить, что, вследствие своей специфики, не переняла тех недостатков, о которых Палюх Б.В. и Бурдо Г.Б. дальше описывают. Связано это с тем, что изменения, допускаемые при конструировании атомных электростанций, не должны превышать, в соответствии с нормами МАГАТЭ 10-20% [2], [3].

В результате стоит сделать логичный вывод, подтверждающий приведенные выше доводы – проблемы замедления производства, не считая экономико-политических, связаны напрямую с медленной скоростью ввода в эксплуатацию самих атомных электростанций. Именно из-за этого общество и начинает проявлять меньший к ним интерес и, как следствие, уменьшается количество потенциальных контрактов.

Причины замедления производств-изготовителей силового, управляющего и радиоэлектронного оборудования

Стоит поближе рассмотреть проблемы производств-изготовителей.

Существует немало различных факторов, влияющих на скорость работы технологического процесса на предприятии в целом, начиная от оправданного использования основных фондов и правильного перераспределения производственных мощностей, и заканчивая наличием высококвалифицированного персонала. В статье [4] наиболее полно описаны эти пути совершенствования и дано предложение о непрерывном вводе инноваций на производстве.

Безусловно, решение этих проблем в совокупности крайне важно для производства, однако, как известно наиболее продуктивный метод – это принцип минимизации проблем, т.е. решение проблемных задач должно идти последовательно от наиболее крупного (замедляющего) к процессам, мало затрачиваемых время

На данный момент существует две основные причины замедления производства в рассматриваемой области:

- 1) Неоправданная организационная структура
- 2) Неверно рассчитанный технологический процесс

Если про организационные структуры, их влияние на скорость работы научно-исследовательских, опытно-конструкторских комплексов и соответствующих входных единиц, таких как конструкторско-технологический блок, сборочно-монтажные цеха, тестово-исследовательские лаборатории и пр. уже не раз говорилось, например в [5], то про расчётную составляющую информации недостаточно.

Вывод уравнения обнуления усталости

Необходимо отметить, что данная работа представляет собой продолжение наработок по нормированию скорости производства оборудования для АЭС.

Результатом предыдущего исследования [6] является зависимость:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 i_j = \sum_{\omega=1}^{27} x_j + 2J_{1j} \\
 l_k = \sum_{\eta=1}^{27} q_k + 2J_{1k} \\
 \bar{T} = \bar{P} + \sum_{\varphi=1}^{27} (\bar{S} + N_{\varphi}) \\
 \text{Если } \bar{P} > 28800 \\
 \bar{P}_j = \sum_{j=1}^{27} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=28}^{33} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=28}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{27} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\
 v_m = F_{max}(\bar{P}_j - 28800 - \sum_{\Phi=0}^{m-1} v_{\Phi}) < 0; \\
 \bar{P} = \sum_{\Phi=0}^m v_{\Phi} \\
 \text{Если } \bar{S} > 28800 - v_m \\
 \bar{S}_k = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\
 u_n = F_{max}(\bar{S}_k - 28800 - \sum_{Y=0}^{n-1} u_Y) < 0; \\
 \bar{S} = \sum_{Y=0}^n u_Y \\
 \text{Если } \bar{S} \leq 28800 - v_m \\
 \bar{S} = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\
 \text{Если } \bar{P} \leq 28800 \\
 \bar{P} = \sum_{j=1}^{27} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=28}^{33} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=28}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{27} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\
 \text{Если } \bar{S} > 28800 - \bar{P} \\
 \bar{S}_k = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\
 u_n = F_{max}(\bar{S}_k - 28800 - \sum_{Y=0}^{n-1} u_Y) < 0; \\
 \bar{S} = \sum_{Y=0}^n u_Y \\
 \text{Если } \bar{S} \leq 28800 - \bar{P} \\
 \bar{S} = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho}
 \end{array} \right. \quad (1)$$

Однако уравнение (1) все еще не учитывает обнуление усталости «L» при переходе на следующий день (связано с отдыхом работника).

Видоизменим его, применив следующие условия:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 L_j^{i_j-\vartheta} - \text{первый элемент итерации } \bar{P}_j > 28800 \cdot \omega \\
 \text{Когда } \bar{P}_j > 28800 \cdot \omega, \text{ где: } \omega \in N^*, Z_+, \text{ элементы от } L_1^1 \text{ до} \\
 L_{j-1}^{i_{j-1}-\vartheta} \in [0 : \bar{P}_j \leq 28800 \cdot \omega] = 1
 \end{array} \right. \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 L_k^{l_k-\rho} - \text{первый элемент итерации } \bar{S}_k > 28800 \cdot \omega \\
 \text{Когда } \bar{S}_k > 28800 \cdot \omega, \text{ где: } \omega \in N^*, Z_+, \text{ элементы от } L_1^1 \text{ до} \\
 L_{k-1}^{l_{k-1}-\rho} \in [0 : \bar{S}_k \leq 28800 \cdot \omega] = 1
 \end{array} \right. \quad (3)$$

где:

- N^* – множество натуральных чисел (без нуля)
- Z_+ – множество положительных целых чисел

Объединяя уравнение (1) с условиями (2) и (3) получим уравнение (4):

$$\left. \begin{aligned}
 & i_j = \sum_{\omega=1}^{27} x_j + 2J_{1j} \\
 & l_k = \sum_{\eta=1}^{27} q_k + 2J_{1k} \\
 & \bar{T} = \bar{P} + \sum_{\varphi=1}^{27} (\bar{S} + N_{\varphi}) \\
 & L_j^{i_j-\vartheta} \text{ – первый элемент итерации } \bar{P}_j > 28800 \cdot \omega \\
 & L_k^{l_k-\rho} \text{ – первый элемент итерации } \bar{S}_k > 28800 \cdot \omega \\
 & \text{Когда } \bar{P}_j > 28800 \cdot \omega, \text{ где: } \omega \in N^*, Z_+, \text{ элементы от } L_1^{i_1} \text{ до} \\
 & L_{j-1}^{i_{j-1}-\vartheta} \in [0 : \bar{P}_j \leq 28800 \cdot \omega] = 1 \\
 & \text{Когда } \bar{S}_k > 28800 \cdot \omega, \text{ где: } \omega \in N^*, Z_+, \text{ элементы от } L_1^{l_1} \text{ до} \\
 & L_{k-1}^{l_{k-1}-\rho} \in [0 : \bar{S}_k \leq 28800 \cdot \omega] = 1 \\
 & \text{Если } \bar{P} > 28800 \\
 & \bar{P}_j = \sum_{j=1}^{27} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=28}^{33} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=28}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{27} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\
 & v_m = F_{max}(\bar{P}_j - 28800 - \sum_{\Phi=0}^{m-1} v_{\Phi}) < 0; \\
 & \bar{P} = \sum_{\Phi=0}^m v_{\Phi} \\
 & \text{Если } \bar{S} > 28800 - v_m \\
 & \bar{S}_k = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\
 & u_n = F_{max}(\bar{S}_k - 28800 - \sum_{\Upsilon=0}^{n-1} u_{\Upsilon}) < 0; \\
 & \bar{S} = \sum_{\Upsilon=0}^n u_{\Upsilon} \\
 & \text{Если } \bar{S} \leq 28800 - v_m \\
 & \bar{S} = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\
 & \text{Если } \bar{P} \leq 28800 \\
 & \bar{P} = \sum_{j=1}^{27} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=28}^{33} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=28}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{27} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\
 & \text{Если } \bar{S} > 28800 - \bar{P} \\
 & \bar{S}_k = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\
 & u_n = F_{max}(\bar{S}_k - 28800 - \sum_{\Upsilon=0}^{n-1} u_{\Upsilon}) < 0; \\
 & \bar{S} = \sum_{\Upsilon=0}^n u_{\Upsilon} \\
 & \text{Если } \bar{S} \leq 28800 - \bar{P} \\
 & \bar{S} = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho}
 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Заметим, что в уравнении (4) расчет полного времени сборки каркаса силового / управляющего, включая радиоэлектронное, оборудования осуществляется путем сложения элементов \bar{P} и \bar{S} через формулу:

$$\bar{T} = \bar{P} + \sum_{\varphi=1}^{27} (\bar{S} + N_{\varphi}).$$

Входные элементы были только промаркированы и поделены на дни через соответствующие части уравнения:

$$\begin{aligned}
 \bar{P} &= \sum_{\Phi=0}^m v_{\Phi}, \\
 \bar{S} &= \sum_{\Upsilon=0}^n u_{\Upsilon},
 \end{aligned}$$

Однако учет потери дня при невозможности выполнения операции полностью не был реализован.

Улучшим рассмотренные выше формулы:

$$\begin{cases}
 \bar{P} = 28800(m-1) + v_m \\
 \bar{S} = 28800(n-1) + u_n
 \end{cases} \quad (5)$$

Применив (5) в (4) получим:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 i_j = \sum_{\omega=1}^{27} x_j + 2J_{1j} \\
 l_k = \sum_{\eta=1}^{27} q_k + 2J_{1k} \\
 \bar{T} = \bar{P} + \sum_{\varphi=1}^{27} (\bar{S} + N_{\varphi}) \\
 L_j^{i_j-\vartheta} - \text{первый элемент итерации } \bar{P}_j > 28800 \cdot \omega \\
 L_k^{l_k-\rho} - \text{первый элемент итерации } \bar{S}_k > 28800 \cdot \omega \\
 \text{Когда } \bar{P}_j > 28800 \cdot \omega, \text{ где: } \omega \in N^*, Z_+, \text{ элементы от } L_1^{i_1} \text{ до} \\
 L_{j-1}^{i_{j-1}-\vartheta} \in [0 : \bar{P}_j \leq 28800 \cdot \omega] = 1 \\
 \text{Когда } \bar{S}_k > 28800 \cdot \omega, \text{ где: } \omega \in N^*, Z_+, \text{ элементы от } L_1^{l_1} \text{ до} \\
 L_{k-1}^{l_{k-1}-\rho} \in [0 : \bar{S}_k \leq 28800 \cdot \omega] = 1 \\
 \text{Если } \bar{P} > 28800 \\
 \bar{P}_j = \sum_{j=1}^{27} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=28}^{33} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=28}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{27} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\
 v_m = F_{\max}(\bar{P}_j - 28800 - \sum_{\Phi=0}^{m-1} v_{\Phi}) < 0; \\
 \bar{P} = 28800(m-1) + v_m \\
 \text{Если } \bar{S} > 28800 - v_m \\
 \bar{S}_k = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\
 u_n = F_{\max}(\bar{S}_k - 28800 - \sum_{\Upsilon=0}^{n-1} u_{\Upsilon}) < 0; \\
 \bar{S} = 28800(n-1) + u_n \\
 \text{Если } \bar{S} \leq 28800 - v_m \\
 \bar{S} = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\
 \text{Если } \bar{P} \leq 28800 \\
 \bar{P} = \sum_{j=1}^{27} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=28}^{33} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=28}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{27} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\
 \text{Если } \bar{S} > 28800 - \bar{P} \\
 \bar{S}_k = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\
 u_n = F_{\max}(\bar{S}_k - 28800 - \sum_{\Upsilon=0}^{n-1} u_{\Upsilon}) < 0; \\
 \bar{S} = 28800(n-1) + u_n \\
 \text{Если } \bar{S} \leq 28800 - \bar{P} \\
 \bar{S} = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho}
 \end{array} \right. \quad (6)$$

Полученное уравнение полностью описывает особенности функционирования сборочного процесса каркаса, при учете сменяемости рабочих смен.

Заключение

В результате проведенного исследования было получено уравнение, полностью отвечающее поставленной задаче. Дальнейшие исследования помогут объединить все ранее произведенные наработки по данной тематике и вывести полное уравнение сборки каркаса и, в потенциале сборки всего силового или управляющего, состоящего из радиоэлектронных элементов, устройства.

Литература

1. Палюх В.В., Бурдо Г.Б. «Повышение эффективности управления технологическими подразделениями в условиях единичного и мелкосерийного производства» // Вестник ДГТУ – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2009. Т.9. №4(43), с.147-153
2. Project Management in Nuclear Power Plant Construction: Guidelines and Experience // IAEA Nuclear Energy Series No. NP-T-2.7, STI/PUB/1537; (ISBN:978-92-0-122210-7, ISSN 1995-7807) – Austria, 2012, 144с.
3. Managing the First Nuclear Power Plant Project // IAEA-TECDOC-1555; (ISBN:978-92-0-105207-0, ISSN 1011-4289) – Austria, 2007, 108с.
4. Агафонова М. С., Торба Е. К., Морозова В. В. Совершенствование производственного процесса на предприятии // Научно-методический электронный журнал «Концепт», 2017. Т.2. с. 447–450. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/570088.htm>. (дата обращения 07.05.2018)
5. Лоскутов И.А. Организационные структуры управления на предприятиях, занимающихся разработкой оборудования для АЭС // Журнал исследований по управлению – М.: Общество с

ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2018. Т.4. №4, с. 40-46. URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/20745/view> (дата обращения: 09.05.2018).

6. Лоскутов И.А. Определение нормированного времени сборки устройств для АЭС с учетом временных особенностей рабочих смен // Журнал исследований по управлению – М.: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2018. Т.8. №4, 9 с.

IMP И ARPANET – ПРЕДШЕСТВЕННИКИ СОВРЕМЕННОГО ИНТЕРНЕТ

Прошина Д.И., Прошин А.А., Горячев Н.В., Юрков Н.К., Кочегаров И.И.
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
+7 (8412) 36-82-12, kipra@pnzgu.ru

В данной статье описаны основные принципы действия маршрутизаторов, упомянуты основные исторические события, предшествовавшие введению их в обиход, а также рассказано об изобретении сети Интернет в глобальном смысле.

Ключевые слова: маршрутизатор, компьютер, Интернет, провайдер, ARPANET, TCP/IP, Ethernet, IMP, модем, протокол.

IMP and ARPANET are the precursors of the modern Internet. Proshina D.I., Proshin A.A., Goryachev N.V., Yurkov N.K., Kochegarov I.I. Penza State University.

This article describes the basic principles of the operation of routers, mentioned the main historical events that preceded their introduction into everyday life, as well as talked about the invention of the Internet in a global sense.

Keywords: router, computer, Internet, provider, ARPANET, TCP/IP, Ethernet, IMP, modem, protocol.

Введение

В настоящее время маршрутизатор стал необходимой вещью, поэтому не осталось людей, которые бы не знали, что это такое. Практически у каждого человека дома есть Интернет, а в семье чаще всего несколько компьютеров. Самыми распространенными домашними устройствами являются компьютер, портативный ноутбук и мобильный телефон. Вся данная техника имеет выход в Интернет.

Домашний компьютер получает доступ к Интернету через Ethernet-кабели, ноутбук также можно подключить по проводам, но помимо этого он имеет и другой вариант при наличии Wi-Fi, подключение мобильного телефона через кабели не предусмотрено вовсе. Беспроводной доступ, который также называется Wireless Ethernet, принадлежит к такому же способу выхода в сеть, что и доступ по Ethernet-кабелям у компьютера.

При наличии одного-единственного подключения, в котором задействован домашний роутер Wi-Fi, можно подключить всю технику к Интернету, т.к. у роутера имеются разъемы для проводного доступа и антенны Wi-Fi. Большинство людей на основании домашнего роутера строят свое представление о том, что собой представляет маршрутизатор, маленькая коробочка с разъемом доступа к Интернет-провайдеру, подключающая домашнюю сеть к глобальной, пользуясь при этом одним IP-адресом, полученным от провайдера.

Технология NAT

Однако данное представление о маршрутизаторе не до конца верное. Ранее в статье было рассказано о нескольких возможностях, которые не связаны друг с другом, это конкретно маршрутизация между домашней сетью и сетью компании, предоставляющей выход в Интернет, а также трансляция сетевого адреса NAT (Network Address Translation). Именно NAT позволяет замаскировать сеть под один определенный адрес, полученный от провайдера. Другие адреса домашней сети транслирует роутер из своей собственной подсети, NAT не является обязательной составной частью маршрутизации, цель маршрутизатора состоит только в передаче данных из различных подсетей, которые к нему подключены. Без NAT каждое из устройств в сети выглядело бы для провайдера также, как выглядит каждый host в сети провайдера для стационарных машин. Домашние роутеры всегда идут с возможностями «два в одном», т.к. без NAT в бытовых условиях маршрутизатор был бы не нужен.

Однако это лишь простейшие устройства, т.к. они взаимодействуют исключительно с протоколом TCP/IP и технологией Ethernet, когда маршрутизатор помимо объединения различных IP-подсети еще и связывает между собой сети, построенные на совершенно разных протоколах, о которых простые люди чаще всего не имеют ни малейшего представления. При этом до появления технологии TCP/IP прошло немало времени.

Зарождение Интернет

Когда компьютерные сети только начали зарождаться, никто и подумать не мог о единых протоколах передачи данных. В 1958 году было открыто агентство при Министерстве обороны США по исследовательским проектам DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). Целью его создания было избежание раскрытия таких тайн, как запуск советского аппарата «Спутник-1», первого искусственного спутника Земли, что показывало, как СССР превосходит США в области космической техники.

DARPA занялись проектом по созданию сети пакетной передачи данных, который был назван ARPANET. Помимо использования сети для военных нужд планировалось воспользоваться ею для обеспечения связи между ВУЗами и научными центрами США. Для подключения к ARPANET отдельных маленьких сетей университетов и институтов, был разработан шлюз IMP (Interface Message Processor). Именно с данного этапа и началась стандартизация глобальной сети.

Для разработки таких стандартов создали группу, которую назвали IETF (Internet Engineering Task Force), что переводится как Межсетевой инженерный совет. В настоящее время ни один человек не воспринимает слово Интернет как нечто межсетевое, это просто слово, которое обозначает всемирную компьютерную сеть, однако раньше данного понятия ещё не существовало. IETF издали свой первый регламентирующий документ, названный RFC, в котором за номером «1» было описание принципов работы IMP. Через последовательный интерфейс стационарные машины подсоединялись к IMP, а сам IMP был создан на основе 16-битного компьютера Honeywell PDP-16.

В 1969 году, когда компания BBN (Bolt Beranek and Newman), выпускающая IMP, объясняла основы его работы, до создания модели OSI было еще около 10 лет, так что рассказывать об уровнях модели OSI в его функционировании нельзя. Но в самом отчете BBN под номером «1822», описывающем IMP, конкретно излагается, что данный шлюз связывает три уровня: физический, канальный и сетевой. Для передачи данных хост создает сообщение, складывающееся из числового адреса другого хоста (что-то похожее на IP-адрес в сети), и из поля данных, которые необходимо передать. После этого хост через 1822-совместимый интерфейс отправляет эти данные IMP, который в свою очередь, используя протоколы, оставшиеся и в более современных роутерах, отправляет сообщение целевому хосту. Наибольший размер подобного сообщения равнялся 8159 битам, из них под заголовок бронировались первые 96 бит.

Изначальные IMP имели возможность подключения к себе до четырех стационарных машин и возможность связи с шестью другими IMP через модемы. И этого было более, чем достаточно, потому что весьма редко в местах установки IMP имелось несколько компьютеров, а во всем мире установили четыре данных шлюза. IMP был подсоединен к компьютеру SDS Sigma 7 в Лос-Анджелесе в университете Калифорнии, к компьютеру SDS 940 в Стэнфордском исследовательском институте, к компьютеру IBM 360/75 в Санта-Барбаре в университете Калифорнии и к компьютеру DEC PDP-10 в университете Юты. В первое время именно так выглядел ARPANET.

29 октября 1969 года в 22:30 из Лос-Анджелеса в Стэнфорд было послано первое сообщение через ARPANET. Чарли Кляйном было отправлено слово “Login”, однако, из всего слова пришли только “L” и “o”, т.к. после этого зависла система. После перезагрузки слово “Login” отправили во второй раз, и оно пришло успешно. Однако технически, слово “Lo” было первым словом, переданным через ARPANET. 21 ноября 1969 года установили первую стабильную связь между данными двумя IMP, а все четыре устройства вышли на постоянную связь к 5 декабря. Так и было положено начало Интернету.

Существует огромное количество дат, которые можно считать датой рождения Интернета, но среди них имеется одно наиболее значительное событие, называемое “Flag day”. Под этим понятием подразумевают настолько невероятное, всемирное и кропотливое изменение технологии, насколько невероятным, всемирным и кропотливым будет откат к предыдущим технологиям в случае краха новой. Существует всего два дня во всей истории технологий, которые можно считать такими флаговыми днями: 14 июня 1966 года, когда поменялось значение ASCII-кодов в ОС Multics, которая предшествовала операционной системе UNIX, и 1 января 1983 года, когда ARPANET заменил протокол NCP протоколом TCP/IP. Это был единственный всемирный перезапуск Интернет. Такой же перезапуск, по сути, будет необходим для глобального перехода Интернет с IPv4 на IPv6.

Заключение

В 1985 году Америкой была запущена очередная сеть, рассчитанная на научное применение, NSFNet (National Science Foundation Network). Данная сеть целиком функционировала на модели OSI и протоколе TCP/IP. Мировая глобальная сеть, именуемая отныне Интернет, включала в себя уже отнюдь не один только ARPANET, который теперь являл собой лишь часть этой громадной разработки. NSFNet взяла на себя выполнение всех стратегических задач ARPANET, вследствие чего к 1989 году ARPANET, ввиду его бесполезности, было решено отключить. Все ненужные теперь IMP были либо отправлены в

музеи, либо разобраны на запчасти, либо попросту выброшены. ARPANET был уничтожен, зато его приемник Интернет завоевывал с каждым днем все новые территории.

Пройдет всего каких-то пять лет и Интернет наполнится простыми людьми, не учеными и не военными, которые будут использовать его в чисто бытовых или развлекательных целях. Интернет будет открыт всем и каждому. Таким мы знаем его и по сей день.

Литература

1. Прошин А.А., Алдамжаров А.Т., Реута Н.С. Эволюция мобильных сетей связи // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. Т. 2. С. 67-68.
2. Реализация посреднической функции в распределенной сети автономных устройств сбора и обработки данных / А.В. Иващенко, А.А. Минаев, Д.В. Купер, М.Ю. Сподобаев // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. Т. 1. С. 229-231.
3. Полтавский А.В., Юрков Н.К., Нгуен З.Ф. Телекоммуникация сетевых систем на основе высотных платформ // Надежность и качество сложных систем. 2018. № 1 (21). С. 46-55.
4. Оптимальное выравнивание информационных пакетов при передаче разнородного трафика в защищенных сетях / А.А. Крикунов, Е.А. Гаврилин, В.С. Юркин, М.М. Титов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2017. Т. 1. С. 353-355.
5. Богданова Д.А. Интернет вещей, Интернет игрушек, "Интернет всего" - вопросы безопасности // Дистанционное и виртуальное обучение. 2016. № 2 (104). С. 86-92.
6. Коржук В.М., Бонковски П. Идентификация атак на беспроводные сенсорные сети на основе анализа аномального поведения сети // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 2. С. 83-85.
7. Кулюцин А.А., Юрлов В.Э., Мали В.А. Классификация методов обеспечения информационной безопасности беспроводных сетей в современных информационно-телекоммуникационных сетях // В сборнике: Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы сборник научных статей III Ежегодной межвузовской студенческой научно-практической конференции. 2016. С. 240-242.

БЕСПРОВОДНАЯ СЕТЬ WI-FI

Прошин А.А., Горячев Н.В., Юрков Н.К., Бростилов С.А., Гришко А.К.
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
+7 (8412) 36-82-12, kipra@pnzgu.ru

В статье дается достаточно подробная историческая справка относительно разработки беспроводных сетей, в частности, Wi-Fi. Вкратце описан путь от изобретения радио до привычной нам всем беспроводной сети. Даны определения и описания каждому из стандартов сети.

Ключевые слова: радио, частота, передатчик, приемник, Wi-Fi, маршрутизатор, радиоволна, радиостанция, помехи, излучение.

Wireless network Wi-Fi. Proshin A.A., Goryachev N.V., Yurkov N.K., Grishko A.K. Penza State University.

The article gives a fairly detailed historical background on the development of wireless networks, in particular Wi-Fi. The way from the invention of radio to the usual wireless network is briefly described. The definitions and descriptions for each of the network standards are given.

Keywords: radio, frequency, transmitter, receiver, Wi-Fi, router, radio wave, radio, interference, radiation.

Введение

С тех пор как радио было изобретено и поступило в широкое употребление, развитие технологий, позволяющих передавать данные без проводов, начало происходить очень стремительно. Для людей передача информации на дальние расстояния перестала быть несбыточной мечтой, так как в каждой части света начали активно появляться различные средства, позволяющие это осуществлять. Но вместе с этим, остро встал вопрос о регулировании передаваемой информации. И не только для того, чтобы иметь возможность контролировать передаваемые данные, а потому что передатчиков стало так много, что они начинали конфликтовать между собой.

В Америке есть комиссия федерального уровня, контролирующая все диапазоны радиочастот. В Российской Федерации за это отвечает сразу несколько компаний. Само собой, такие структуры в разных

странах никак не сотрудничают друг с другом, но тем не менее для четкой работы беспроводных сетей существует несколько интернациональных договоренностей, которые страны обязаны соблюдать. Что до теле- и радиовещания, здесь все просто, но при появлении желания у огромного количества людей иметь беспроводной доступ в сеть Интернет, проблемы с радиочастотами начали давать о себе знать все чаще. Хотя, откровенно говоря, это было заметно и раньше, но в меньших масштабах. Речь о простых радиотелефонах. В первую очередь, очень сложно продать большое количество радиоустройств, если пользователям, покупающим их, необходимо будет лицензировать частоты. А во-вторых, не только радиотелефоны и роутеры генерируют радиоволны, это делает чуть ли не вся техника в доме. Взять, например, обычную микроволновую печь.

Организации, о которых шла речь ранее, созданы для того, чтобы минимизировать количество помех и искажений в сети, для комфортного использования обычными людьми. Однако, встал новый вопрос, как дать гарантию того, что на частоте определенной радиостанции не будет работать какой-нибудь умный пылесос? Решение оказалось до безобразия банальным. Под совершенно любое использование была выделена часть диапазона, которую нет необходимости лицензировать. При этом никто не дает гарантии того, что сеть будет полностью защищена от помех. Также в данном диапазоне запрещено выдавать частоты, предназначенные для мощного вещания на дальние расстояния.

Все вышеописанное привело к появлению ISM-диапазона (The industrial, scientific, and medical radio band), включающего в себя несколько субдиапазонов. Одним из таких стали частоты от 2,4 ГГц до 2,4835 ГГц. Многие, наверное, сразу же узнали эти цифры, это частоты одного из стандартов Wi-Fi.

Эволюция стандартов

Федеральной комиссией по связи (Federal Communications Commission, США) в 1985 году была выделена часть диапазона ISM в использование, не требующее лицензирования. А уже к 1991 году гигант AT&T (американский транснациональный телекоммуникационный конгломерат) выдвинул предложение по использованию частоты 2,4 ГГц в целях организации «WaveLAN», бренда, означающего беспроводную сеть. Устройства, призванные работать в новом стандарте, были способны осуществлять передачу данных без использования проводов на скорости от 1 до 2 Мбит/с. Поначалу, правда, данная технология рассчитывалась на работу в кассовых аппаратах, однако, ее популярность и успешное использование побудили IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Институт инженеров электротехники и электроники) к ее стандартизации. Здесь и начинается эволюция стандартов, вынесенная в подзаголовок этого раздела статьи.

Спецификация 802.11 была представлена IEEE в 1997 году. Она все еще не располагала высокими скоростями передачи информации (все те же 1 или 2 Мбит/с), но зато предлагала три среды, в которых передача могла осуществляться. Одной из них было обычное радио с частотой 2,4 ГГц. Второй – инфракрасное излучение со скоростью вплоть до 1 Мбит/с, а третий – радио с переменной частотой. Однако, спустя пару лет данный стандарт лишился поддержки со стороны производителей по ряду причин. Камнем преткновения стало большое неудобство инфракрасного излучения, скорости которого были катастрофически малы и не могли удовлетворить все возникающие потребности. Приемником стандарта стала спецификация 802.11a, которая все также давала возможность использования нелицензируемого диапазона частот в районе 5 ГГц и предполагала скорость до 54 Мбит/с.

Поначалу зона покрытия сети по стандарту 802.11 составлял всего 20 метров, однако в новой спецификации расстояние подросло до 35 метров с оговоркой, что использование устройств происходит в замкнутом помещении. На улице или любом другом открытом пространстве радиус действия может достигать 120 метров и выше. Данные испытания показали перспективность нового стандарта и его решено было применить для организации сеансов дальней связи, в соответствии с чем в спецификацию 802.11a внесли частоту 3,7 ГГц, которая могла обеспечить передачу данных на расстояние до 5 километров. Сегодня, правда, данный диапазон частот обязателен к лицензированию и разрешен к использованию исключительно на территории США.

Стандарт 802.11a имел ряд существенных отличий от своего младшего брата. В частности, он использовал совершенно отличную технологию модуляции сигнала и мог вести трансляцию сразу на нескольких диапазонах в пределах 20 МГц, выше 5 ГГц. По факту, стандарт 802.11a является абсолютно новым, очень сильно отличаясь в лучшую сторону от оригинала. В связи с этим, правильнее называть полноценным приемником оригинального 802.11 стандарт 802.11b. Он работает в том же диапазоне 2,4 ГГц на скоростях 11 Мбит/с. Подавляющее большинство бытовых приборов, поддерживающих беспроводную передачу данных, использовало в те времена именно этот стандарт.

Дабы обеспечить совместимость между выпускаемым оборудованием разных марок, был основан, так называемый, альянс производителей, названный WEKA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance, Альянс совместимости беспроводного оборудования Ethernet), оставшийся затем в памяти как Wi-Fi Alliance. Все устройства с беспроводной передачей данных должны были обязательно прости тестирование альянса, и в случае успеха гордо несли на себе знак «Wi-Fi». Мало кто знает, но в те годы

Wi-Fi имел расшифровку Wireless Fidelity, что в примерном переводе будет означать что-то вроде «беспроводной точности» или «беспроводного качества». Марка Wi-Fi являла собой знак единства между беспроводными устройствами, выпускаемыми компаниями из любой части света. Главой Альянса был Вик Хейз, человек, добившийся утверждения стандарта 802.11 в IEEE, благодаря чему его можно смело назвать отцом этой беспроводной сети. Сегодня Wi-Fi просто Wi-Fi, никто не пытается его расшифровывать, да и незачем это. Он – это торговая марка, которая кричит всем и всюду о своей стандартности на поприсе беспроводных сетей.

Но на вышесказанном развитие Wi-Fi, разумеется, не закончилось. Дабы на частотах 2,4 ГГц приблизиться к скоростям стандарта 802.11a, был разработан принципиально новый стандарт, получивший название 802.11g. Случилось это в 2003 году. Его скорости могут достигать 54 Мбит/с, причем зона покрытия сопоставима с зонами 802.11a и 802.11b. На сегодняшний день этот стандарт нашел широчайшее применение, хотя понемногу сдает позиции наступающей ему на пятки спецификации 802.11n, появившейся на свет в октябре 2009 года. Путь этого стандарта был непрост, он претерпел множество изменений и перенес небывалое количество закрытых обсуждений. На базе его черновых вариантов было выпущено множество устройств, что вызвало серьезную путаницу. 802.11n способен работать на двух частотах – 2,4 ГГц и 5 ГГц. Скорости тоже впечатляют, составляя 150 Мбит/с, однако некоторые производители с пеной у рта доказывают, что их устройства способны работать при скорости 300 Мбит/с. Но не стоит обольщаться, чаще всего это не более, чем маркетинг, суть которого заключается в полном дуплексе передачи информации, что чисто юридически не запрещает писать на коробках о такой скорости. Но на практике конечный пользователь этого не получит.

Декабрь 2012 года ознаменовался презентацией нового стандарта 802.11ac, в котором была заявлена скорость передачи данных аж до 866 Мбит/с. Пока что этот стандарт находится на стадии разработки и черновиков, но, как было с 802.11n, приборы, работающие на этих «черновиках», уже можно найти на полках магазинов. Новая спецификация подразумевает частоту исключительно 5 ГГц.

Заключение

На данный момент Wi-Fi является чуть ли не самой распространенной беспроводной технологией в мире. Доступ к нему можно найти практически повсюду. Это, безусловно, очень хорошо – всегда и везде иметь доступ к скоростному интернету, но с другой стороны такая популяризация привела к большой «замусоренности» радиозфира. Большое количество точек доступа часто начинает конфликтовать между собой, что приводит к уменьшению радиуса покрытия и снижению качества сигнала каждой из них.

Упомянутые точки доступа передают сигналы не на строго заданной частоте, а через так называемое «окно», диапазоном как правило в 20 МГц, где существует еще до 14 каналов, у каждого из которых есть центральная частота, вокруг которой и осуществляется его работа. К примеру, у первого канала диапазона 2,4 ГГц имеется центральная частота 2,412 ГГц и в сторону увеличения частоты он «задевает» еще 4 канала, центральные частоты которых находятся недалеко от центральной частоты первого. Таким образом, следующий канал, который «не задевает» первый, это лишь шестой канал с центральной частотой 2,437 ГГц. Он в свою очередь пересекается с 3-м, 4-м, 5-м, 7-м, 8-м и 9-м. В результате, из 13 существующих каналов, не пересекающихся друг с другом в диапазоне 2,4 ГГц, их всего три – 1-й, 6-й и 11-й. Есть еще 14-й канал с центральной частотой 2,484 ГГц, который «не задевает» 11-й, но данная частота располагается вне допуска нелицензируемого диапазона, вследствие чего ее применение является незаконным на территории большинства стран. Ожидаем перехода Wi-Fi-устройств на более высокие частоты, что в теории должно решить возникшую проблему.

Литература

1. Андреев К.П. Совершенствование городской маршрутной сети // Надежность и качество сложных систем. 2017. № 3 (19). С. 102-106.
2. Полтавский А.В., Юрков Н.К., Нгуен З.Ф. Телекоммуникация сетевых систем на основе высотных платформ // Надежность и качество сложных систем. 2018. № 1 (21). С. 46-55.
3. Адамов А.П., Адамова А.А., Юлдашев М.Н. Методы обеспечения надежности в беспроводных сенсорных сетях по критерию сетевой нагрузки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. Т. 1. С. 197-199.
4. Финогеев А.А., Финогеев А.Г., Нефедова И.С. Распределенная обработка данных в беспроводных сенсорных сетях на основе мультиагентного подхода и туманных вычислений // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. Т. 1. С. 258-260.
5. Дадамухамедов А.И. Развитие национальной сети и корпоративной сети (на примере сети IX) // Актуальные научные исследования в современном мире. 2017. № 3-2 (23). С. 133-137.

6. Игнатьев А.А. Особенности использования VPN вида сеть-сеть // В сборнике: Технические и математические науки. Студенческий научный форум Электронный сборник статей по материалам IV студенческой международной научно-практической конференции. 2018. С. 33-39.

7. Страхов А.И. Изучение особенностей протоколов AAA в сетях передачи данных и мобильных сетях // В сборнике: Фундаментальные и прикладные исследования. Технические, естественные и гуманитарные науки сборник научных трудов. Новосибирск, 2016. С. 157-160.

ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМОЙ ВИБРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Лысенко А.В., Подсякин А.С., Моисеев С.А., Кузина Е.А.* , Кочегаров И.И.
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», *ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский
технологический университет»

Аннотация. В статье показан программный интерфейс системы вибрационных испытаний бортовой радиоэлектронной аппаратуры. Дано подробное описание режимов работы, а так же рекомендации по использованию программы управления системы вибрационных испытаний.

Ключевые слова: система вибрационных испытаний, программа управления, визуализация, бортовая радиоэлектронная аппаратура

Management program adaptive system vibration testing of the onboard avionics. Lysenko A.V., Podsyakin A.S., Moiseev S.A., Kuzina E.A.*, Kochegarov I.I., Penza state University, *MIREA Russian technological University

Annotation. The article shows the program interface of vibration testing system of onboard radio electronic equipment. A detailed description of the operating modes, as well as recommendations for the use of the control program of the vibration test system.

Keywords: vibration test system, control program, visualization, onboard radio-electronic equipment

Введение

Основная цель испытаний в широком смысле заключается в получении информации о состоянии испытываемого объекта или системы [1-3]. Например, при диагностировании подшипников качения или балансировки роторов в собственных опорах. Эта информация в дальнейшем может использоваться для решения самых различных задач.

В настоящее время во всем мире существует большое количество научно-практических разработок, касающихся проведения испытаний для определения динамических характеристик конструкции [4-6], чего только стоит упоминание о тридцати двух канальном синхронном регистраторе-анализаторе Атлант-32 [7]. Однако данное устройство способно только собирать и обрабатывать данные с работающего или подвергающегося внешним вибрационным воздействиям агрегата. Как раз для создания внешнего имитирующего воздействия, при проведения испытаний, и используют различные вибростенды. Так же есть много интересных разработок и промышленных образцов, позволяющих задавать вибрационные воздействия одновременно в трех плоскостях [8-9].

Тем не менее, недостаточно внимания уделено развитию испытательного оборудования, позволяющего исследовать динамические характеристики объекта при имитации воздействия нескольких источников вибрации или введение вибрационного воздействия через точки крепления объекта с фазовым сдвигом [10].

Составные элементы программы управления системы вибрационных испытаний

Таким образом, разработана программная стационарная система управления вибрационных испытаний бортовой радиоэлектронной аппаратуры, которая позволяет в автоматизированном режиме определить динамические характеристики объекта исследования.

Система представляет собой программный продукт, позволяющий одновременно работать с тремя независимыми подключаемыми устройствами: четырехканальным генератором периодического сигнала, системой позиционирования электрошаговых или просто шаговых двигателей (ШД) и мобильным цифровым устройством, осуществляющим съем данных с акселерометра.

Система использует библиотеки .NET Framework 4.5, следовательно, может потребоваться обновление текущей версии фреймворка в операционной системе используемого ПК, остальные используемые библиотеки поставляются вместе с программой и их не нужно отдельно устанавливать или обновлять. Для визуализации графических методов представления информации используется мощь широко распространенной и бесплатной библиотеки OpenGL. Поддерживаются как 32-х битные, так и 64-

x битные операционные системы семейства Windows, минимальный размер окна составляет 800x600 пикселей.

При успешном запуске исполняемого файла, на весь экран разворачивается окно программы, имеющее две основные области и строку меню над ними. Меню позволяет произвести сохранение или открытие файла, осуществить завершение работы программы, вызвать меню настройки параметров шаговых двигателей, ознакомиться со справкой и версией программного обеспечения (ПО). На рисунке 1 приведен скриншот окна запущенного приложения, с введенными параметрами пластины, такими как ее размеры (50x75 мм) и координаты точки локальной системы отсчета (30x30 мм от верхнего левого угла).

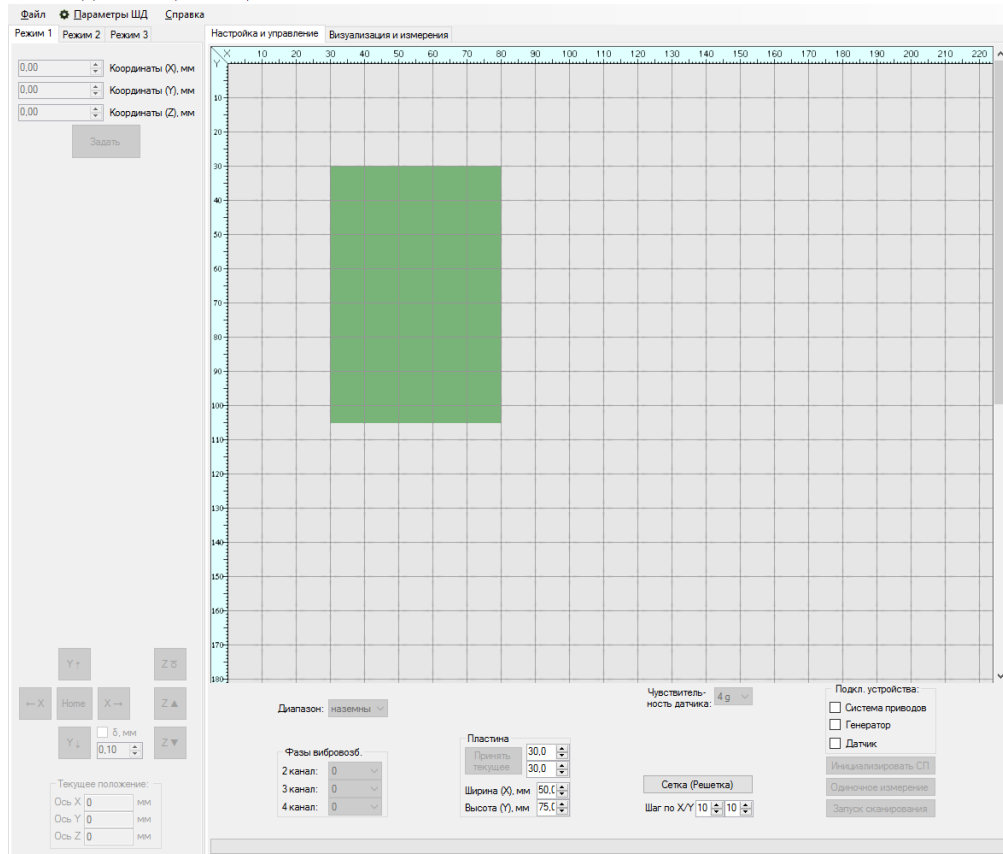


Рисунок 1 – Стартовый экран системы управления

Визуализация программы управления системы вибрационных испытаний

Самая визуально большая часть информационно измерительной системы имеет две вкладки: «Настройка и управление», «Визуализация и измерения». На эту часть возложены основные графические функции, так в первой вкладке имеется область, в которой отображается рабочий стол системы позиционирования, для данной области можно выбрать режим сетки и шаг этой сетки. На ней можно расположить исследуемую прямоугольную пластину, делается это заданием координаты точки верхнего левого угла пластины и заполнением полей «Ширина» и «Высота». При запущенной системе позиционирования, в качестве координаты верхнего левого угла можно использовать текущее значение положения шпинделя. После перехода на вторую вкладку отображается двумерная или трехмерная визуализация. В режиме двумерной визуализации можно наблюдать АЧХ конкретной точки исследуемой пластины, трехмерный же режим визуализирует акселерограммы всех точек пластины на выбранной частоте, с возможностью вращения, изменения масштаба и положения пластины. Однако при выборе пункта «Цветодиаграмма» отображаемая информация становится двумерной, величина амплитуды виброускорения начинает отображаться цветом, не высотой.

Самая визуально меньшая часть информационно измерительной системы в основном служит для выбора и отображения координат точек, в которых будет производиться или произведено измерение АЧХ виброускорения. При активной вкладке «Настройка и управление», левая панель имеет 3 вкладки: «Режим 1», «Режим 2», «Режим 3».

Первый режим предназначен для проведения испытаний в одной точке, он позволяет вручную расположить контактный щуп датчика над исследуемой пластиной. Файл его сохранения имеет расширение «*.lts».

Второй режим предназначен для проведения испытаний в нескольких точках, что обеспечивает одинаковую силу прижима щупа к пластине и облегчает работу оператора, которому следует только ввести координаты контрольных точек. Файл его сохранения имеет расширение «*.ntc».

Третий режим предназначен для проведения испытаний по сетке точек, он является дальнейшим развитием испытательных режимов и идеально подходит для автоматического снятия акселерограммы в ущерб времени потраченного на полное измерение. Файл его сохранения имеет расширение «*.xtc».

Рисунок 2 отображает пример задания сетки точек, в левой панели отображаются все координаты, подлежащие дальнейшему проведению виброизмерения для снятия АЧХ в этих точках.

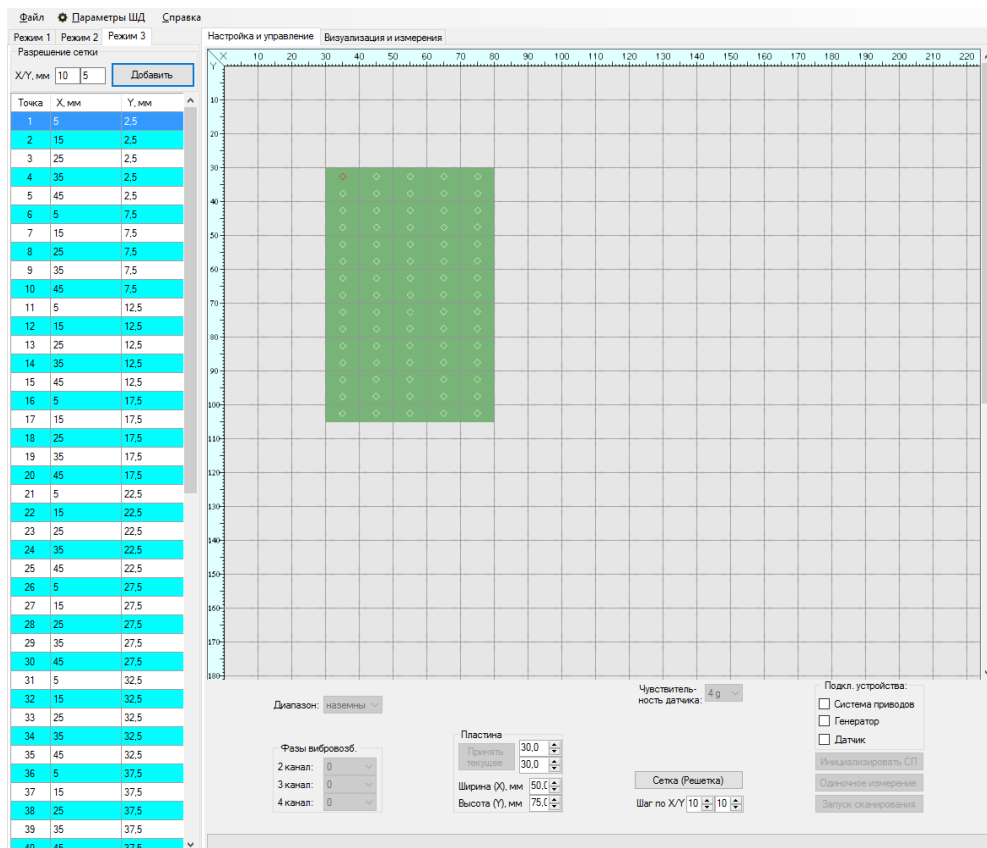


Рисунок 2 – Режим 3, задание сетки контрольных точек

При активной вкладке «Визуализация и измерения», левая панель имеет всего 2 вкладки: «Точки съема», «Управление 3D». В соответствии с выбранным ранее режимом, первая из имеющихся вкладок отображает координаты одной точки, контрольных точек или сетки точек. При выборе фокуса какой либо строки, отображается АЧХ соответствующей ей точки, если до этого были произведены испытания.

Все три подключаемых устройства автоматически определяются при подсоединении их к ПК, при этом ячейка отображения состояния конкретного устройства заполняется темно-серым квадратом. Далее оператор волен включить подключенные устройства, имеющие в ячейке отображения состояния темно-серый квадрат, при этом значение ячейки с «Indeterminate» заменяется на «Checked», что визуально выглядит как отображение галочки в ячейке отображения состояния. После чего происходит автоматическая инициализация и первичная настройка оборудования. Соответственно пустая ячейка указывает на отсутствие подключения определенного устройства. Если же устройство физически подключено и определено операционной системой, но темно-серого квадрата не появляется, то возможно устройство функционирует, но происходит потеря или искажение данных. В таких случаях рекомендуется заменить data-кабель на более короткий и свести к минимуму внешние помехи. Все три состояния ячейки отображения состояния устройства можно увидеть на рисунке 3, где «система приводов» подключена и запущена, «генератор» подключен, но не запущен, «датчик» не подключен.

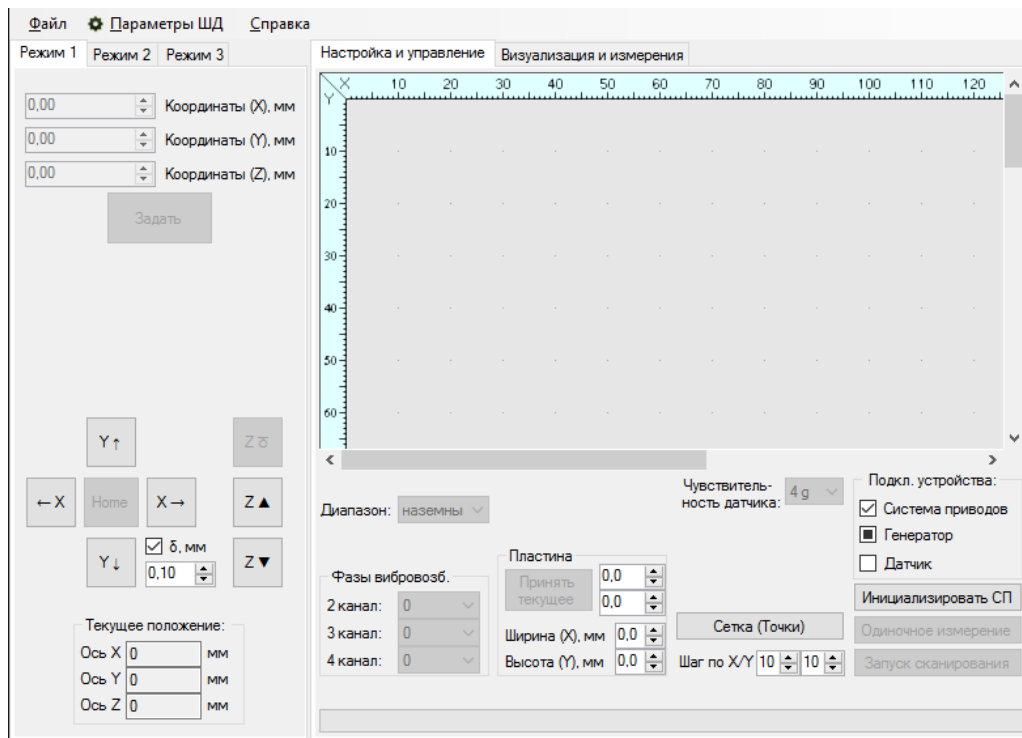


Рисунок 3 – Главный экран системы управления с двумя подключенными устройствами

Подключение к программе управления устройств

При включении устройства «Система приводов», можно услышать писк включившихся шаговых двигателей, а так же становятся активными некоторые элементы управления на основной панели управления и во вкладке «Режим 1». Например, кнопки со стрелками в различных направлениях, по нажатию которых происходит перемещение шейки шпинделя в выбранном направлении по выбранной оси. Для большего удобства, возможности этих кнопок продублированы кнопками клавиатуры, такими как: стрелки влево, вправо, вверх и вниз, для перемещения зажимного шпинделя по осям X и Y, и кнопками «Page Up» и «Page Down» для изменения положения оси Z в вертикальной плоскости, кнопкой «Home» для подъема шпинделя по оси Z до концевого датчика, т.е. автоматический подъем вверх на максимальное значение. Преимущество управления с клавиатуры заключается в возможности одновременного управления всеми осями системы позиционирования. При включении опции « δ , мм», меняется механика управления перемещением: вращение винтов шариковинтовой передачи (ШВП) прекращается не по отпусанию кнопки или клавиши клавиатуры, а по окончании перемещения шпиндельной плиты на величину δ , кстати, её значение можно изменить в специальном поле, расположенном ниже опции « δ , мм». Но основным из активировавшихся элементов управления по праву является кнопка «Инициализация», по нажатию которой происходит калибровка системы позиционирования, что также называется поиском нуля. После чего открываются дополнительные возможности управления ШД, позволяющие программно задавать координату точки, в которую должна переместиться шпиндельная плита. Однако для правильного перемещения в соответствии с метрической системой, следует убедиться в корректных настройках шаговых двигателей. Для этого в верхнем меню следует выбрать пункт «Параметры ШД», после чего будет открыта дополнительная панель управления, в которой изменяются такие параметры системы приводов, как дробление шага (или микрошаг), шаг ШВП и параметры электродвигателей, такие как максимальная скорость вращения, ускорение и связанные между собой «количество шагов на оборот» и «угол на 1 шаг». Причем все настраивается для каждой из трех осей отдельно.

При включении устройства «Генератор», становятся активными элементы управления выбора диапазона генерируемой частоты и разности фаз между каждым из 4х каналов, также становятся активными одна или две кнопки. Кнопка «Одиночное измерение» запускает четырехканальный генератор периодического сигнала и производит прогон частоты в соответствии с выбранным диапазоном.

Если подключены оба рассмотренных выше оборудования, причем система приводов проинициализирована, кнопка «Запуск сканирования» становится доступной оператору. Она работает в паре с одним из следующих режимов: «Режим 2», «Режим 3».

Для съема акселерограммы, предлагается использовать «свой» цифровой датчик контактного типа, специально разработанный для измерения виброускорения. При включении устройства «Датчик», в функции обработки одиночного измерения или полного сканирования добавляется подпрограмма приема данных с акселерометра. Вкладка «Визуализация и измерения» становится доступной. Ещё для оператора открывается возможность изменять чувствительность датчика ускорения, его пороги чувствительности таковы: 2g, 4g, 8g, 16g, по умолчанию установлен второй режим.

Когда подключены все 3 ведомых устройства и выбрано измерение по контрольным точкам или по сетке точек, кнопка «Запуск сканирования» осуществляет последовательное перемещение шпиндельной плиты по координатам указанным в соответствующей таблице, производит контакт щупа датчика с исследуемой пластиной и запускает генератор в режиме прогона частоты, прогресс измерения отображается нижним прогрессбаром (progressBar). По достижению максимальной частоты исследуемого диапазона, происходит подъем оси Z и переход к следующим координатам. Общий прогресс выполнения процесса можно отследить по верхнему прогрессбару. Таким образом, осуществляется исследование прямоугольной пластины на вибрации в диапазоне различных частот (от 10 до 500 Гц или от 10 до 2000 Гц) и с различными фазами периодического синусоидального сигнала в точках крепления для определения динамических характеристик объекта исследования.

Заключение

В данной работе решена задача автоматизации процесса испытаний бортовой радиоэлектронной аппаратуры для определения динамических характеристик. Полученные результаты доведены до алгоритмической и программной реализации. Разработана инженерная методика работы с программным обеспечением на основе методологии IDEF0 позволяющая управлять вибрационными испытаниями с помощью четырехканального вибростенда.

Статья подготовлена в рамках реализации проекта «Адаптивная интеллектуальная система вибрационных испытаний бортовой радиоэлектронной аппаратуры ракетно-космической и авиационной техники нового поколения на основе многофункциональной цифровой генерации испытательных сигналов» (Соглашение № 17-79-10281 от 24.07.2017) при финансовой поддержке Российского научного фонда.

Литература

1. Автоматизированная многоканальная виброиспытательная установка / А.В. Лысенко, А.В. Затылкин, Д.А. Голушко, Д.А. Рындин, Н.К. Юрков // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2012. № 5. С. 83.
2. Лысенко, А.В. Конструкция и методика расчета гибридного виброамортизатора с электромагнитной компенсацией / А.В. Лысенко, А.В. Затылкин, Н.А. Ястребова // Вестник Пензенского государственного университета. 2013. № 4. С. 73-78.
3. Программа инженерного расчёта температуры перегрева кристалла электрорадиокомпонента и его теплоотвода / Н.В. Горячев, А.В. Лысенко, И.Д. Граб, Н.К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. С. 340.
4. Лысенко, А.В. Анализ современных систем управления проектами / А.В. Лысенко // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. С. 371-372.
5. Лысенко, А.В. Анализ особенностей применения современных активных систем виброзащиты для нестационарных РЭС / А.В. Лысенко, Г.В. Таньков, Д.А. Рындин // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 2. С. 155-158.
6. Алгоритм функционирования стенда исследования теплоотводов и систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры / Н.В. Горячев, И.Д. Граб, А.В. Лысенко, Н.К. Юрков // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2011. № 1. С. 385-391.
7. Основы теории надежности электронных средств / Н.К. Юрков, А.В. Затылкин, С.Н. Полесский, И.А. Иванов, А.В. Лысенко // Пенза, 2013.
8. Лысенко, А.В. Методика моделирования внешних механических воздействий на бортовую РЭА / А.В. Лысенко, Е.А. Данилова, Г.В. Таньков / Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2013. Т. 1. С. 226-228.
9. Влагозащитное покрытие печатных узлов в датчике утечки воды / А.Г. Белов, В.Я. Баннов, В.А. Трусов, И.И. Кочегаров, А.В. Лысенко, Н.К. Юрков // Современные информационные технологии. 2014. № 19. С. 265-272.
10. Особенности разработки макромоделей надежности сложных электронных систем / Н.К. Юрков, А.В. Затылкин, С.Н. Полесский, И.А. Иванов, А.В. Лысенко // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2014. Т. 1. С. 101-102.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Чесалин А.Н., Гродзенский С.Я, Нилов М.Ю.*
МИРЭА – Российский технологический университет, * Госкорпорация «Росатом»
chesalin_an@mail.ru

Исследуется проблема принятия решений по управлению качеством в условиях неопределенности. Предлагается методика и программное обеспечение для оценки качества решений на основе аппарата нечеткой логики и метода анализа иерархий.

Ключевые слова: оценка качества, принятие решений, нечёткая логика, метод анализа иерархий.

The decisions quality assessment based on hierarchy analysis and fuzzy logic. Chesalin A.N., Grodzenskiy S.Ya, Nilov M.Yu.*, MIREA, * Rosatom.

The problem of decision-making under uncertainty in quality management and other practical applications is researched. The technique and software for the evaluation of the decisions quality based on fuzzy logic and the method of analysis of hierarchies are proposed.

Keywords: quality assessment, decision making, fuzzy logic, method of hierarchy analysis.

Введение

Задача принятия решения сводится к поиску наилучшего способа действий для достижения поставленных целей. При этом многие решения принимаются в условиях неопределённости – неполноты или неточности информации о возможных последствиях, необходимых затратах и т.д. Под качеством управленческого решения, как правило, понимается совокупность его параметров, удовлетворяющих конкретным потребителям и обеспечивающих реальность реализации. Данная задача включает в себя[1]:

- определение, измерение и проведение мониторинга ключевых показателей для демонстрации результатов деятельности организации;
- обеспечение доступности всех необходимых данных для соответствующих работников;
- обеспечение уверенности в точности, надежности и безопасности данных и информации;
- анализ и оценку данных и информации с использованием подходящих методов;
- обеспечение компетентности работников в области анализа и оценки данных по мере надобности;
- принятие решений и выполнение действий на основе фактических данных, сбалансированных с учетом опыта и интуиции.

Постановка проблемы

Пусть лицу, принимающее решение, (ЛПР) необходимо оценить его качество. Очевидно, что ошибочное решение может нанести ущерб компании и даже привести к катастрофе.

Блок-схема предлагаемой методики оценки качества решения представлена на рис. 1.

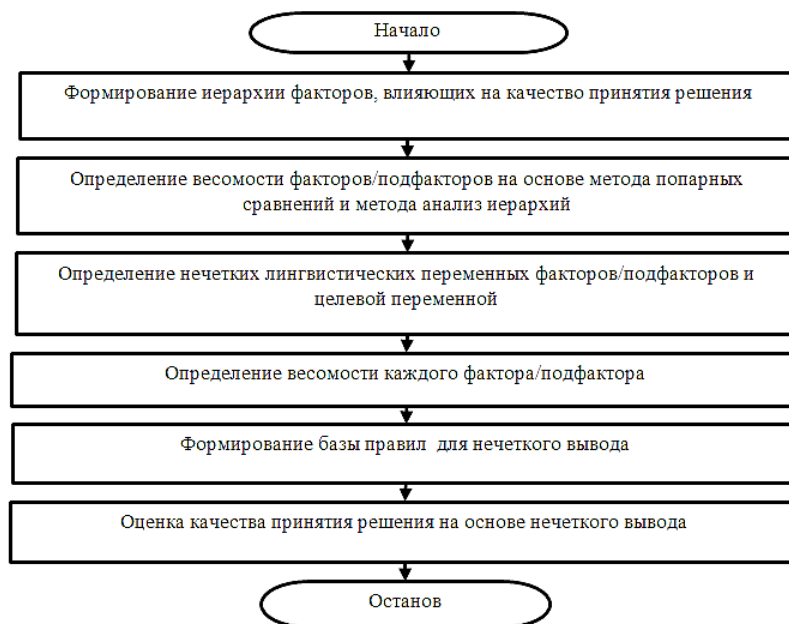


Рис.1 – Методика оценки качества принятия решений

Формирование факторов/подфакторов, влияющих на качество принятия решения

Одним из наиболее известных методов решения многокритериальных задач является метод анализа иерархий (МАИ) (рис.2), предложенный Т. Саати [2]. Метод использует функцию полезности и позволяет достичь достаточно высокой объективности при формировании и сравнении значений интегрального критерия (см. табл. 1).

Таблица 1 – Шкала относительной важности

Вербальное описание	Численное значение
Равная важность	1
Умеренное превосходство	3
Существенное превосходство	5
Очень сильное превосходство	7
Сверх превосходство	9
Промежуточные решения между двумя соседними суждениями	2, 4, 6, 8

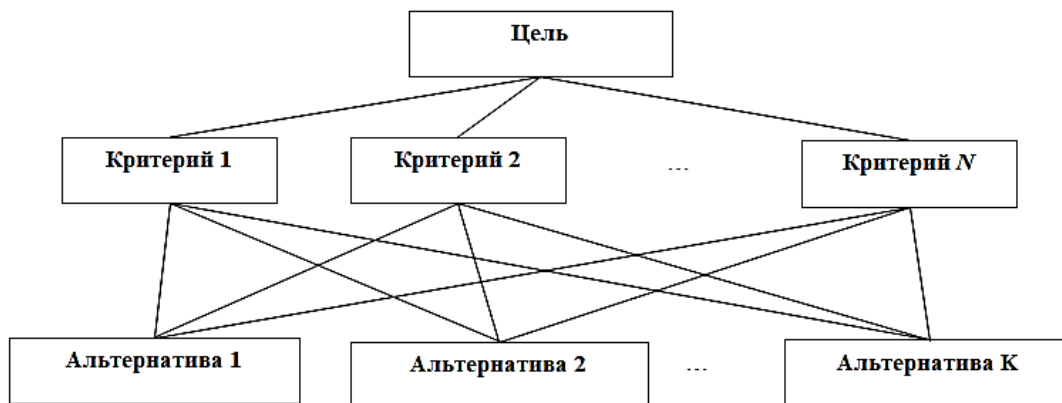


Рис.2 – Метод анализ иерархий

Порядок решения в соответствии с МАИ представлен на рис.3.



Рис. 3 – Блок-схема алгоритма решения задачи в соответствии с МАИ

Факторы, влияющие на качество решений

В ходе выполнения работы было выделено пять основных факторов, влияющих на качество принятия решения: 1-ЛПР, 2-внутренняя и внешняя среда, 3-качество входной информации, 4- наличие ограничений, 5-проработанность проблемы. Важно отметить, что чем больше входных лингвистических переменных и терм-множеств, тем больше требуется правил для нечеткого вывода. Поскольку количество всевозможных факторов, влияющих на качество принятия решения велико, предлагается формировать их иерархически, как показано на рис. 4. Иерархичный подход также используется в стандарте [3] для оценки качества программного обеспечения.

К примеру, формирование качества входной информации в соответствии с ГОСТ Р 51170-98 характеризуется следующими составляющими (подфакторами):

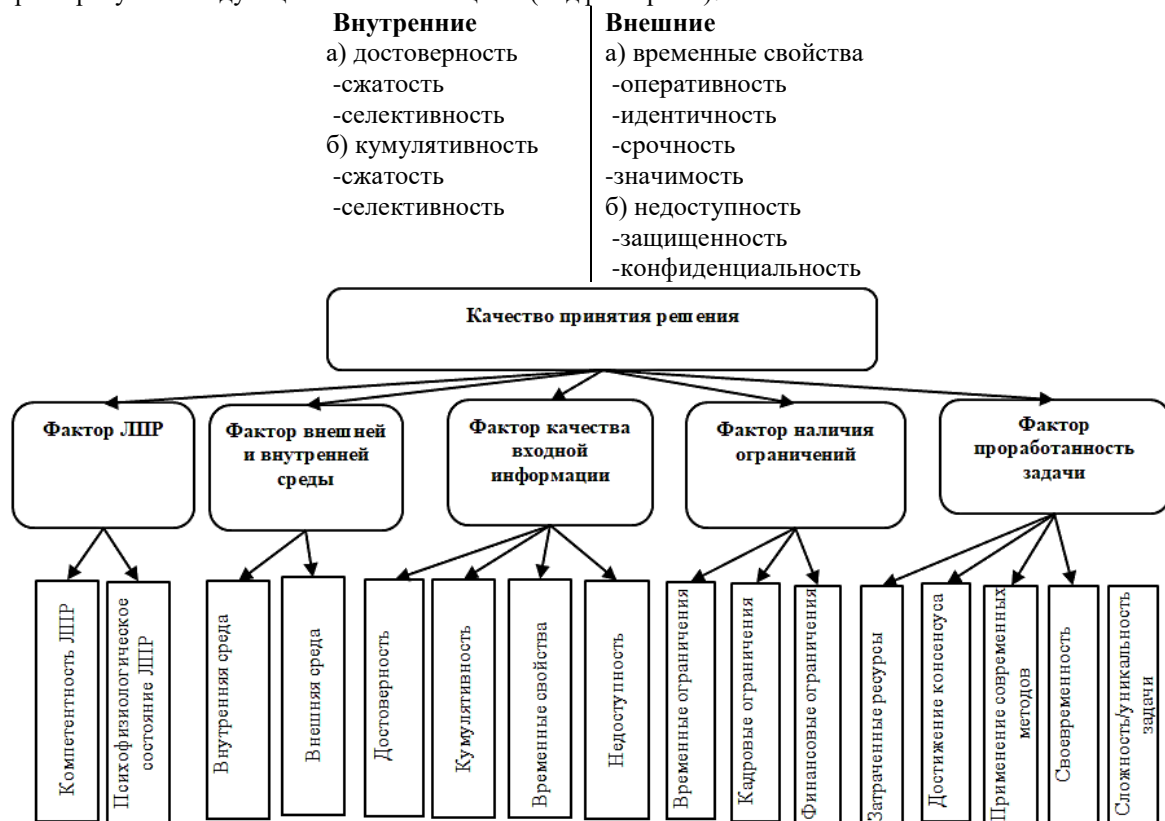


Рис. 4 - Иерархическое представление факторов, влияющих на качество принятия решений

Применение аппарата нечеткой логики

Для представления размытых (нечетких) знаний в начале 1970-х американский математик азербайджанского происхождения Лофти Заде (профессор Калифорнийского университета (Беркли) предложил формальный аппарат нечеткой алгебры и нечеткой логики[5]. В основе теории нечетких множеств, предложенной Л. Заде, лежит тот факт, что субъективные представления о цели всегда нечетки.

Нечеткие знания по своей природе разнообразны и могут быть условно разделены на следующие категории: неточность, неоднозначность, т. е. любые нечеткости, между которыми нельзя провести четкой границы. Блок-схема алгоритма нечеткого вывода представлена на рис. 5 Для моделирования и реализации предлагаемого метода оценивания качества принятия решения использовался язык программирования Python и открытая библиотека Scikit-Fuzzy, макет ПО показан на рис.6.

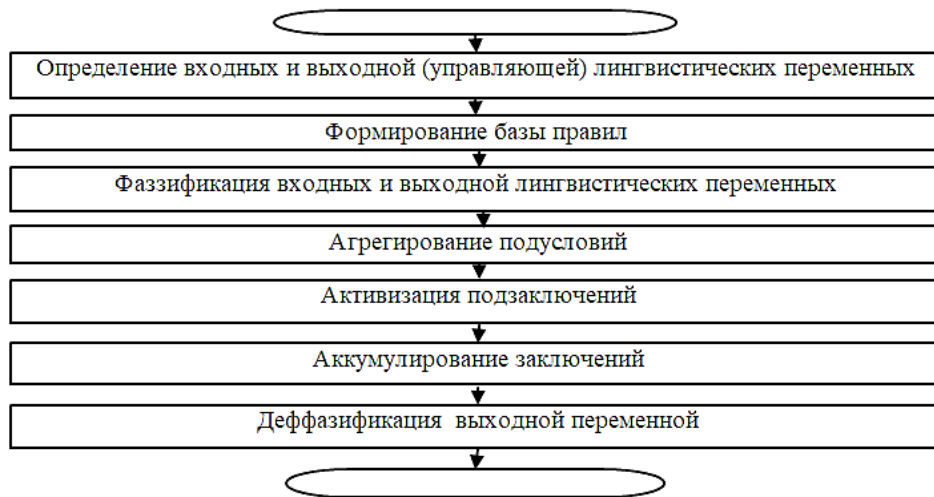


Рис.5 – Блок-схема алгоритма нечеткого вывода

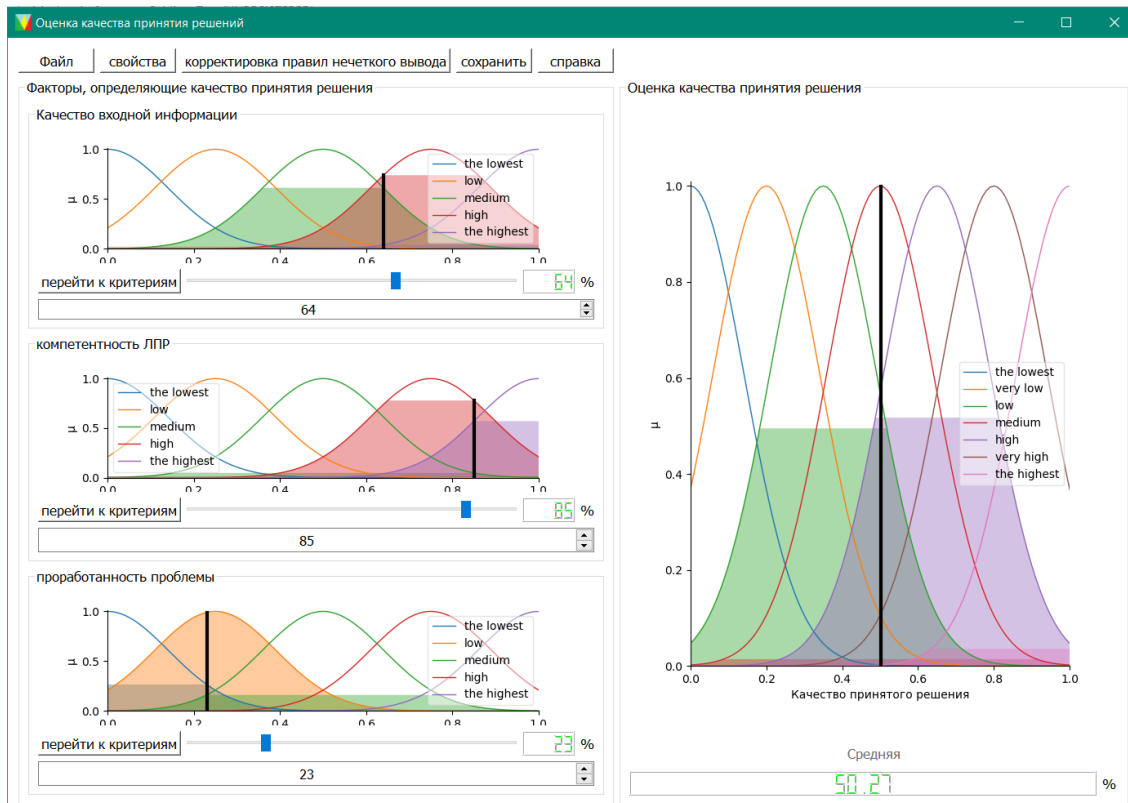


Рис.6 – Макет ПО нечеткой системы оценивания качества принятия решения

Описание входных и выходных лингвистических переменных

Для входных лингвистических переменных - факторов первого уровня («Фактор ЛПР», «Фактор внутренней и внешней среды», «Фактор качества входной информации», «Фактор наличия ограничений», «Фактор проработанности проблемы» - факторов, определяющих качество принятия решения) вводится нормированное универсальное множество $U_x = [0, 1]$, и терм-множества $T_x \{ \text{низкое, ниже среднего, среднее, выше среднего, высокое} \}$ или их английский эквивалент $\{ \text{low, lower, middle, upper-middle, high} \}$. Если при оценке качества факторы 2 и 3 уровня не рассматривались, а оценка качества проводилась только по критерию первого уровня (упрощенный вариант анализа), возможно использование терм-множеств $T_x \{ \text{низкое, среднее, высокое} \}$ или английский эквивалент $\{ \text{low, middle, high} \}$.

Для входных лингвистических переменных - критериев факторов второго и третьего уровня – (Компетентность ЛПР, психофизическое состояние ЛПР и др.) вводится нормированное универсальное

множество $U_{x1} = [0,1]$, и терм-множества $T_{x1}\{\text{низкое, среднее, высокое}\}$ или английский эквивалент $\{low, middle, high\}$.

Для входных переменных – критериев 3 уровня (Образование, опыт, знание проблемы и др.) вводится нормированное универсальное множество $U_{x2} = [0,1]$, и терм-множества $T_{x2}\{\text{низкое, высокое}\}$ или английский эквивалент $\{low, high\}$.

Для выходной переменной «надежность АС» вводится нормированное универсальное множество $U_y = [0,1]$, и терм-множества $T_y = \{\text{низкое, ниже среднего, среднее, выше среднего, высокое}\}$ или английский эквивалент $\{low, lower-middle, middle, upper-middle, high\}$.

Для лингвистических переменных как правило используются следующие функции принадлежности: треугольная, трапецевидная, гауссова, колоколообразная, сигмовидная, S-подобная, Z-подобная, синглтонная и др., выбор той или иной функции принадлежности зависит от поставленной задачи [7].

Система нечетких правил системы формируется экспертом в соответствующей области на основе его опыта и знаний системы. База правил должна быть непротиворечивой и достаточной для комплексного анализа проблемы.

В качестве алгоритма нечеткого вывода используется алгоритм Мамдани [7] (рис.7). В качестве алгоритма дефаззификации используется метод «Центр тяжести», который является самым распространенным при использовании алгоритма Мамдани. Дефаззифицированное значение y_0 , нечеткого множества $\mu(y)$ определяется как его нечеткий центроид (рис. 8):

$$y_0 = \frac{\int_y^{\bar{y}} y \cdot \mu(y) dy}{\int_y^{\bar{y}} \mu(y) dy}$$

Правила, построенные исходя из экспертной информации, не всегда объективно описывают объект исследования. Вследствие этого рекомендуется вести статистику принятия решений и на ее основе корректировать систему нечеткой оценки, к примеру, с помощью известных алгоритмов статистического обучения [9]. В связи с этим актуальной проблемой является создание системы управления знаниями в организациях, где необходимо принятие качественных решений.

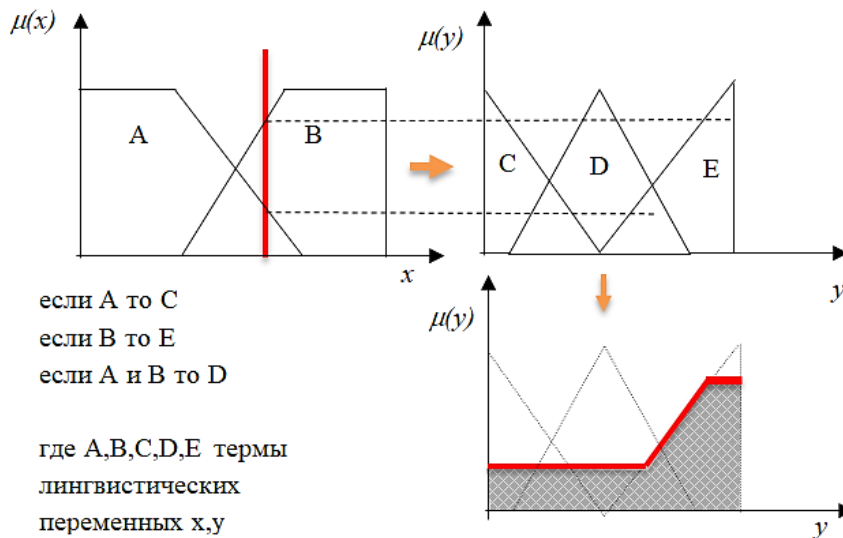


Рис.7 - Схематичное изображение алгоритма нечеткого вывода Мамдани

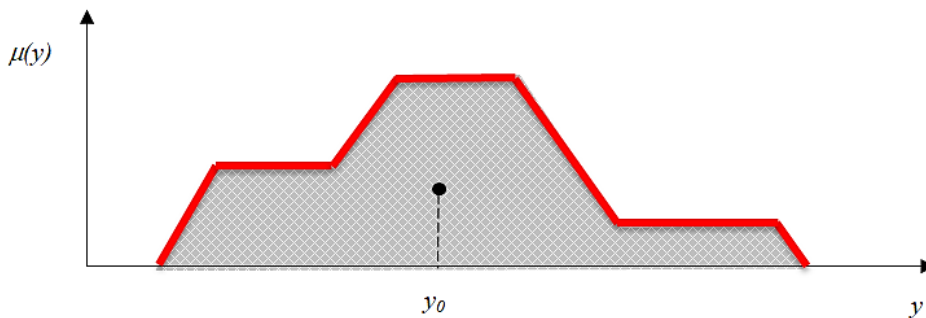


Рис.8 - Дефаззификация методом «Центр тяжести»

Заключение

В работе проведено исследование проблемы обеспечения качества принятия решений. В результате исследования предложена иерархия факторов, влияющих на качество принятия решений, на основе которой разработана методика оценки качества принятия решения с использованием нечеткой логики. В работе описан алгоритм проведения оценки, а также приведены необходимые сведения из раздела нечеткой логики. Для применения на практике результатов, полученных в статье, разработан прототип программного обеспечения для оценивания качества принятия решений. Предложенная методика может использоваться как самим ЛПР, так и лицами, проводящими контроль принятия решений.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования
2. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1989. — 316 с.
3. ГОСТ 28195-89 Оценка качества программных средств. Общие положения
4. ГОСТ Р 51170-98 Качество служебной информации. Термины и определения
5. L.A.Zadeh, Fuzzy Sets, Information and Control, (1965)
6. Mamdani, E.H. and S. Assilian, "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller," International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 7, No. 1, pp. 1-13, 1975.
7. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 288 с.
8. ГОСТ Р МЭК 61131-7—2017 Контроллеры программируемые. Часть 7. Программирование нечеткого управления
9. Bishop, C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. — Springer, 2006. — 738 p.

РАСЧЕТ ЗАПРЕЩЕННЫХ ФОТОННЫХ ЗОН НА ПРИМЕРЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 2D ФКВ

Дудин Д.В., Увайсов С.У., Шерстюк Н.Э.
МИРЭА - Российский технологический университет
+7(926)750-77-13, dd.2222010@yandex.ru

Статья посвящена исследованию процесса происходящего в 2D фотонно-кристаллической структурах BaTiO₃ с различной упорядоченностью цилиндрических отверстий заполненных воздухом, количество отверстий 20×20, глубина отверстий q=2μm. С помощью разработанного и автоматизированного интерфейса для расчета параметров сегнетоэлектрических ФК и волноводов на основе программного пакета Comsol Multiphysics 5.3 были рассчитаны коэффициенты пропускания 2D структур, с использованием которых достигнута передача сигнала телекоммуникационного диапазона без потерь полезной информации вследствие существования запрещенной фотонной зоны.

Ключевые слова: запрещенная фотонная зона, фотонно-кристаллический волновод, интерфейс, фотонно-кристаллическая структура, фотонный кристалл.

Calculation of prohibited photon zones by example of numerical simulation of 2D PCF. Dudin D.V, Uvaysov S.U, Sherstyuk N.E. MIREA - Russian Technological University

Article is devoted to a research of process of the events in 2D photon and crystal structures of BaTiO₃ with various orderliness of the cylindrical openings filled with air, quantity of openings 20×20, depth of openings q=2μm. By means of the developed and automated interface for calculation of parameters of ferroelectric FC and waveguide on the basis of a software package of Comsol Multiphysics 5.3 coefficients of transmission of 2D structures with which use signal transmission of telecommunication range without loss of useful information owing to existence of the forbidden photon zone is reached have been calculated.

Keywords: the forbidden photon zone, a photon and crystal waveguide, the interface, photon and crystal structure, a photon crystal.

Введение

Интерес исследований сегнетоэлектрических 2D фотонно-кристаллических волноводов (ФКВ) заключается в том, что поведение света непосредственно зависит от геометрических и оптических свойств системы.

Практически во всех сегнетоэлектрических устройствах или устройствах на их основе существует переключение поляризации в направлении, перпендикулярном плоскости пленки, что

позволяет при малых толщинах пленки управлять поляризацией весьма малыми напряжениями (единицами вольт). Также для многих СВЧ и оптических приложений планарная геометрия является наиболее удобной, поскольку она обеспечивает эффективное взаимодействие электромагнитной волны и сегнетоэлектрической поляризации, обеспечивая при этом широкие возможности для интегрирования элементов[1].

Существует множество программ, в том числе основанных на численных методах, позволяющих производить моделирование систем, анализировать распространение излучения, как в волноводах, так и в целых оптоволоконных системах. Такие программы, например: ModeSYS, Active Photonics, PSOFT Fullwave, MPB, Comsol Multiphysics.

Все перечисленные программы для анализа, моделирования и разработки, как отдельных компонентов, так и оптоволоконных систем целиком позволяют исследователю заранее изучить результат влияния тех или иных факторов на поведение и свойства исследуемых объектов, а так же комплексно представить свойства всей системы до ее реального изготовления. Безусловно, использование таких программ имеет существенную экономическую пользу, поскольку затраты на программное обеспечение, а большинство программ являются коммерческим продуктом, практически всегда несравнимо меньше стоимости изготовления систем и их отдельных компонентов для проведения натуральных испытаний с неизвестным исходом.

Основным недостатком программных комплексов является отсутствие готовых моделей и интерфейсов, позволяющих быстро производить расчет параметров фотонных кристаллов и структур на их основе.

В данной работе представлен расчет запрещенных фотонных зон 2D фотонно-кристаллического волновода BaTiO₃ с помощью разработанного интерфейса для расчета параметров сегнетоэлектрических ФК и волноводных структур на основе программного пакета Comsol Multiphysics 5.3.

1. Моделирование 2D ФКВ с использованием программного пакета Comsol Multiphysics 5.3

Диалоговая среда Comsol Multiphysics, основанная на системах уравнений с частными производными, использует метод конечных элементов для численного решения системы основных уравнений Максвелла.

$$\nabla \times (\mu_r^{-1} \nabla \times \mathbf{E}) - k_0^2 \left(\epsilon_r - \frac{i\sigma}{\omega\epsilon_0} \right) \mathbf{E} = 0 \quad (1)$$

μ_r - относительная магнитная проницаемость; ϵ_r - относительная диэлектрическая проницаемость; и σ - электропроводность.

Данное уравнение решается относительно вектора напряженности электрического поля, $\mathbf{E} = \mathbf{E}(x, y, z)$, во всей области моделирования, где \mathbf{E} представляет собой вектор с компонентами $\mathbf{E} < \mathbf{E}_x, \mathbf{E}_y, \mathbf{E}_z >$.

Основные этапы построения 2D фотонно-кристаллического волновода BaTiO₃ с различной упорядоченностью цилиндрических отверстий заполненных воздухом:

1. Производилось построение геометрии 2D структуры BaTiO₃ с последующим формированием линейного дефекта, путем удаления цилиндрических отверстий гексагональной упорядоченности.
2. Добавка материала
3. Постановка дифференциального уравнения с периодическим граничным условием.
4. Построение конечно-элементной сетки с помощью копирования свободных фигур.
5. Настройка решателя.

С помощью разработанного и полностью автоматизированного интерфейса был произведен расчет 3ФЗ 2D фотонно-кристаллического волновода.

2. Постановка численного эксперимента и результаты

В ходе эксперимента был произведен подбор параметров геометрии структуры (период; диаметр отверстий) для 2D фотонно-кристаллического волновода с различным упорядочением отверстий. При использовании полученных параметров геометрии (периода; диаметра отверстий), прохождение электромагнитной волны телекоммуникационного диапазона $\lambda = 800 - 1700$ нм, распространяющейся параллельно плоскости периодичности вдоль волновода (по нормали к осям отверстий), существует без значительных потерь за счет формирования запрещенной фотонной зоны. Стоит учитывать тот факт, что электромагнитное поле для определенных λ , рассматриваемого диапазона, все же проходит в окружающую периодическую среду, но его амплитуда экспоненциально уменьшается по мере углубления в материал, наиболее полный обзор графических данных представлен в работе[2].

По результатам сравнения квадратной и гексагональной упорядоченности выявлено, что гексагональная упорядоченность является наиболее эффективной, чем квадратная, что следует из данных таблицы 1 (гексагональная упорядоченность) и таблицы 2 (квадратная упорядоченность).

Как видно из таблицы 1, построение 2D фотонно-кристаллического волновода, на основе запрещенных фотонных зон, возможно для 6 значений параметров геометрии структуры (период; диаметр отверстий) из 10 исходных, в то время как для квадратной упорядоченности, запрещенные фотонные зоны формируются только для 3 значений параметров из 10, это значит, что построение 2D фотонно-кристаллического волновода с гексагональной упорядоченностью существует с большей вариацией параметров. По этой причине эксперимент будет основан на примере 2D ФКВ ВаTiO₃ с гексагональным упорядочением цилиндрических отверстий заполненных воздухом, методика моделирования 2D фотонного кристалла представлена в журнале[3].

Таблиц 1–Параметры геометрии для структуры с гексагональным упорядочением отверстий

Период структуры $a, \mu\text{m}$	0,65	0,65	0,68	0,7	0,7	0,72
Диаметр отверстий $d, \mu\text{m}$	0,45	0,48	0,52	0,48	0,5	0,54

Таблица 2–Параметры геометрии для структуры с квадратным упорядочением отверстий

Период структуры $a, \mu\text{m}$	0,65	0,65	0,7
Диаметр отверстий $d, \mu\text{m}$	0,45	0,48	0,5

На основе полученных параметров геометрии структур был создан блок расчета пропускания 2D фотонно-кристаллического волновода для длин волн телекоммуникационного диапазона.

Коэффициенты пропускания (блок) интенсивности электромагнитной волны в диапазоне $\lambda = 800 - 1700$ нм в 2D структурах с гексагональной упорядоченностью отверстий ($a=0,7 \mu\text{m}$; $d=0,5 \mu\text{m}$) приведены на (рис. 1). Минимумы на спектрах пропускания соответствуют фотонным запрещенным зонам.

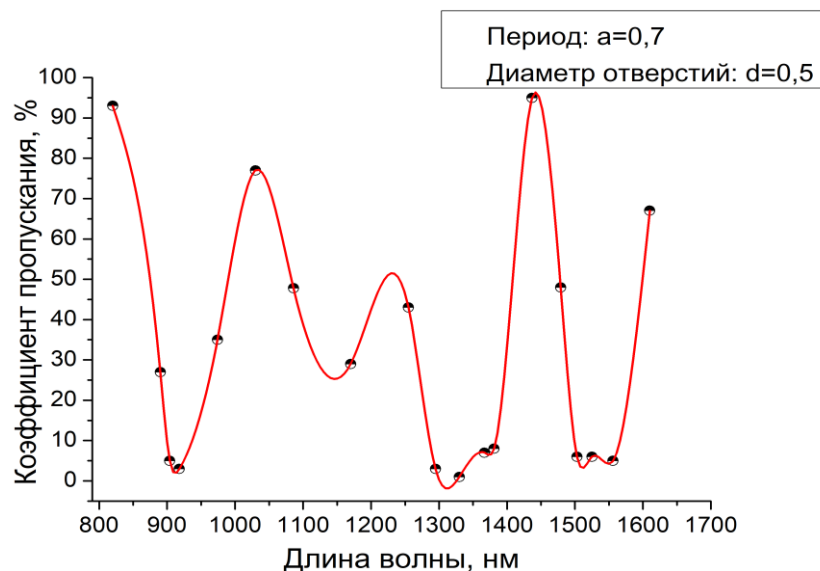


Рисунок 1–Спектр пропускания структуры 2D ФКВ на основе ВаTiO₃ с гексагональной упорядоченностью отверстий (период структуры, $a=0,7 \mu\text{m}$; диаметр отверстий, $d=0,5 \mu\text{m}$).

Приведенный выше блок указывает на длины волн, при которых существует минимальный показатель коэффициента пропускания. При коэффициенте пропускания $< 20\%$ прохождение интенсивности электромагнитной волны существует без значительных потерь (возможен шум), если коэффициент пропускания растет, потеря полезного сигнала возрастает, сигнал рассеивается в периодическую структуру окружающую волновод.

Далее рассмотрим прохождение интенсивности электромагнитной волны для λ , при которых существует минимальный показатель коэффициента пропускания. На рисунке 2 представлено прохождение электромагнитной волны $\lambda = 1330$ нм ($a=0,7 \mu\text{m}; d=0,5 \mu\text{m}$) вдоль волновода, количество отверстий 20×20 ., глубина отверстий $q=2 \mu\text{m}$

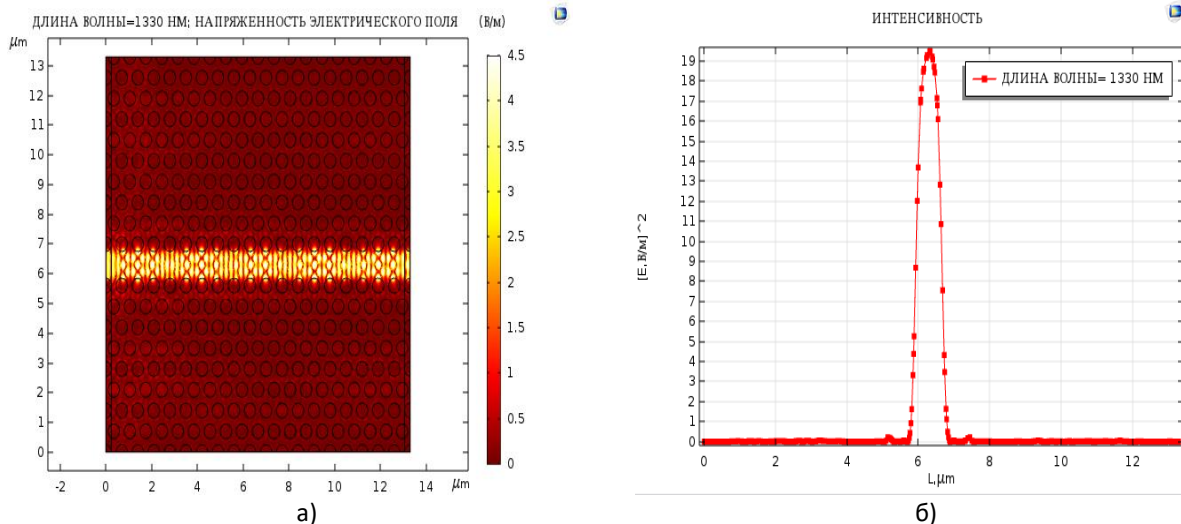


Рисунок 2–2D ФКВ на основе ВаТiO₃, гексагональное упорядочение. а) ЗФЗ, $\lambda = 1330$ нм ($a=0,7 \mu\text{m}; d=0,5 \mu\text{m}$). б) Максимум интенсивности волны проходящей вдоль волновода, $\lambda = 1330$ нм.

Как и в работе[4], из графика на (рис. 2 б). видно, что прохождение электромагнитной волны $\lambda = 1330$ нм в 2D ФКВ с параметрами: $a=0,7 \mu\text{m}; d=0,5 \mu\text{m}$, существуют без рассеяния интенсивности в периодическую структуру окружающую волновод за счет сформированной запрещенной фотонной зоны, для данного значения длины волны, $E^2=19,44$ В/.

3. Выводы

С помощью диалоговой среды Comsol Multiphysics 5.3, основанной на системе уравнений с частными производными, используя метод конечных элементов для численного решения уравнения Максвелла, был создан и автоматизирован интерфейс для расчета запрещенных фотонных зон 2D структур.

Разработанные средства расчета (интерфейс) позволят исследовать большое количество 2D ФКВ с различными параметрами структур с последующим выявлением ЗФЗ, что в свою очередь, позволит комплексно представить свойства всей системы до ее реального изготовления и избежать проведения натуральных экспериментов с неизвестным исходом.

Литература

1. Мишина Е.Д., Семин С.В., Швырков К.В., Кудрявцев А.В., Ильин Н.А., Шерстюк Н.Э., Мухортов В.М. Нелинейно-оптическая микроскопия и спектроскопия сегнетоэлектрических и мультиферроидных материалов // Физика твердого тела. Т.54. Вып.5. С.836–842. 2012.
2. Ильин Н.А., Никонорова Т.В., Шерстюк Н.Э., Мишина Е.Д. Оптические свойства фотонно-кристаллических структур на основе монокристаллического GaAs // Статья в журнале «Нано – и микросистемная техника», - № 3(128), - стр. 17-20, - 2011.
3. Pao Tai Lin., Seng-Tiong Ho., Fei Yi., Bruce W. Wessels. Two-Dimensional Ferroelectric Photonic Crystal Waveguides: Simulation, Fabrication, and Optical Characterization // JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 27, NO. 19, OCTOBER 1, 2009
4. Sergei F. Mingaleev, Matthias Schillinger, Daniel Hermann, and Kurt Busch. Tunable photonic crystal circuits: concepts and designs based on single-pore infiltration // OPTICS LETTERS, VOL. 29, NO. 24 / December 15, 2004.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Еманаков И.В.

Российский технологический университет (МИРЭА)

+7 (985) 291-33-21, emanakov2@yandex.ru

Предложены методические рекомендации, устанавливающие принципы, правила и порядок проведения работ по анализу процессов машиностроительного предприятия.

Ключевые слова: «Бережливое производство», анализ процессов, уменьшение потерь.

Analysis of the processes at machine-building company. Emanakov I.V., Moscow technological university (MIREA).

The article deals with methodological recommendations that establish the principles, rules and procedure for the analysis of the processes of machine-building company.

Keywords: "Lean production", analysis of processes, reduction of losses.

Одним из наиболее известных современных подходов, применяемых машиностроительными предприятиями для повышения результативности и эффективности основной производственной деятельности, является подход, основанный на внедрении концепции «Бережливого производства» [1, 2].

Практическая реализация концепции «Бережливого производства» предполагает использование различных методов и инструментов для снижения всех видов потерь (временных, технологических, информационных и т.д.) в производственных процессах предприятия [3]. При этом, сокращение временных потерь в процессах является основной задачей для повышения эффективности функционирования производственной системы предприятия. Уменьшение времени (сроков, длительности, трудоемкости) производственных операций ведет к снижению их стоимости и возможности использования выявленных финансовых резервов для повышения качества продукции и конкурентоспособности предприятия.

Основной целевой показатель, используемый для анализа процессов машиностроительного предприятия – сокращение времени стандартного пути процесса (ВСПП). Пример анализа ВСПП изготовления заготовки приведен на рис. 1.

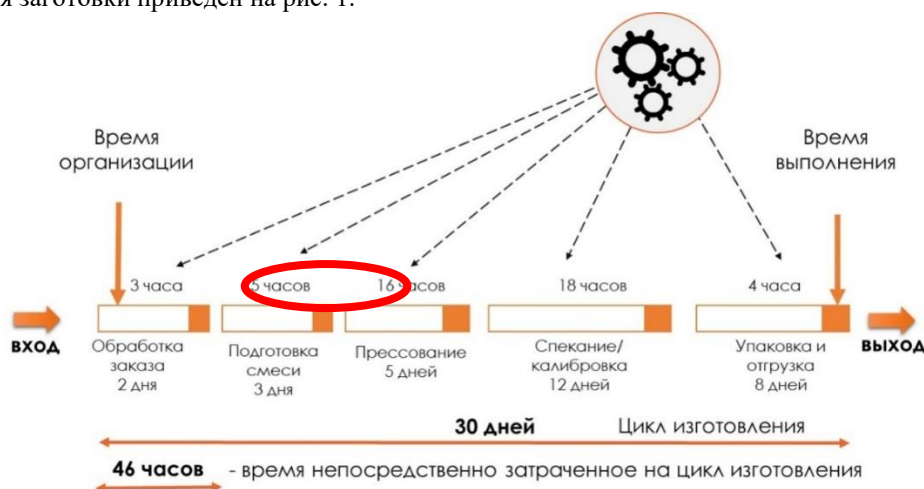


Рис. 1. Пример анализа ВСПП «Изготовление заготовки»

ВСПП представляет собой максимальное календарное время реализации процесса в соответствии с установленными требованиями, отчет которого начинается с инициации (входа) процесса, проходящего по стандартному пути, и заканчивается, когда появляется первый результат данного процесса (выход).

ВСПП рассчитывается с учетом следующих допущений (рис. 2):

- все делается «с чистого листа» (отсутствуют запасы материалов и комплектующих, отсутствуют планы и т.д.);
- включаются все обычные очереди, ожидания, задержки;
- прибавляется время, необходимое для проведения закупки, контроля, хранения и т.д.



Рис. 2. Пример расчета ВСПП в рамках операции «Подготовка смеси»

Календарное время реализации процесса (процедуры, операции) делится на две составляющие:

- время создания добавленной стоимости – прямые временные затраты на формирование результата процесса (промежуточного результата);
- время организации – косвенные временные затраты, связанные с организацией выполнения процесса, включая время на поддержку реализации процесса.

Время организации включает в себя:

- время в рамках анализируемого процесса, не связанное с качественным преобразованием результата (промежуточного результата) процесса;
- время в рамках процессов, оказывающих влияние на ВСПП анализируемого процесса:
 - время в рамках основных процессов, затраченное на формирование входа в анализируемый процесс (часть ВСПП основного процесса);
 - время в рамках процессов управления, затраченное на управление анализируемым процессом (часть ВСПП процесса управления);
 - время в рамках обеспечивающих процессов, затраченное на поддержку реализации анализируемого процесса (часть ВСПП обеспечивающего процесса).

Анализ процессов на машиностроительном предприятии проводится в несколько последовательных этапов:

- формирование исходной информации;
- выбор процессов (подпроцессов, функций), оказывающих максимальное влияние на ВСПП анализируемого процесса;
- анализ и формирование предложений по совершенствованию процесса;
- оформление результатов анализа.

Рассмотрим подробнее этапы анализа процессов.

Этап 1. Формирование исходной информации

Цель формирования исходной информации – сбор фактической информации по объекту анализа.

Исходная информация по объекту анализа включает в себя:

- модель анализируемого процесса «как есть»;
- информация по ВСПП экземпляров модели анализируемого процесса.

Модель анализируемого процесса «как есть» формируется в выбранной инструментальной среде моделирования процессов, на основе операционной модели деятельности предприятия.

Для описания моделей ВСПП, используются следующие диаграммы:

- в случае, когда объектом анализа является процесс верхнего уровня – используется Диаграмма «Процедура» (Cross Functional Flowchart), которая позволяет описать алгоритм и причинно-следственные связи при выполнении действий процесса (2-й уровень описания) – Рис. 3;
- в случае, когда объектом анализа является подпроцесс – используется Диаграмма «EPC» (Event-Driven Process Chain – событийная цепочка процесса) (3-й уровень описания) – Рис. 4.

Информация, необходимая для расчета ВСПП, включает в себя:

- время создания добавленной стоимости;
- время организации:
 - процесс управления;
 - основной процесс;
 - обеспечивающий процесс.

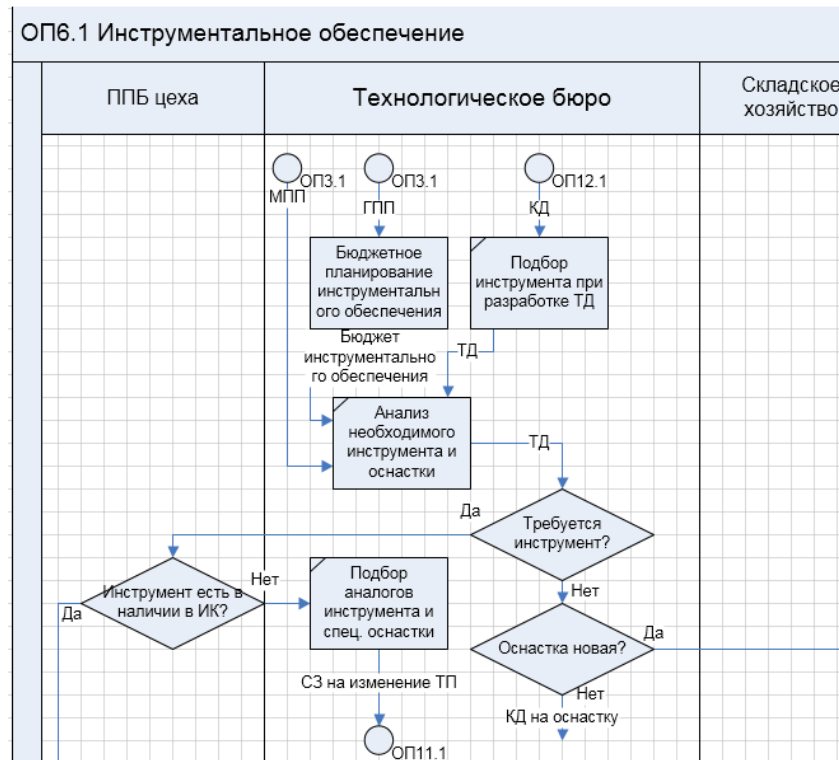


Рис. 3. Пример диаграммы «Процедура» (2-й уровень описания)

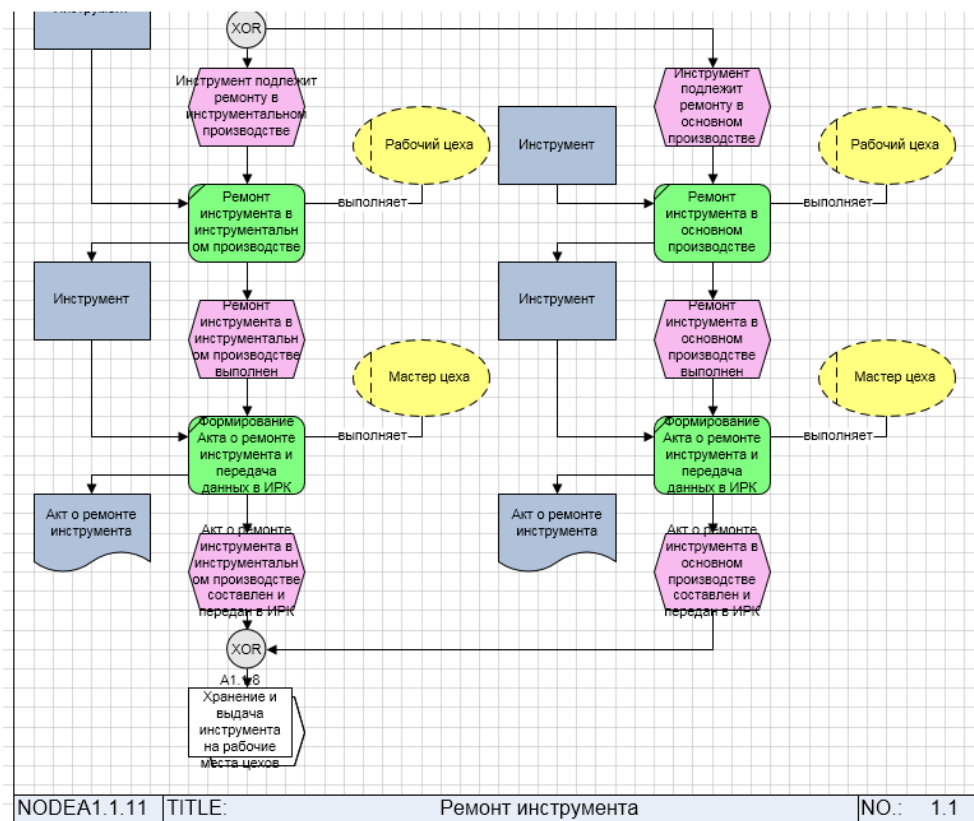


Рис. 4. Пример диаграммы «EPC» (3-й уровень описания)

Этап 2. Выбор процессов (подпроцессов, функций), оказывающих максимальное влияние на ВСПП анализируемого процесса

Цель выбора процессов (подпроцессов, функций) – определить потенциал сокращения времени на организацию процесса в рамках анализируемого ВСПП.

Этапы выбора:

- формирование статистических данных по экземплярам ВСПП в установленном виде;
- выбор процессов, с максимальным влиянием на ВСПП анализируемого процесса;
- выявление функций (операций), с максимальным влиянием на ВСПП процесса, в части его организации.

Формирование статистических данных по экземплярам ВСПП:

а) По каждому экземпляру ВСПП формируется следующий массив данных:

- составляющие экземпляра ВСПП:
 - подпроцессы/функции, входящие в анализируемый процесс;
 - основные процессы, являющиеся поставщиками анализируемого основного процесса;
 - процессы управления, являющиеся поставщиками анализируемого основного процесса;
 - обеспечивающие процессы, реализуемые в анализируемом процессе;
- фактическое время создания добавленной стоимости и время организации по каждой составляющей.

б) Информация должна быть представлена в табличном виде.

в) На основании информации об экземплярах ВСПП должен быть рассчитан ВСПП анализируемого процесса и его составляющих как среднеарифметическое значение экземпляров.

Выбор процессов/подпроцессов, с максимальным влиянием на ВСПП анализируемого процесса:

а) ранжирование процессов/подпроцессов (основные, управления, обеспечивающие) на основе следующих критериев:

- частота – количество обращений к данному процессу/общее кол-во обращений к сторонним процессам;
 - влияние на ВСПП – ВСПП процесса/ВСПП анализируемого процесса;
- Итоговый ранг определяется путем умножения критериев «частота» и «влияние».

б) формирование перечня процессов/подпроцессов с максимальным влиянием на ВСПП анализируемого процесса.

Выбор функций (операций), с максимальным влиянием на ВСПП процесса/подпроцесса, в части его организации:

а) выбор функций (операций) осуществляется на основе следующего параметра анализируемого процесса/подпроцесса:

- «время организации» функций (операции)/ ВСПП анализируемого процесса/подпроцесса.

б) формирование перечня функций (операций) с максимальным влиянием на ВСПП анализируемого процесса/подпроцесса.

Этап 3. Анализ и формирование предложений по совершенствованию процесса

Цель анализа – определить организационно-технические мероприятия, направленные на сокращение времени организации процесса в рамках анализируемого ВСПП.

Этапы анализа:

- анализ «узких мест» функции (операции);
- формирование модели «как должно быть» и расчет ВСПП;
- разработка плана перехода к процессу «как должно быть».

Анализ «узких мест» функций (операций)

а) выявление «узких» мест функций (операций) осуществляется по следующим направлениям:

– логика выполнения – порядок выполнения, дублирующие операции, контрольные операции и их необходимость;

– распределение зон ответственности и полномочий – соответствие ответственности/полномочий выполняемым операциям; порядок принятия решения за переход на следующие операции в том числе циклы согласования и утверждения решения;

– методическое обеспечение – наличие правил (методик, стандартов) выполнения процедур (операций), актуальность и доступность;

– информационное обеспечение – наличие информации, ее актуальность и доступность.

б) предложения по совершенствованию должны устранять «узкие места» и уменьшать время организации процесса.

Формирование модели «как должно быть» и расчет ВСПП

а) Модель «как должно быть» формируется в выбранной инструментальной среде моделирования процессов. При формировании модели «как должно быть» учитывается состояние «как есть», выявленные «узкие места» и предложения по совершенствованию процессов, полученные на предыдущем этапе.

б) При расчете ВСПП процесса «как должно быть» используется статистическая информация по исходному процессу и всесторонний анализ влияния мероприятий в предложениях по совершенствованию на ВСПП процесса. По каждому принятому изменению в исходной модели процесса анализ проводится независимо от других предложений.

ВСПП модели процесса «как должно быть» рассчитывается как сумма ВСП исходного процесса и изменений в ВСПП, выявленных в ходе анализа влияния всех принятых мероприятий по изменению модели процесса «как есть».

Разработка плана перехода к процессу «как должно быть»

а) На основе модели процесса «как должно быть» формируется план перехода от модели «как есть» к модели «как должно быть». План перехода формируется в соответствии с процедурами проектного управления.

Этап 4. Оформление результатов анализа

По результатам анализа должен быть сформирован отчет, включающий в себя следующие разделы:

- введение;
- модель процесса «как есть»;
- статистические данные по экземплярам ВСПП;
- перечень процессов/подпроцессов с максимальным влиянием на ВСПП анализируемого процесса;
- перечень функций (операций) с максимальным влиянием на ВСПП анализируемого процесса;
- предложения по совершенствованию;
- модель процесса «как должно быть»;
- расчет ВСПП процесса «как должно быть»;
- план перехода.

Отчет по результатам анализа процессов формируется в формате MS Word.

Предложенные методические рекомендации по анализу процессов могут быть использованы предприятиями промышленности в целом независимо от специфики и сферы деятельности для обеспечения единства подхода к выявлению, анализу и устранению потерь в производственной системе при внедрении современных методов бережливого производства в целях повышения конкурентоспособности производимой продукции за счет снижения ее себестоимости, повышения качества и совершенствования производственных процессов.

Литература

1. Гродзенский С.Я., Еманакон И.В., Овчинников С.А. Бережливое производство – прошлое и настоящее. - Инновационные, информационные и коммуникационные технологии / Сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции «ИНФО – 2016», 1-10 октября 2016 г., Сочи./ Под.ред. С.У. Увайсова. – М.: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2016, с. 204-207.

2. Grodzenskiy S.Ya., Emanakov I.A., Ovchinnikov S.A. The concept of lean manufacturing and its application in the enterprise. - Инновационные информационные технологии / Материалы международной научно-практической конференции «I2T», 24-28 апреля 2017 г., Прага. / Гл. ред. С.У. Увайсов. – М.: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2017, р. 281-283.

3. Гродзенский С.Я., Грудзинский П.В., Еманакон И.В., Овчинников С.А. Методика выявления потерь в производственной системе. - Инновационные, информационные и коммуникационные технологии / Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции «ИНФО – 2017», 1-10 октября 2017 г., Сочи./ Под.ред. С.У. Увайсова. – М.: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2017, с. 94-98.

**ИЗУЧЕНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ОПТО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ МЕЖДУ
ВЫСОТНЫМИ ЗДАНИЯМИ.**

Иванов И. А., Плоскирев А. Е.
РТУ МИРЭА

+7(919)962-16-91, anton-plos@yandex.ru

В данной статье рассматривается теоретическая возможность применять подвижную атмосферную оптическую линию связи для обеспечения связью подвижных верхних этажей. Особое

внимание акцентируется на расстояния и углы отклонения возможных точек приема. Применяется тригонометрический анализ поведения тел, с математической аппроксимацией.

Ключевые слова: АОЛС, связь, тригонометрия, подвижная связь, концепты.

The study of the applicability of opto-electrical communication system between skyscrapers. Ivanov I. A., Ploskirev A. E., RTU MIREA

This article discusses the theoretical possibility of using mobile free-space optics to provide communication swinging upper floors. Particular attention is paid to the distances and angles of deviation of possible transmitters. Applies trigonometric analysis of the behavior of subjects with the mathematical approximation.

Keywords: FSO, communication, trigonometry, mobile communication, concept.

Введение

Обеспечением связи оптической связи будет выступать стандартный блок атмосферной оптической линии связи (далее – АОЛС). Связь будет обеспечиваться между объектами с использованием двух приёмопередатчиков. В общемировой практике комплекты АОЛС оборудования решают задачу обеспечения связи до 5 км с операторской надёжностью 99.999% между стационарными объектами. Гибридные системы связи, где используется оптический и сверхвысокочастотный каналы связи, позволяют работать в любой погоде с достаточной надёжностью.

В случае небоскрёбов, для обеспечения связи между двумя башнями, применяют два решения. Первое, это прокладывание кабеля от самого верха вниз, а потом обратно. В среднем эта дистанция в 630+ м. Второе решение – создание АОЛС канала повышенной расходимости и мощности. Для этого делают либо приёмники с диагональю приемной линзы более метра, либо большую расходимость луча, что влечёт за собой энергетическую неэффективность.

Описание схемы применения

Цель данной работы описать и проанализировать альтернативный путь выполнения такой задачи. Основная идея заключается в том, чтобы использовать стандартные блоки передачи, указанные заказчиком, и при этом обеспечивать направленность приёмопередатчиков друг на друга в независимости от положения объектов обмена.

Для решения данной задачи потребуется стороннее техническое решение. Данное техническое решение должно обеспечивать направленность излучателя и приёмной линзы блока оборудования на другую плоскость обмена (далее – ПО).

Поскольку в данной задаче небоскрёбы перемещаются в некотором пространстве, не выполняя вращения вокруг своей оси, можно рассмотреть упрощённую схему (Рисунок 1).

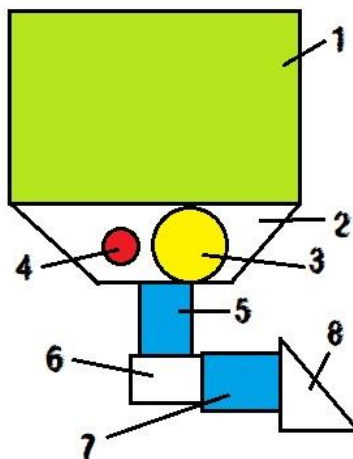


Рисунок 1 – Схема устройства. 1 – плоскость обмена, 2 – крепление к блоку, 3 – линза приёмника направления, 4 – лазерный излучатель, 5 – вращатель по горизонтали, 6 – переходное крепление, 7 – вращатель по вертикали, 8 – крепёжный переходник.

Алгоритм работы устройства

Первоначальная настройка подразумевает, что оба передатчика будут выставлены друг на против друга. Лазерный излучатель (далее – ЛИ) передатчика первого объекта информационного обмена (ПО1) будет указывать точно в центр линзы приёмника направления (далее – ЛПН) второго объекта информационного обмена (ПО2). Так же, ЛИ ПО2 будет указывать в центр ЛПН ПО1.

После выполнения данной настройки, система ПО1 – ПО2 может начинать двигаться. Поскольку вращение вокруг своей оси в условиях задачи отсутствует, то значит друг относительно друга они могут двигаться по осям XYZ (Рисунок 2).

Если плоскость обмена на плоскости XY, тогда ось Z – отдаление приёмника друг от друга. Если отдаление лежит в пределах ГТХ блока приёмопередатчика, тогда данное движение нас не интересует.

Теперь предположим, что ПО1 начал перемещаться относительно ПО2 по оси X вправо. Тогда на ЛПН ПО2 точка ЛИ от ПО1 будет смещаться вправо. В этот же момент на ЛПН ПО1 точка ЛИ от ПО2 будет перемещаться влево. Это геометрическое соотношение является основным принципом данной схемы работы.

В тот момент, когда на ЛПН ПО2 точка начала смещение, система должна механическим двигателем горизонтальной направленности (в качестве реализации по быстрдействию и точности может применяться распространённое решение в балансировочной робототехнике – управляемые пневматические штоки) скорректировать направление ПО2 так, чтобы точка ЛИ ПО1 снова указывала в центр ЛПН.

Точно такой же алгоритм заложен в систему направленности ПО1, и она будет стремиться держать точку ЛИ ПО2 в центре ЛПН.

В данной системе возможно равновесие, поскольку она стремится к покою и все сходимости устремляются в центральным точкам ЛПН.

Критическим моментом недостижимости равновесия можно считать выход за границы ЛПН точки от ЛИ.

Поскольку движение относительно, то движение ПО2 относительно ПО1 можно считать движением ПО1 относительно ПО2. И так как есть система выравнивания по вертикали и горизонтали, при смещении сразу в двух осях, можно считать это бесконечно малыми смещениями сначала по одной оси, потом по другой. Либо же выводить соотношения смещений и корректировать направленность сразу двумя двигателями.

Движение небоскрёбов друг относительно друга

Любой небоскрёб не может существовать абсолютно статично. В зависимости от технологии строительства, высоты, розы и интенсивности ветров верхняя часть имеет колебательные движения.

По проектной документации согласно словам архитектора проекта Москва-Сити башни, «Федерация»: «вершина башни будет колебаться на 70 сантиметров.».

Для рассмотрения вопросов, связанных с колебанием на отметке в 315 метров, можно рассмотреть небоскрёб, как цилиндр совершающий колебательные движения на земле (Рисунок 3), при этом можно опустить изгибание поверхности цилиндра, т.к. при отклонении 0.7 метра на 315 оно не существенно.

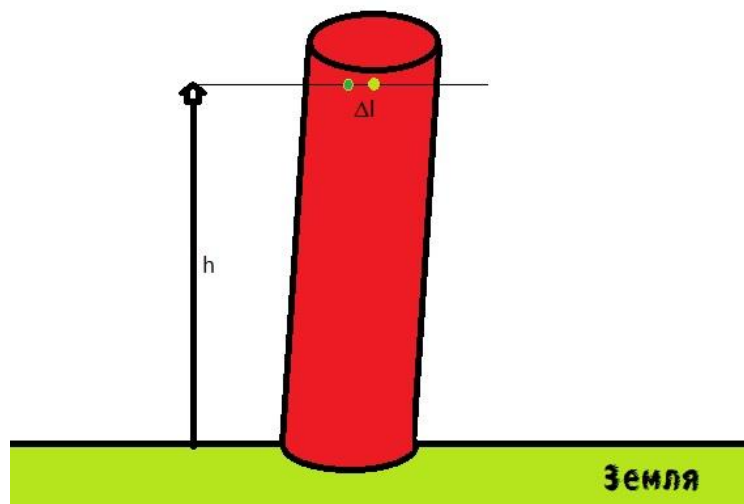


Рисунок 2 – Небоскрёб

Рассмотрим аналитическую модель движения точки на небоскребе при его колебании.

$$\begin{aligned} \Delta l &= 0.7 \text{ м} \\ h &= 315 \text{ м} \\ \sin \alpha &= \cos(90 - \alpha) = -\frac{\Delta l^2 - h^2 - h^2}{2h * h} = 2.47 * 10^{-6} \end{aligned}$$

Угол отклонения небоскреба:

$$tg\alpha = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{1 - \sin^2\alpha}} = 2.47 * 10^{-6}$$

Изменение высоты ПО1 относительно ПО2

$$\Delta h = 0.00077\text{м}$$

Если взять на нулевое отклонение относительно своей оси плоскости обмена, то можно высчитать в крайних положениях какое будет отклонение:

$$2 * \arcsin(\sin\alpha) = 0.000282^\circ$$

Это пренебрежимо мало, так расходимость излучателя в 10 раз больше.

Итого получается, что значимое движение происходит только по горизонтальной плоскости. Диапазон отклонения 1.4 метра.

Расстояние между башнями $S=116$ метров. А значит максимальный угол отклонения будет равен:

$$\beta = \arctg\left(\frac{\Delta l}{S}\right) = 0.34^\circ$$

Данное значение уже требует корректировки, где будет работать схема обеспечения направленности блоков.

Заключение

Для решения данной задачи схема предварительно возможна к применению.

Ускорение, которое происходит при колебании небоскрёба, не может быть больше чем ощущаемое человеком ускорение. Из-за законодательных норм стандартных ускорений жилые площади, находящиеся на верхних этажах, не могут считаться квартирами в частности по тому, что ускорения не ощутимы, но может ощущаться перемещение пола при штормовых ветрах. Поэтому жилые площади в таких домах являются апартаментами, т.к. требования к ним гораздо ниже.

Для первоначального использования предлагается внедрить шаговый двигатель, который позволяет крутить ротор с грузом, обладающим инерционной массой до 5 кг, с ускорениями до $0.1 \frac{\text{град}}{c^2}$.

Литература

1. Бермант, А. Ф. Тригонометрия. / А.Ф. Бермант, Л. А. Люстерник. — М.: Наука, 1967.
2. Щукина, М.Н. Современное высотное строительство / М.Н. Щукина – М.: ГУП "ИТЦ Москомархитектуры", 2007 – 400 с.
3. https://realty.ria.ru/multimedia_photo/20170413/408518830.html
4. <https://www.popmech.ru/technologies/50192-zhiltsy-neboskrebov-riskuyut-zapoluchit-morskuyu-bolezn/>

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАЗЛИЧНЫХ САПР

Иванов И.А., Наумова Е.Н.

РТУ МИРЭА

+7 (985) 950-90-03, katushka_nkt@mail.ru

Статья посвящена исследованию вибрационных процессов. Приведено сравнение результатов натурального эксперимента, проводимого с использованием вибростенда m060/MA1, и моделирования печатного узла в программных комплексах SolidWorks2016 и AnsysWorkbench 17.1.

Ключевые слова: вибрационные воздействия, моделирование, амплитудно-частотная характеристика, резонанс, SolidWorks, AnsysWorkbench.

Analysis of the results of simulation of vibration processes in various CAD. Ivanov I.A., Naumova E.N. RTU MIREA

The paper dwells on the research of vibration processes. A comparison of the results of the demonstrative experiment carried out using the m060/MA1 vibration exciter and modeling of the board assembly in SolidWorks2016 and AnsysWorkbench 17.1 programs.

Keywords: vibration, modeling, frequency response, resonance, SolidWorks, AnsysWorkbench.

Введение

Механические воздействия оказывают влияние на радиоэлектронные средства (РЭС) на различных этапах их жизненного цикла. Именно поэтому перед производством РЭС необходимо проведение вибрационных испытаний, которые осуществляются на специализированных установках - вибростендах.

РЭС, работающие в условиях механических воздействий, должны отвечать требованиям прочности и устойчивости. Согласно ГОСТ 16962-71 под прочностью (вибро- и ударопрочностью) к воздействию механических факторов подразумевается способность конструкций выполнять функции и сохранять значения параметров в пределах нормы, установленных стандартами, после воздействия механических факторов.

Иногда, в ходе проектирования, рассматриваются несколько видов конструкций, каждую из которых также необходимо подвергнуть серии испытаний. Любое вибрационное испытание - это дорогостоящий и трудоемкий процесс.

С целью повышения эффективности процесса испытания с появлением современных технологий все чаще стали применять компьютерное моделирование. Но зачастую результаты моделирования и натуральных экспериментов расходятся.

Результаты моделирования и эксперимента

В рамках данной работы проведено сравнение результатов натурального эксперимента, проводимого с использованием вибростенда m060/MA1, и моделирования печатного узла в программных комплексах SolidWorks2016 и AnsysWorkbench 17.1.

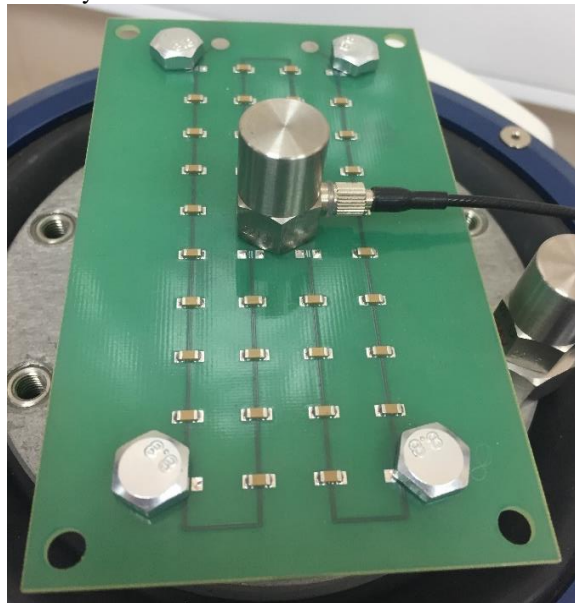


Рисунок 1 – Вибростенд m060/MA1

Параметры печатного узла:

- размер 120x70 мм;
- толщина 1,5 мм;
- материал: стеклотекстолит фольгированный;
- высота вибродатчика 22 мм;
- d вибродатчика 14 мм;
- резисторы: 1,5x3 мм;
- посадочные места резисторов: 92x38 мм;
- ускорение 5G;
- коэффициент демпфирования 0,07;
- диапазон частот 0 – 2000 Гц.

Представлены результаты, которые получены в ходе эксперимента на вибростенде m060/MA1 (рисунок 2, рисунок 3).

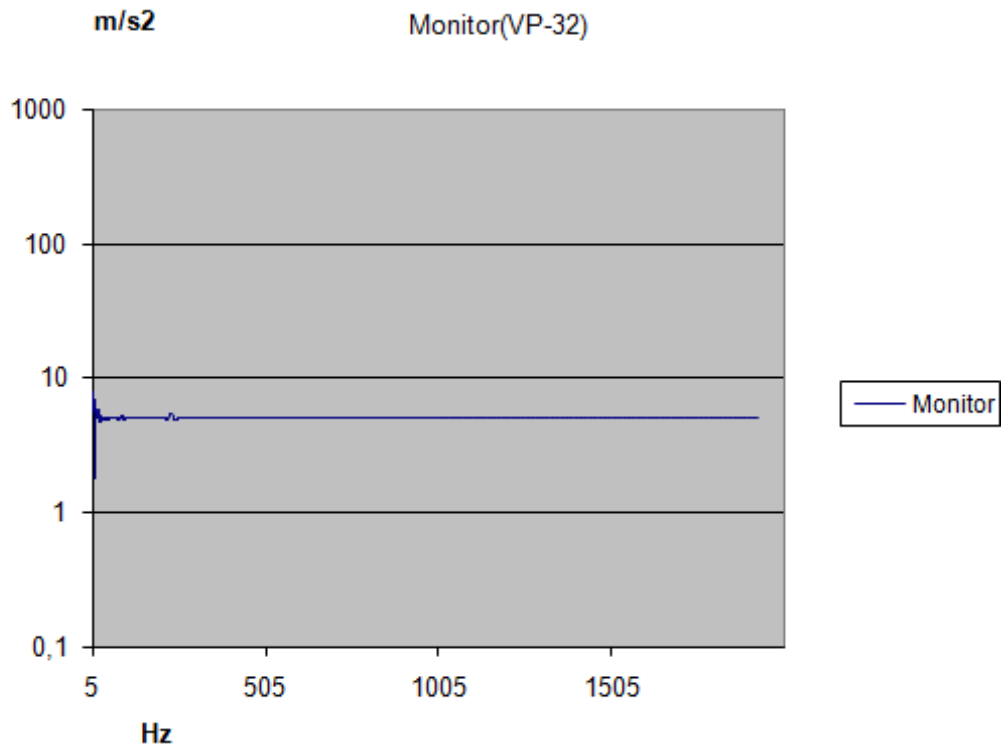


Рисунок 2 – АЧХ воздействий
Monitor(Mon)

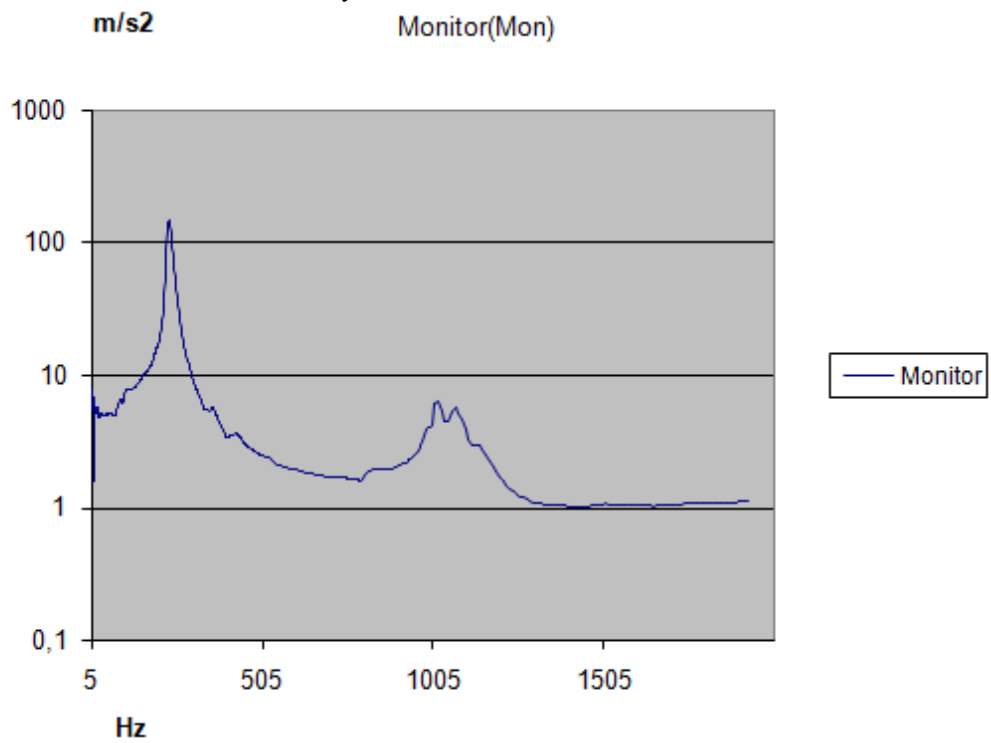


Рисунок 3 – АЧХ, полученная на вибростенде

Далее смоделирован печатный узел с вибродатчиком в программе SolidWorks.

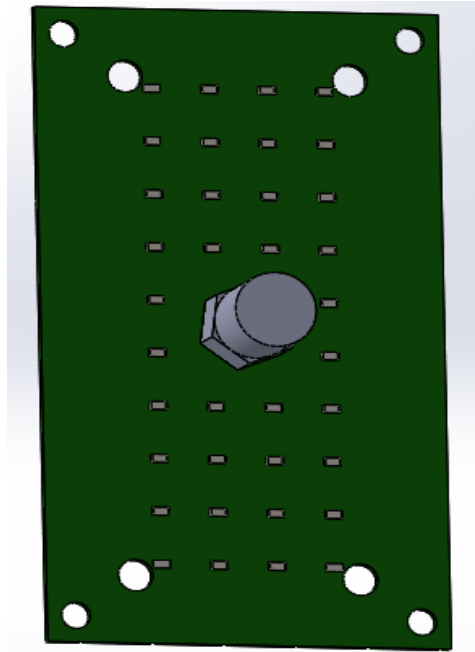


Рисунок 4 – Моделирование печатного узла в программе SolidWorks (вид сверху)

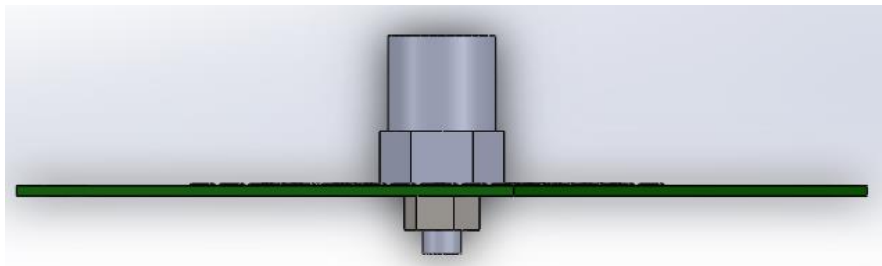


Рисунок 5 – Моделирование печатного узла в программе SolidWorks (вид сбоку)

В ходе работы были получены результаты ускорения с заданными параметрами.

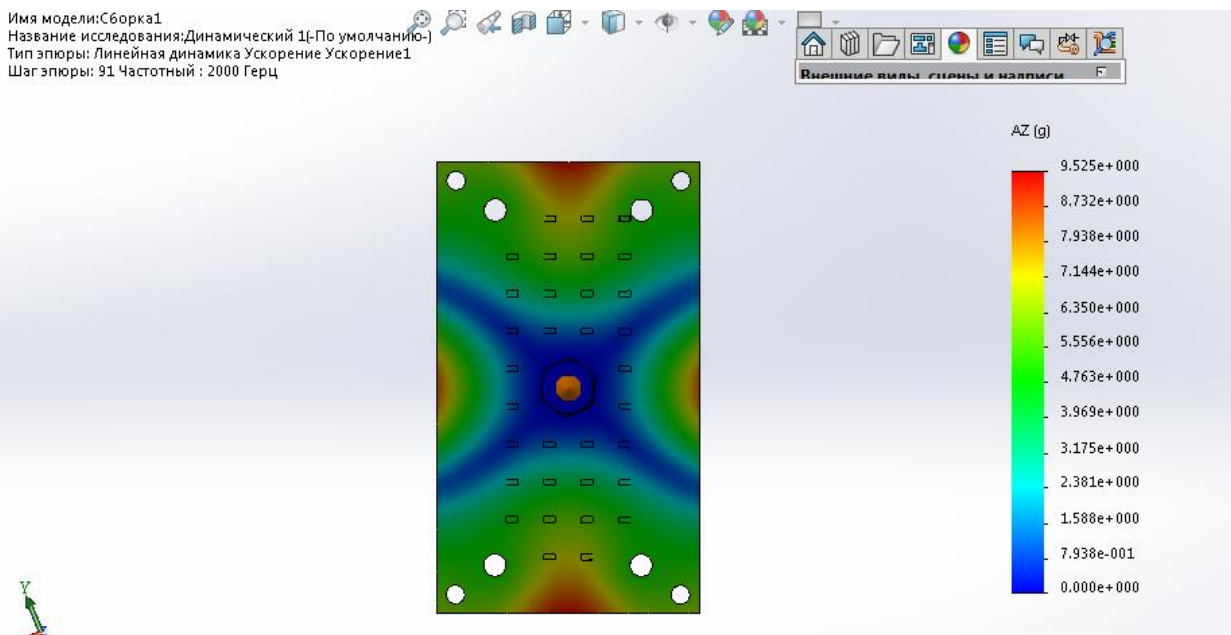


Рисунок 6 – Ускорение, полученное в программеSolidWorks

Программа SolidWorks в ходе расчетов выдает графики амплитудно-частотных характеристик для 20917 узлов. Ниже представлен график АЧХ для 231-го узла (рисунок 7).

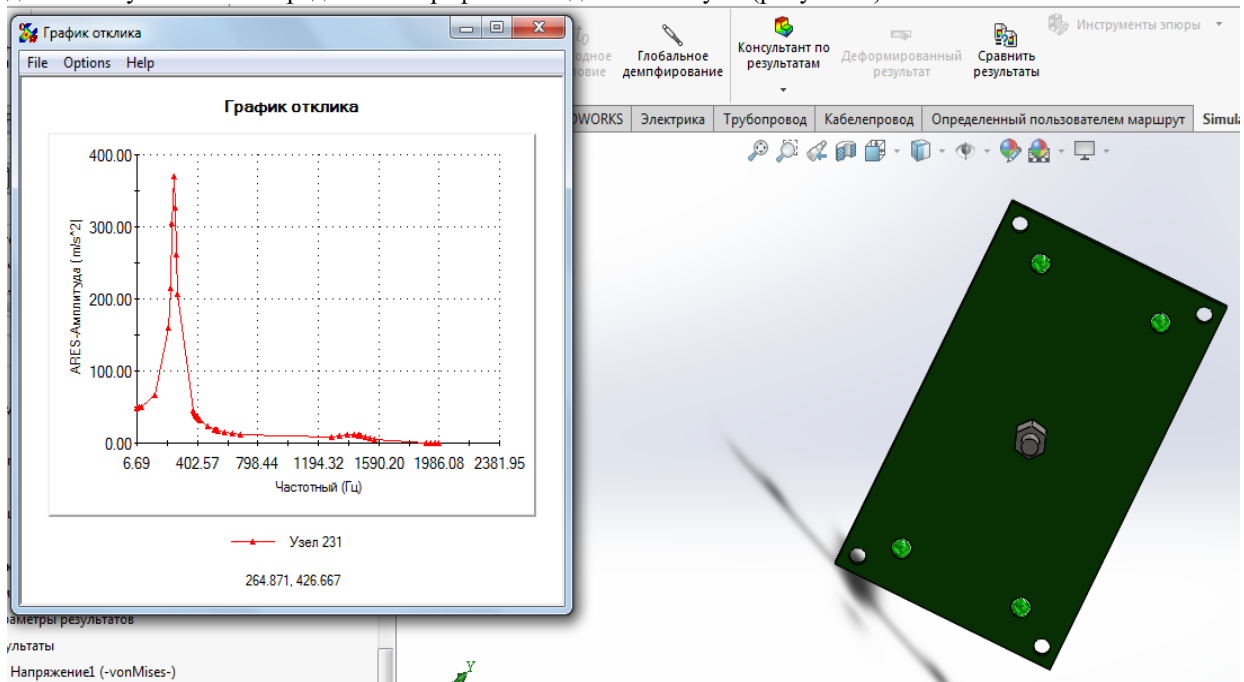


Рисунок 7 – АЧХ для 231 узла

В результате значения ускорений, полученные в программе SolidWorks, превосходят результаты эксперимента, хотя графики похожи.

Далее представлено моделирование печатного узла с вибродатчиком в программе Ansys Workbench. Характеристики платы те же самые.

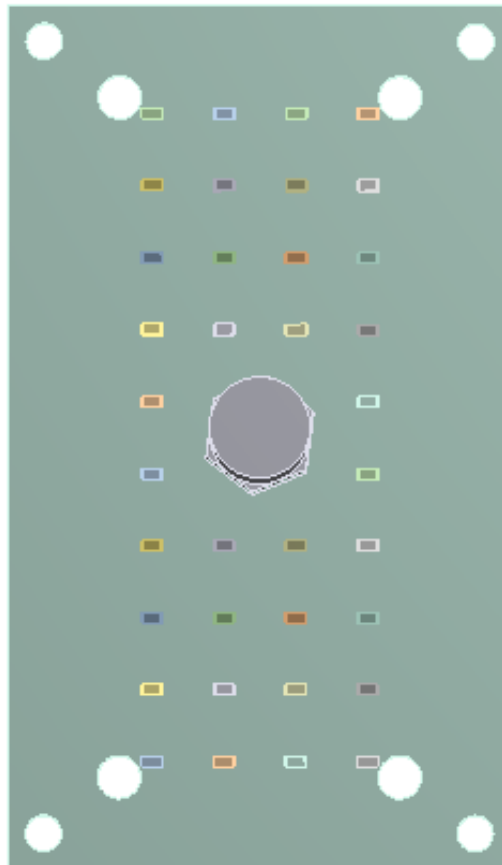


Рисунок 8 – Моделирование печатного узла в программе Ansys Workbench (вид сверху)

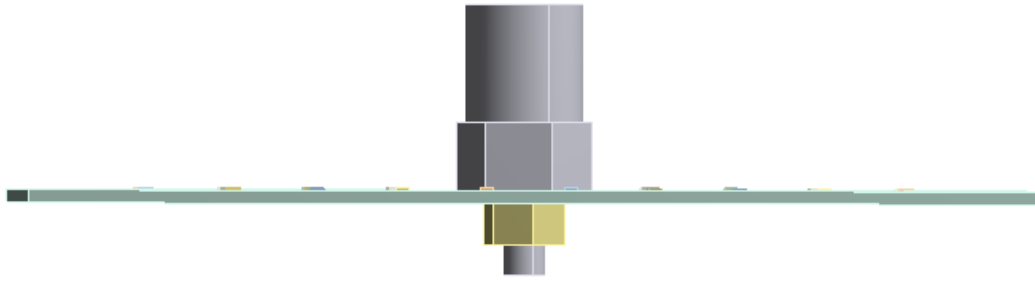


Рисунок 9 – Моделирование печатного узла в программе AnsysWorkbench (вид сбоку)

Производим расчёт в программе AnsysWorkbench.

В результате получаем амплитудно-частотную характеристику для печатного узла, рассчитанную в программе AnsysWorkbench.

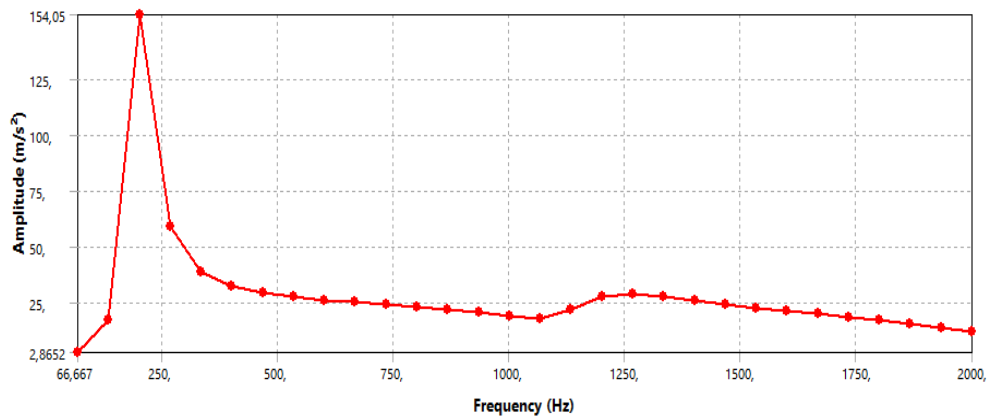


Рисунок 10 – АЧХ, полученная в программе AnsysWorkbench

Tabular Data	
Frequency [Hz]	Amplitude [m/s ²]
1 66,667	2,8652
2 133,33	17,379
3 200	154,05
4 266,67	59,025
5 333,33	39,076
6 400	32,73
7 466,67	29,614
8 533,33	27,709
9 600	26,359
10 666,67	25,294
11 733,33	24,271
12 800	23,241
13 866,67	22,101
14 933,33	20,73
15 1000	19,042
16 1066,7	17,832
17 1133,3	22,321
18 1200	27,967
19 1266,7	29,206
20 1333,3	27,666
21 1400	25,85
22 1466,7	24,28
23 1533,3	22,873
24 1600	21,533
25 1666,7	20,192
26 1733,3	18,81
27 1800	17,375
28 1866,7	15,856
29 1933,3	14,173
30 2000	12,347

Рисунок 11 – Числовые значения АЧХ, полученные в программе AnsysWorkbench

Таким образом, значения, полученные в программе AnsysWorkbench, очень похожи с результатами эксперимента и результатами, полученными в программе SolidWorks.

Заключение

В данной работе был произведён эксперимент, который выполнен на вибростенде m060/MA1. Получены результаты амплитудно-частотной характеристики.

Далее смоделирован печатный узел с вибродатчиком в двух программах: SolidWorks2016 и AnsysWorkbench 17.1. Произведён расчёт вибрационных процессов.

При моделировании печатного узла учитывались такие особенности, как:

- размеры и материал печатного узла;
- размеры и материал вибродатчика;
- ускорение 5G;
- коэффициент демпфирования 0,07;
- диапазон частот 0 – 2000 Гц.

В результате получены графики амплитудно-частотных характеристик. Наблюдается два резонанса. Первый резонанс при 200 Гц, расхождение не более 15%. Второй резонанс при 1200 Гц, расхождение не более 5%.

В итоге результаты, полученные экспериментальным путём, и результаты, полученные в программах SolidWorks2016 и AnsysWorkbench 17.1 не совпадают на 100%, но очень схожи между собой. Это может быть связано с погрешностью в результате моделирования.

В конечном счёте, получено адекватное моделирование вибрационных процессов в обоих случаях.

Литература

1. Способ анализа влияния внешних вибрационных воздействий на ресурс электронных компонентов РЭС / А. В. Затылкин, В. С. Калашников, Г. В. Таньков // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 1 (13). – С. 58–62.

2. Исследование амплитудно-частотной характеристики пластинчатых конструкций РЭС/Г.В.Таньков, И.И. Кочегаров, В.А. Трусов, Н.В. Горячев, Н.К. Юрков// Труды международного симпозиума надежность и качество– 2017. – № 2. – С. 381–388.

3. <https://cae-club.ru/forum/garmonicheskiiy-analiz>

ОЦЕНКА ДОПУСТИМОЙ АБСОЛЮТНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИУСА ИЗОБРАЖЕНИЯ КРУГЛОЙ МЕТКИ

Чувашлев К.А., Фомин М.В., Григорьев А.В., Наумова И.Ю., Баннов В.Я.

Пензенский государственный университет

kipra@pnzgu.ru

В статье изложена новая методика оценки допустимой абсолютной погрешности измерения радиуса изображения круглой метки. Измерение радиуса изображения круглой метки с абсолютной погрешностью, не превышающей вычисленного по данной методике значения, является необходимым условием измерения амплитуды вибрационного перемещения с абсолютной погрешностью, не превышающей заданного значения, в заданном диапазоне измеряемых амплитуд вибрационного перемещения. Для данной оценки необходима также калибровочная характеристика системы измерения этих амплитуд.

Ключевые слова: амплитуда, вибрация, перемещение, растровая единица, расстояние, центр, пиксель, материальная точка, приращение.

Assessment of the admissible absolute error of measurement radius of the image of the round tag. Grigorev A.V., Chuvashlev K.A., Fomin M.V., Naumova I.Yu., Bannov V.Ya. Penza state university.

In article the new technique of assessment of an admissible absolute error of measurement of radius of the image of a round tag is stated. Measurement of radius of the image of a round tag with the absolute error which isn't exceeding the value calculated by this technique is a necessary condition of measurement of amplitude of vibration movement with the absolute error which isn't exceeding a preset value in the set range of the measured amplitudes of vibration movement. Also calibration characteristic of system of measurement of these amplitudes is necessary for this assessment.

Keywords: amplitude, vibration, movement, raster unit, distance, center, pixel, material point, increment.

Введение

Для повышения надежности технических объектов важно своевременно выявлять дефекты в стадии их зарождения и развития, когда они еще не только не приводят к отказу оборудования, но даже еще не снижают его качественных показателей.

Важным средством обнаружения таких дефектов является вибрационный контроль. Этот метод технической диагностики основан на измерении параметров вибрации материальных точек поверхности объекта контроля.

В настоящее время все большее значение приобретает проблема измерения высокочастотных вибраций. Это является одной из причин развития методов широкополосной оптической виброметрии, в частности, основанной на анализе вибрационного размытия изображения круглой метки [1,2]. Этот метод является всесоставным методом измерения вибрационных перемещений исследуемых материальных точек поверхности объекта контроля: верхнего предела частоты измеряемых вибраций для этого метода не существует.

Постановка проблемы

Измерительным сигналом вибрационного перемещения исследуемой материальной точки по оси аппликата является приращение радиуса изображения круглой метки, вызванное расфокусированием ее изображения. При перемещении исследуемой материальной точки в направлении регистрирующего устройства (положительное направление оси аппликата) радиус изображения круглой метки увеличивается, а при перемещении исследуемой материальной точки в направлении от регистрирующего устройства (отрицательное направление оси аппликата) радиус изображения круглой метки уменьшается. Задача измерительной системы — измерить это приращение радиуса изображения круглой метки, то есть измерить радиусы четкого изображения на исходной позиции при отсутствии вибрации и размытого вследствие расфокусирования при наличии вибрации.

Целью данной публикации является создание методики расчета допустимой абсолютной погрешности измерения радиуса изображения круглой метки. Если действительная абсолютная погрешность измерения радиуса изображения круглой метки не превышает этого допустимого значения, то возможно измерение амплитуды вибрационного перемещения исследуемой материальной точки по аппликату с заданной точностью.

Пусть, например, требуется измерить амплитуду вибрационного перемещения исследуемой материальной точки по аппликату в диапазоне от нуля до $A_{z\max}$ с погрешностью, не превышающей ΔA_z . Для того, чтобы обеспечить выполнение этих условий, абсолютная погрешность измерения радиуса изображения круглой метки не должна превышать некоторого допустимого значения Δl . Вот это допустимое значение Δl и ставится задача определить.

Основные соотношения, применяемые для анализа размытия изображения круглой метки

Структура методики анализа следа вибрационного размытия изображения круглой метки представлена в статье [3]. Формирование и описание отсчетных сегментов следа вибрационного размытия изображения круглой метки описано в работе [4]. Анализ отсчетных сегментов следа вибрационного размытия изображения круглой метки изложен в статье [5]. Вычисление выходных параметров системы измерения модуля и компонента вектора вибрационного перемещения исследуемой материальной точки объекта контроля изложено в публикации [6]. Структурное описание размытия изображения круглой метки при возвратно-поступательном вибрационном перемещении исследуемой материальной точки приведено в источнике [7]. Анализ размытия изображения круглой метки при возвратно-поступательном вибрационном перемещении исследуемой материальной точки представлен в статье [8]. Статья [9] посвящена описанию особенностей отображения вектора вибрационного перемещения материальной точки в плоскости изображения. В работе [10] выполнено сравнительное моделирование технологий измерения радиуса изображения круглой метки. В статье [11] осуществлено вероятностное прогнозирование погрешностей измерения радиуса изображения круглой метки по технологиям подсчета строк и пикселей. В статье [12] говорится о качественном различии процессов статической и динамической калибровки виброметров, использующих размытие изображения круглой метки.

Амплитуда вибрационного перемещения измеряется в микрометрах. Радиус изображения круглой метки измеряется в растровых единицах. Под растровой единицей (*raster unit, run*) понимается расстояние между центрами соседних в строке или столбце пикселей (ГОСТ 27459-87. Системы обработки информации. Машинная графика. Термины и определения. М., 1987. 46 с.).

Приращение радиуса изображения круглой метки вычисляется по формуле:

$$L_z = l_z - l_0, \quad (1)$$

где L_z — приращение радиуса изображения круглой метки; l_z — радиус размытого вследствие циклического приближения-удаления исследуемой материальной точки изображения круглой метки; l_0 — радиус четкого изображения круглой метки на исходной позиции при отсутствии вибрации.

Из этой формулы следует уравнение для верхней границы интервала охвата L_z :

$$L_z + \Delta L_z = (l_z + \Delta l) - (l_0 - \Delta l).$$

где ΔL_z и Δl — допустимые абсолютные погрешности измерения приращения радиуса изображения круглой метки и самого этого радиуса, соответственно.

После несложных математических преобразований:

$$L_z + \Delta L_z = l_z + \Delta l - l_0 + \Delta l$$

Принимая во внимание формулу (1):

$$L_z + \Delta L_z = L_z + 2\Delta l$$

Таким образом:

$$\Delta L_z = 2\Delta l. \quad (2)$$

Анализ калибровочной характеристики системы измерения вибрационных перемещений на основе анализа размытия изображения круглой метки

В работе [13] представлена полученная экспериментально реальная калибровочная характеристика виброметра перемещения, использующего размытие изображения круглой метки (рис. 1).

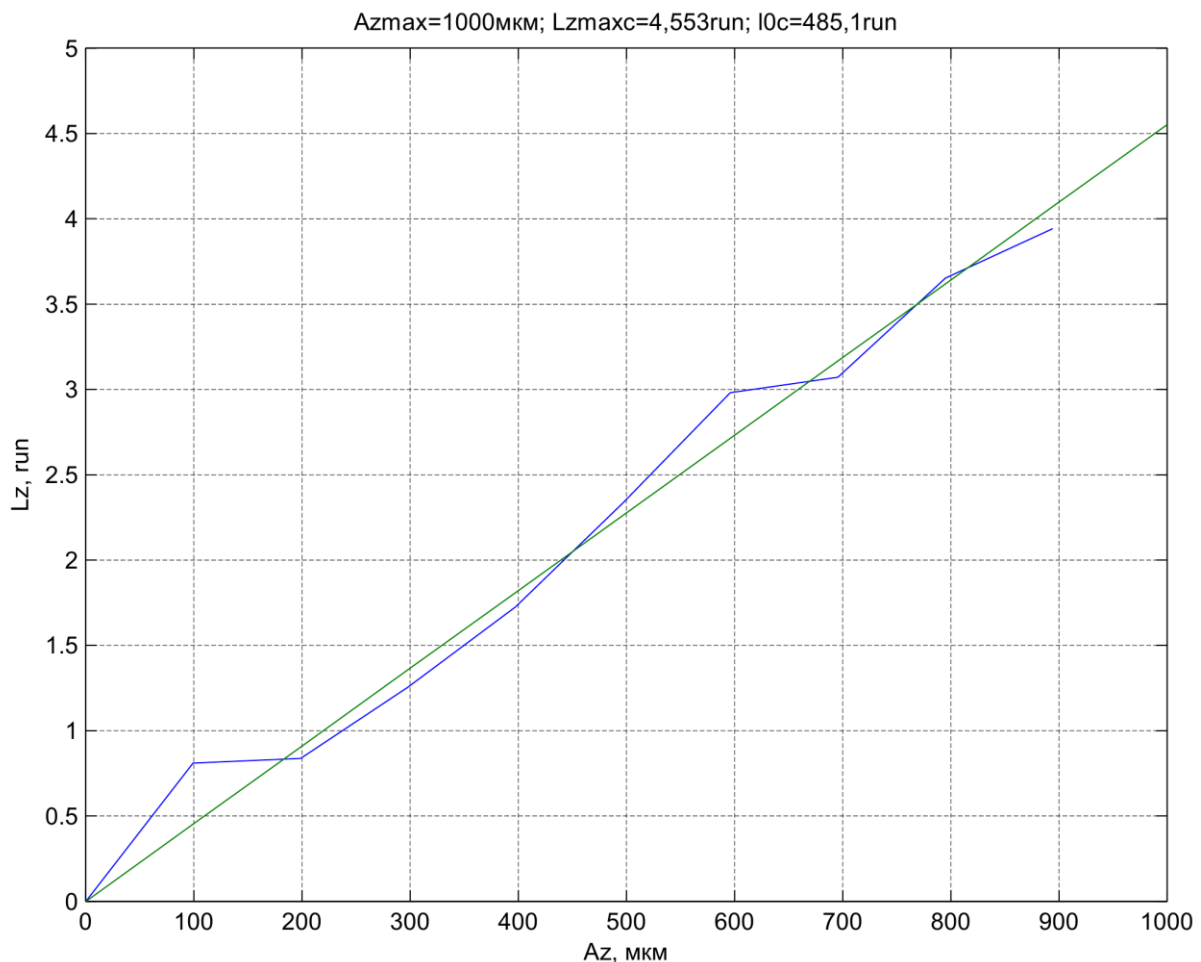


Рисунок 1 — Экспериментальный график динамической калибровочной характеристики виброметра перемещения, использующего размытие изображения круглой метки

В ходе эксперимента было произведено 9 замеров абсолютной величины приращения радиуса изображения круглой метки как функции амплитуды вызвавшего его вибрационного перемещения исследуемой материальной точки по аппликату. Эта экспериментальная функция была аппроксимирована прямой по методу наименьших квадратов. Расчетное значение t -критерия Стьюдента при этом составило 62,2398. Табличное значение t_t при доверительной вероятности 0,999 и 8 степенях

свободы 5,0413. Таким образом, адекватность линейной регрессионной модели можно считать 100%–ной. В настоящей работе произведена экстраполяция линейной регрессионной модели до значения $A_z=1000\text{мкм}$.

Из линейности калибровочной характеристики следует, что:

$$\frac{A_{z\max}}{\Delta A_z} = \frac{L_{z\max c}}{\Delta L_{zc}},$$

где $L_{z\max c}$ — приращение радиуса изображения круглой метки, соответствующее верхней границе диапазона измеряемых амплитуд вибрационного перемещения $A_{z\max}$, полученное в ходе калибровочных измерений; ΔL_{zc} — приращение радиуса изображения круглой метки при калибровочных измерениях, соответствующее амплитуде вибрационного перемещения по аппликату, равного заданной допустимой абсолютной погрешности измерения этой величины.

Отсюда:

$$\Delta L_{zc} = \frac{\Delta A_z \cdot L_{z\max c}}{A_{z\max}}.$$

Принимая во внимание формулу (2):

$$\Delta l_c = \frac{\Delta A_z \cdot L_{z\max c}}{2A_{z\max}}. \quad (3)$$

$$\frac{\Delta l}{\Delta l_c} = \frac{l_0}{l_{0c}},$$

где l_{0c} — радиус четкого изображения круглой метки на исходной позиции при отсутствии вибрации, при котором проводились калибровочные измерения

Отсюда, принимая во внимание формулу (3):

$$\Delta l = \frac{\Delta A_z \cdot L_{z\max c}}{2A_{z\max}} \cdot l_{0c}. \quad (4)$$

Допустимая абсолютная погрешность измерения радиуса изображения круглой метки как функция величины радиуса четкого изображения круглой метки при отсутствии вибрации

Пусть, например, требуется измерить амплитуду вибрационного перемещения исследуемой материальной точки по аппликату в диапазоне от нуля до 1000мкм с погрешностью, не превышающей 10мкм. Для того, чтобы обеспечить выполнение этих условий, абсолютная погрешность измерения радиуса изображения круглой метки не должна превышать некоторого допустимого значения Δl . Вот это допустимое значение Δl и ставится задача определить. Калибровочная характеристика — по рис. 1.

Из условия задачи следует, что $A_{z\max}=1000\text{мкм}$, $\Delta A_z=10\text{мкм}$, $L_{z\max c}=4,553\text{run}$, $l_{0c}=485,1\text{run}$.

На рис. 2 представлен график допустимой погрешности Δl как функции радиуса четкого изображения круглой метки при отсутствии вибрации l_0 .

Анализ графика показывает, что если, например, радиус четкого изображения круглой метки при отсутствии вибрации составляет 100run, то для того, чтобы погрешность измерения амплитуды вибрационного перемещения исследуемой материальной точки по аппликату не превысила 10мкм в диапазоне измеряемых вибрационных перемещений от нуля до 1000мкм, система измерения радиуса изображения круглой метки должна обеспечить такое измерение с погрешностью, не превышающей $4,693 \cdot 10^{-3}\text{run}$.

Заключение

Изложенная в статье методика позволяет вычислить допустимую абсолютную погрешность измерения радиуса изображения круглой метки на базе следующих значений: допустимая абсолютная погрешность измерения амплитуды вибрационного перемещения исследуемой материальной точки по аппликату; диапазон измеряемых амплитуд; радиус изображения круглой метки на исходной позиции при отсутствии вибрации, заданное графически или таблично приращение радиуса изображения круглой метки как функция амплитуды вибрационного перемещения исследуемой материальной точки по аппликату, полученное в ходе предварительных калибровочных измерений.

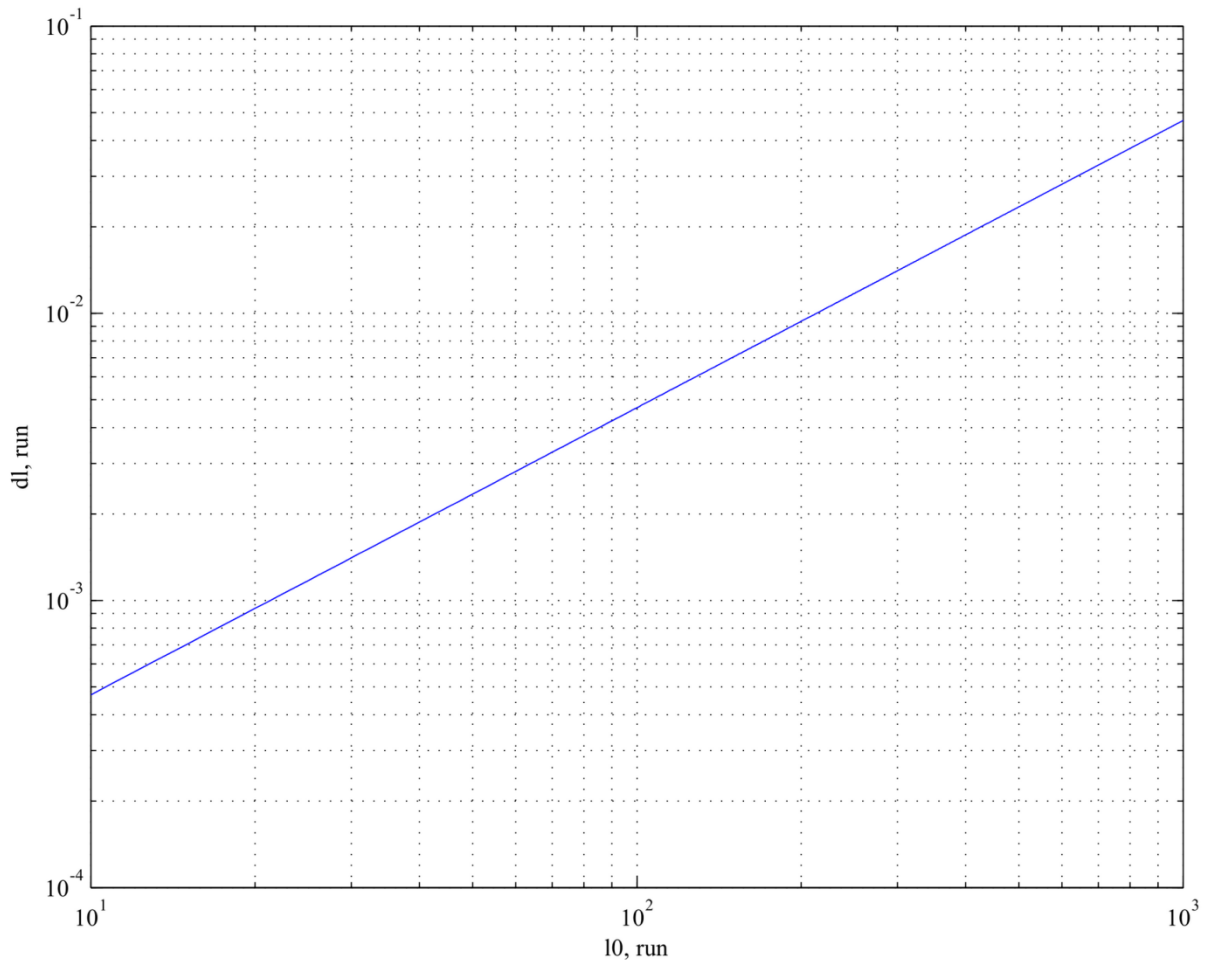


Рисунок 2 — Допустимая абсолютная погрешность Δl как функция радиуса четкого изображения круглой метки при отсутствии вибрации l_0

Литература

1. Пат. RU 2535522 Способ измерения вибраций. / А.Л. Држевецкий, Н.К. Юрков, А.В. Григорьев, А.В. Затылкин, И.И. Кочегаров, С.В. Кузнецов, Ю.А. Држевецкий, В.А. Деркач — Оpubл. 10.12.2014 Бюл. № 34.
2. Пат. RU 2535237 Способ измерения вибраций / А.Л. Држевецкий, Н.К. Юрков, А.В. Григорьев, А.В. Затылкин, И.И. Кочегаров, С.В. Кузнецов, Ю.А. Држевецкий, В.А. Деркач — Оpubл. 10.12.2014 Бюл. № 34.
3. Григорьев А.В., Юрков Н.К., Трусков В.А., Баннов В.Я. Структура методики анализа следа вибрационного размытия изображения круглой метки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. №2. С. 28-31.
4. Григорьев А.В., Затылкин А.В., Лысенко А.В., Таньков Г.В. Формирование и описание отсчетных сегментов следа вибрационного размытия изображения круглой метки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. №2. С. 31-37.
5. Григорьев А.В., Кочегаров И.И., Бростилов С.А., Горячев Н.В., Андреев П.Г. Анализ отсчетных сегментов следа вибрационного размытия изображения круглой метки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. №2. С. 37-41.
6. Григорьев А.В., Гришко А.К., Лапшин Э.В., Наумова И.Ю., Данилова Е.А., Юрков Н.К. Вычисление выходных параметров системы измерения модуля и компонент вектора вибрационного перемещения исследуемой материальной точки объекта контроля // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. №2. С. 41-44.
7. Надырбеков Г.Ж., Григорьев А.В., Кочегаров И.И., Лысенко А.В., Стрельцов Н.А. Структурное описание размытия изображения круглой метки при возвратно-поступательном вибрационном перемещении исследуемой материальной точки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2017. Т.2. С. 11-13.
8. Нуржанов Д.Х., Григорьев А.В., Трусков В.А., Баннов В.Я., Стрельцов Н.А. Анализ размытия изображения круглой метки при возвратно-поступательном вибрационном перемещении

исследуемой материальной точки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2017. Т.2. С. 14-16.

9. Каражанов Б.Б., Григорьев А.В., Данилова Е.А., Гришко А.К. Особенности отображения вектора вибрационного перемещения материальной точки в плоскости изображения // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2017. Т.2. С. 16-20.

10. Григорьев А.В., Дружинин Н.Ю., Баннов В.Я., Бростилов С.А. Сравнительное моделирование технологий измерения радиуса изображения круглой метки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2018. Т.1. С. 249-252.

11. Григорьев А.В., Чибриков А.А., Таньков Г.В., Данилова Е.А. Вероятностное прогнозирование погрешностей измерения радиуса изображения круглой метки по технологиям подсчета строк и пикселей // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2018. Т.1. С. 252-254.

12. Григорьев А.В., Фомин М.В., Наумова И.Ю., Трусов В.А. О качественном различии процессов статической и динамической калибровки виброметров, использующих размытие изображения круглой метки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2018. Т.2. С. 79-82.

13. Григорьев А.В., Чуваشلев К.А., Наумова И.Ю., Баннов В.Я. Динамическая калибровочная характеристика виброметра, использующего размытие изображения круглой метки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2018. Т.2. С. 82-85.

НЕОБХОДИМАЯ РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ КРУГЛОЙ МЕТКИ

Фомин М.В., Чуваشلев К.А., Григорьев А.В., Данилова Е.А., Трусов В.А.
Пензенский государственный университет
kipra@pnzgu.ru

В статье изложена новая методика оценки разрешающей способности регистрирующего устройства, минимально необходимой для мониторинга амплитуд вибрационных перемещений материальных точек поверхности объекта контроля с применением анализа размытия изображения круглой метки. В качестве исходных данных должны быть указаны ширина и формат кадра, диаметр круглой метки, диапазон измеряемых амплитуд вибрационных перемещений и допустимая абсолютная погрешность их измерения. Кроме того, необходимо также описание приведенной погрешности измерения амплитуды вибрационного перемещения как функции количества пикселей, приходящихся на изображение круглой метки. В статье рассмотрен характерный числовой пример, показано, что для решения поставленной задачи потребуется регистрирующее устройство с доступными параметрами.

Ключевые слова: погрешность, матрица, мониторинг, диапазон, амплитуда, вибрация, перемещение, центр, пиксель, материальная точка, приращение.

Necessary resolution of registration of the image of the round tag. Fomin M.V., Chuvashlev K.A., Grigorev A.V., Danilova E.A., Trusov V.A. Penza state university.

In article the new technique of assessment of resolution of the registering device is stated, to a surface of a subject to control, minimum necessary for monitoring of amplitudes of vibration movements of material points, with application of the analysis of degradation of the image of a round tag. As basic data width and a format of a shot, diameter of a round tag, range of the measured amplitudes of vibration movements and an admissible absolute error of their measurement have to be specified. Besides, function of number of the pixels falling on the image of a round tag needs also the description of the given error of measurement of amplitude of vibration movement as. In article a characteristic numerical example is reviewed, it is shown that the solution of an objective will require the registering device with available parameters.

Keywords: error, matrix, monitoring, range, amplitude, vibration, movement, center, pixel, material point, increment.

Введение

Решение проблемы предотвращения отказов радиоэлектронной аппаратуры, машин и механизмов, зданий и сооружений связано с обеспечением диагностики дефектов в латентной их фазе, когда они внешне себя еще никак не проявляют. Наиболее удобными и информативными представляются методы вибрационной диагностики таких дефектов. При этом возможен промежуточный эксплуатационный контроль радиоэлектронной аппаратуры на вибростендах, либо постоянный ее контроль непосредственно в процессе эксплуатации. Возможно также измерение параметров вибрации работающего изделия в процессе испытаний опытных образцов с целью внесения изменений в конструкцию. В настоящее время все большую актуальность приобретают проблемы высокочастотной

бесконтактной виброметрии. В этом плане наиболее удобными и экономичными представляются способы бесконтактной высокочастотной векторной виброметрии с применением анализа размытия изображения круглой метки [1,2]. Эти способы предоставляют пользователю возможность мониторинга распределения вибрационных перемещений материальных точек фрагмента поверхности объекта контроля в неограниченном сверху диапазоне частот вибраций.

Постановка проблемы

На поверхность объекта контроля наносится матрица круглых меток. На некотором расстоянии от него располагается регистрирующее устройство, например, цифровая фотокамера. Это устройство фокусируется на матрицу круглых меток, каждая из которых находится в исходной позиции. Формируется четкое изображение матрицы круглых меток при отсутствии вибрации. На этом изображении обрабатывающее устройство программными средствами определяет и запоминает радиусы изображений круглых меток. Когда контролируемый участок поверхности объекта подвергается вибрационным воздействиям, элементы матрицы круглых меток то приближаются к регистрирующему устройству, то удаляются от него. В результате метки циклически выходят из фокуса, а их изображения на регистрирующем устройстве подвергаются размытию. Когда круглая метка приближается к регистрирующему устройству, радиус ее изображения увеличивается. Когда круглая метка удаляется от регистрирующего устройства, радиус ее изображения уменьшается. Мишень регистрирующего устройства накапливает информацию об энергии светового излучения, воздействующего на каждый ее растровый элемент в течение времени экспозиции кадра. В результате радиус размытого изображения круглой метки при наличии вибрации будет отличаться от радиуса четкого изображения этой круглой метки при отсутствии вибрации. По этому изменению (приращению) радиуса изображения круглой метки и судят об интенсивности вызвавшей это приращение вибрации. Требуемая разрешающая способность регистрирующего устройства зависит от требуемой точности измерения вибрационного перемещения, от площади области регистрации, формируемой регистрируемым устройством на поверхности объекта контроля, от радиуса оригинала круглой метки, от метода измерения радиуса изображения круглой метки.

Краткий обзор состояния вопроса

Структура методики анализа следа вибрационного размытия изображения круглой метки представлена в статье [3]. Формирование и описание отсчетных сегментов следа вибрационного размытия изображения круглой метки описано в работе [4]. Анализ отсчетных сегментов следа вибрационного размытия изображения круглой метки изложен в статье [5]. Вычисление выходных параметров системы измерения модуля и компонент вектора вибрационного перемещения исследуемой материальной точки объекта контроля изложено в публикации [6]. Структурное описание размытия изображения круглой метки при возвратно-поступательном вибрационном перемещении исследуемой материальной точки приведено в источнике [7]. Анализ размытия изображения круглой метки при возвратно-поступательном вибрационном перемещении исследуемой материальной точки представлен в статье [8]. Статья [9] посвящена описанию особенностей отображения вектора вибрационного перемещения материальной точки в плоскости изображения. В работе [10] выполнено сравнительное моделирование технологий измерения радиуса изображения круглой метки. В статье [11] осуществлено вероятностное прогнозирование погрешностей измерения радиуса изображения круглой метки по технологиям подсчета строк и пикселей. В статье [12] говорится о качественном различии процессов статической и динамической калибровки виброметров, использующих размытие изображения круглой метки. В статье [13] приведено описание динамической калибровочной характеристики виброметра, использующего размытие изображения круглой метки.

Исходные данные для вычисления необходимой разрешающей способности регистрирующего устройства

Пусть на объект контроля нанесена матрица круглых меток (рис. 1).

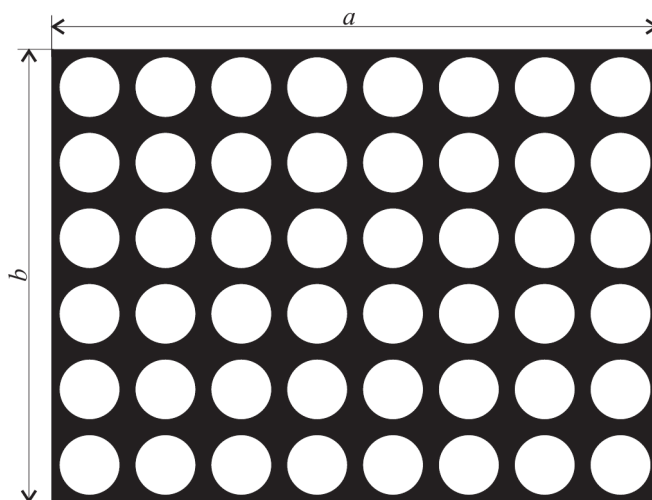


Рисунок 1 — Матрица круглых меток

Диаметр каждой из круглых меток d_i . Ширина кадра a . Формат кадра f_f . Под форматом кадра (*frame format*) понимается отношение ширины кадра a к его высоте b :

$$f_f = \frac{a}{b}. \quad (1)$$

Требуется вычислить минимальную разрешающую способность регистрирующего устройства (в мегапикселях), с помощью которого возможен мониторинг амплитуд вибрационных перемещений материальных точек, расположенных в геометрических центрах круглых меток в диапазоне от нуля до $A_{z\max}$ с абсолютной погрешностью, не превышающей ΔA_z .

Определение минимального количества пикселей, принадлежащих изображению круглой метки

Для решения этой задачи необходимо прежде всего определить максимально допустимую приведенную погрешность измерения амплитуды вибрационного перемещения. Под приведенной погрешностью (*reduced error*) измерений понимают погрешность, выраженную отношением абсолютной погрешности измерений к нормирующему значению измеряемой величины. Приведенную погрешность обычно выражают в процентах. В качестве нормирующего значения обычно принимают максимальное значение диапазона измерений или разность между максимальным и минимальным значениями диапазона измерений (РМГ 29-2013: Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения).

В рассматриваемом случае:

$$\delta_r A_z = \frac{\Delta A_z}{A_{z\max}} \cdot 100\% . \quad (2)$$

В статье [13] приведенная погрешность измерения вибрационного перемещения определяется как функция количества пикселей, приходящихся на изображение круглой метки (рис. 2).

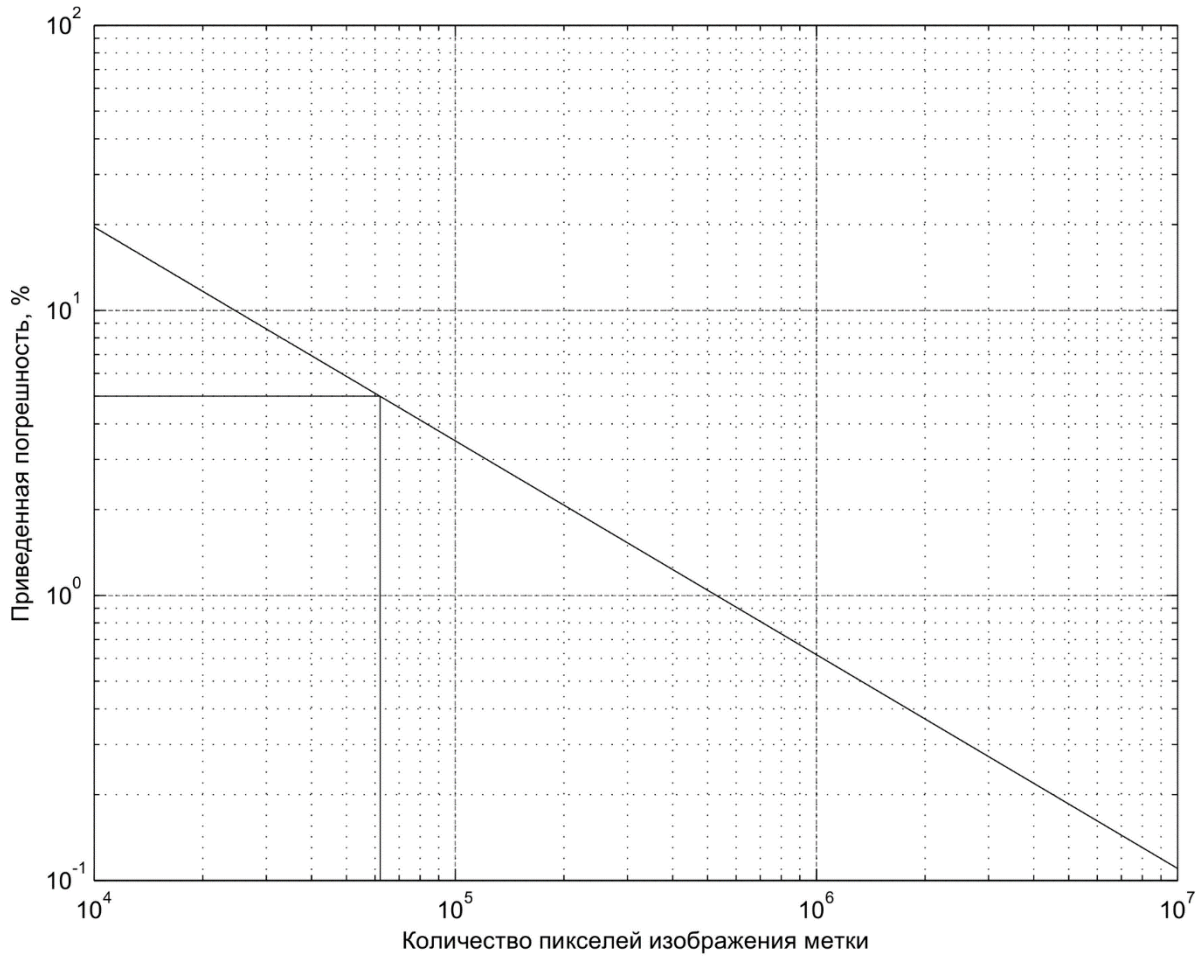


Рисунок 2 — Приведенная погрешность измерения вибрационного перемещения как функция площади изображения круглой метки

Пользуясь этой функцией, можно, вычислив по формуле (2) допустимую приведенную погрешность измерения амплитуды вибрационного перемещения, определить количество пикселей, приходящихся на изображение круглой метки, минимально достаточное для того, чтобы реальная приведенная погрешность измерений не превышала этого допустимого значения.

Вычисление минимальной разрешающей способности регистрирующего устройства

На изображении объекта сохраняются пропорции объекта-оригинала. Из этого следует, что площадь изображения круглой метки так относится к площади ее оригинала, как площадь изображения всего поля зрения регистрирующего устройства относится к площади его оригинала. Площадь цифрового изображения численно равно количеству пикселей, этому изображению принадлежащих. Таким образом:

$$\frac{S_t}{n_{pimt}} = \frac{S_{fv}}{n_{pimfv}}, \quad (3)$$

где S_t и n_{pimt} — соответственно, площадь круглой метки и количество пикселей, приходящихся на ее изображение; S_{fv} и n_{pimfv} — соответственно, площадь поля зрения регистрирующего устройства и количество пикселей, на которое это поле разбито.

$$S_t = \frac{\pi d_t^2}{4}. \quad (4)$$

Из формулы (1) следует, что:

$$S_{fv} = \frac{a^2}{f_f}. \quad (5)$$

Количество пикселей, на которое разбито поле зрения регистрирующего устройства равно разрешающей способности этого устройства R_{CAM} в мегапикселях, умноженной на 10^6 :

$$n_{pimfv} = R_{CAM} \cdot 10^6. \quad (6)$$

Из формул (3...6) следует:

$$\frac{\pi d_t^2}{4n_{pimt}} = \frac{a^2}{f_f R_{CAM} 10^6}.$$

Далее:

$$R_{CAM} = \frac{4n_{pimt} a^2}{\pi d_t^2 f_f 10^6}. \quad (7)$$

Числовой пример

Пусть на объект контроля нанесена матрица круглых меток по рис. 1. Диаметр каждой из круглых меток $d_t=4$ мм. Ширина кадра $a=4$ см. Формат кадра $f_f=4/3$. Требуется вычислить минимальную разрешающую способность регистрирующего устройства (в мегапикселях), с помощью которого возможен мониторинг амплитуд вибрационных перемещений материальных точек, расположенных в геометрических центрах круглых меток, в диапазоне от нуля до $A_{z\max}=1$ мм с абсолютной погрешностью, не превышающей $\Delta A_z=50$ мкм.

Сначала по формуле (2) вычисляется допустимая приведенная погрешность измерения амплитуды вибрационного перемещения:

$$\delta_r A_z = \frac{\Delta A_z}{A_{z\max}} \cdot 100\% = \frac{50}{1000} \cdot 100\% = \frac{50}{1000} \cdot 100\% = 5\%.$$

Затем по графику, представленному на рис. 2, определяется количество пикселей изображения метки, минимально необходимое для того, чтобы реальная погрешность измерений не превысила этого допустимого значения. Приведенной погрешности $\delta_r A_z=5\%$ соответствует минимальное количество пикселей, приходящихся на изображение круглой метки, $n_{pimt}=61900$.

Минимально необходимая разрешающая способность регистрирующего устройства R_{CAM} в мегапикселях вычисляется по формуле (7):

$$R_{CAM} = \frac{4n_{pimt} a^2}{\pi d_t^2 f_f 10^6} = \frac{4 \cdot 61900 \cdot (4 \cdot 10^4)^2}{\pi \cdot (4 \cdot 10^3)^2 \cdot (4/3) \cdot 10^6} = 5,911.$$

Таким образом, для мониторинга амплитуд вибрационных перемещений с указанными параметрами потребуется регистрирующее устройство, обладающее разрешающей способностью не менее 5,911 мегапикселей.

Заключение

Изложенная в статье методика позволяет вычислить разрешающую способность регистрирующего устройства, минимально необходимую для того, чтобы с помощью этого устройства осуществлять мониторинг амплитуд вибрационных перемещений материальных точек области охвата этим регистрирующим устройством поверхности объекта контроля с заданными шириной, форматом кадра, диаметром круглых меток, в заданном диапазоне измеряемых амплитуд вибрационных перемещений и с заданной допустимой абсолютной погрешностью. В качестве исходных данных еще необходимо описание приведенной погрешности применяемой системы, как функции количества пикселей изображения каждой из круглых меток матрицы.

Литература

1. Пат. RU 2535522 Способ измерения вибраций. / А.Л. Држевецкий, Н.К. Юрков, А.В. Григорьев, А.В. Затылкин, И.И. Кочегаров, С.В. Кузнецов, Ю.А. Држевецкий, В.А. Деркач — Оpubл. 10.12.2014 Бюл. № 34.
2. Пат. RU 2535237 Способ измерения вибраций / А.Л. Држевецкий, Н.К. Юрков, А.В. Григорьев, А.В. Затылкин, И.И. Кочегаров, С.В. Кузнецов, Ю.А. Држевецкий, В.А. Деркач — Оpubл. 10.12.2014 Бюл. № 34.
3. Григорьев А.В., Юрков Н.К., Трусов В.А., Баннов В.Я. Структура методики анализа следа вибрационного размытия изображения круглой метки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. №2. С. 28-31.
4. Григорьев А.В., Затылкин А.В., Лысенко А.В., Таньков Г.В. Формирование и описание отсчетных сегментов следа вибрационного размытия изображения круглой метки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. №2. С. 31-37.
5. Григорьев А.В., Кочегаров И.И., Бростилов С.А., Горячев Н.В., Андреев П.Г. Анализ отсчетных сегментов следа вибрационного размытия изображения круглой метки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. №2. С. 37-41.

6. Григорьев А.В., Гришко А.К., Лапшин Э.В., Наумова И.Ю., Данилова Е.А., Юрков Н.К. Вычисление выходных параметров системы измерения модуля и компонент вектора вибрационного перемещения исследуемой материальной точки объекта контроля // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. №2. С. 41-44.

7. Надырбеков Г.Ж., Григорьев А.В., Кочегаров И.И., Лысенко А.В., Стрельцов Н.А. Структурное описание размытия изображения круглой метки при возвратно-поступательном вибрационном перемещении исследуемой материальной точки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2017. Т.2. С. 11-13.

8. Нуржанов Д.Х., Григорьев А.В., Трусов В.А., Баннов В.Я., Стрельцов Н.А. Анализ размытия изображения круглой метки при возвратно-поступательном вибрационном перемещении исследуемой материальной точки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2017. Т.2. С. 14-16.

9. Каражанов Б.Б., Григорьев А.В., Данилова Е.А., Гришко А.К. Особенности отображения вектора вибрационного перемещения материальной точки в плоскости изображения // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2017. Т.2. С. 16-20.

10. Григорьев А.В., Дружинин Н.Ю., Баннов В.Я., Бростилов С.А. Сравнительное моделирование технологий измерения радиуса изображения круглой метки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2018. Т.1. С. 249-252.

11. Григорьев А.В., Чибриков А.А., Таньков Г.В., Данилова Е.А. Вероятностное прогнозирование погрешностей измерения радиуса изображения круглой метки по технологиям подсчета строк и пикселей // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2018. Т.1. С. 252-254.

12. Григорьев А.В., Фомин М.В., Наумова И.Ю., Трусов В.А. О качественном различии процессов статической и динамической калибровки виброметров, использующих размытие изображения круглой метки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2018. Т.2. С. 79-82.

13. Григорьев А.В., Чуваشلев К.А., Наумова И.Ю., Баннов В.Я. Динамическая калибровочная характеристика виброметра, использующего размытие изображения круглой метки // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2018. Т.2. С. 82-85.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ОПТИМАЛЬНОГО ВНУТРИБЛОЧНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ УЗЛОВ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Емельянов А.С., Кочегаров И.И., Кузина Е.А. *, Бростилов С.А., Данилова Е.А.
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», *ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский
технологический университет»

В статье приводится пример теплового расчета при помощи программного комплекса САПР SolidWorks Simulation для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства.

Ключевые слова: исследование, устройство, технологичность, внутриблочное расположение, оптимизация.

Investigation of variants of optimum intravible placement of electronic functions. Emelyanov A.S., Kochegarov I.I., Kuzina E.A. *, Brostilov S.A., Danilova E.A., Penza State University", MIREA - Russian Technological University

The article gives an example of thermal calculation using the CAD software SolidWorks Simulation to automate the work of an industrial enterprise at the stages of design and technological preparation of production.

Keywords: research, device, processability, in-block layout, optimization.

К понятию оптимального внутриблочного размещения узлов радиоэлектронных средств, можно отнести следующее:

1. Минимизация - преобразование структуры системы автоматического регулирования с целью уменьшить число входящих в них элементов или упростить связи между этими элементами.

2. Технологичность - это одна из комплексных характеристик технического устройства, которая выражает удобство его производства, ремонтпригодность и эксплуатационные качества.

3. Дизайн - деятельность по проектированию эстетических свойств промышленных изделий, а также результат этой деятельности.

4. Эргономичность - дизайн оборудования, учитывающий взаимодействие человек/машина, позволяющий снизить вероятность ошибки оператора, повысить комфортность условий его работы.

5. Компоновка - расположение, структуризация отдельных частей в целостном объекте.

Исходя из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что оптимальное внутриблочное размещение узлов РЭС это поиск наилучшего конструктивного исполнения прибора (устройства) путем уменьшения (преобразования, оптимизации) входящих в него узлов, при этом должен наблюдаться прогресс в плане технологичности изделия, устройство должно быть удобным в использовании, сборке и ремонте.

Чтобы обеспечить стабильность работы радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), применяют радиоэлементы, устойчиво работающие в широком диапазоне изменения температуры, снижают их коэффициенты нагрузки, используют различные схемные решения (например, температурную компенсацию). Широкое распространение получили методы регулирования теплообмена внутри аппарата и аппарата с окружающей средой. Эти методы обычно используются на стадии разработки конструкции РЭА по заданной принципиальной электрической схеме и сводятся к поддержанию допустимого теплового режима элементов и аппарата при изменении их электрического режима и внешних условий. Регулирование теплообмена достигается путем рациональной компоновки элементов в аппарате, аппарата в целом, использования теплоотводящих устройств для отдельных элементов или группы элементов, специальных систем охлаждения.

Тепловой режим РЭА определяется многими факторами. Существенное влияние на него оказывают: выделение тепла самой РЭА, т.е. электрический режим работы РЭА, условия эксплуатации, а также конструкция и габариты аппарата, свойства среды внутри аппарата, особенности системы охлаждения, свойства материалов, из которых изготовлен аппарат. Перечисленные факторы учитывают при расчете теплового режима аппарата. Полученное в результате расчета распределение температур сравнивают с допустимым и делают выводы о рациональности выбранной конструкции с точки зрения теплового режима при эксплуатации в заданных условиях. Тепловой расчет всегда носит поверочный характер.

Для того что бы начать исследовать устройство электромагнитного излучения на температурное состояние (при помощи SolidWorks Flow Simulation), необходимо знать ряд параметров. Часть этих параметров необходимо вычислить при помощи формул, а остальное задаётся в самой программе.

В первую очередь нужно правильно подготовить 3D модель, а именно:

- 1) т.к. тепловой расчет будет происходить внутри устройства, необходимо убрать лишние детали, которые не будут задействованы в расчете (крышка; кабели подключения и т.д.);
- 2) Корпус должен быть герметичным, т.к. SolidWorks будет просчитывать внутреннюю область течения и если не будет герметичности, то программа выдаст ошибку о невозможности присчитать внутреннюю область течения. Если в корпусе предусмотрены отверстия для охлаждения или какие-либо технологические отверстия, то их необходимо закрыть заглушками, с помощью инструмента «Создание заглушек» на панели «Flow Simulation». САПР SolidWorks будет считать корпус герметичным, но при этом можно задать параметры для заглушек (давление окружающей среды), тогда SolidWorks будет считать их как отверстия в корпусе.

Если не выполнить данные условия, то SolidWorks будет выдавать различные ошибки о невозможности расчета. Также расчет является ресурсозатратным, который требует наличие современного, высокопроизводительного компьютера. Поэтому для того, что бы снизить нагрузку на компьютер, нужно упрощать 3D модель и стараться (по возможности) упрощать элементы, входящие в сборку. Также при расчете в SolidWorks имеется возможность использовать мощности других компьютеров, подключенных в одну локальную сеть, при этом на них должен быть установлен SolidWorks с инструментом «Flow Simulation» (данная возможность используется при сложных расчетах на предприятиях).

После того, как мы провели все необходимые настройки, можно приступать к расчету. Для теплового расчета нам необходимо задать следующие параметры:

1. Указать вентилятор и провести соответствующие настройки;
2. Задать граничные условия;
3. Указать материалы, использующиеся в нашем устройстве, которые непосредственно влияют на теплообмен, остальные материалы будут считаться как «изолятор», исходя из настроек, описанных выше;
4. Указать тепловые источники, излучающие тепловую мощность (Вт), исходя из проведенных электрических расчетов.

Так как в устройстве используется вентилятор JF0615S1L--R, сначала необходимо провести его настройку. Проведем анализ воздушных потоков и настроим параметры вентилятора отдельно от общей сборки. Создадим отдельный расчет, таким же путем как описано выше, с одним изменением: тип задачи укажем «внешний», а также уменьшим область расчета. В итоге получим следующее (рис. 1):

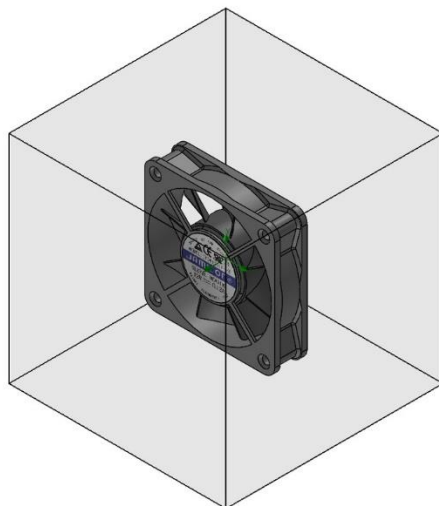


Рисунок 1 – 3D модель вентилятора JF0615S1L--R, с видимой расчетной областью

Граничные условия включают в себя следующие типы:

1. Расход/скорость: массовый расход на входе; объемный расход на входе; скорость на входе; число маха на входе; массовый расход на выходе; объемный расход на выходе; скорость на выходе; число маха на выходе.

2. Давление: давление окружающей среды; статическое давление; полное давление.

3. Стенка: реальная стенка; идеальная стенка.

Также в этих типах существует множество дополнительных параметров, таких как: параметры потока, термодинамические параметры, параметры турбулентности, параметры пограничного слоя, параметры на стенке.

После запуска расчета откроется окно с настройками расчета (рис. 2), в котором можно выбрать тип расчета (новый или продолжить), также можно настроить использование процессора и памяти (запустить на этом компьютере или на нескольких компьютерах, объединённых в одну локальную сеть, при этом на них должен быть установлен SolidWorks с инструментом «Flow Simulation»), ещё можно выбрать сколько ядер процессора будет задействовано при расчете, а также в пункте «построение результатов по окончании расчета» можно поставить галочку «загрузить результаты», это значит, что после окончания расчета, результаты автоматически будут загружены в меню SolidWorks, если эту галочку не ставить, то результаты нужно будет загрузить в ручную, указав папку с файлом расчета.

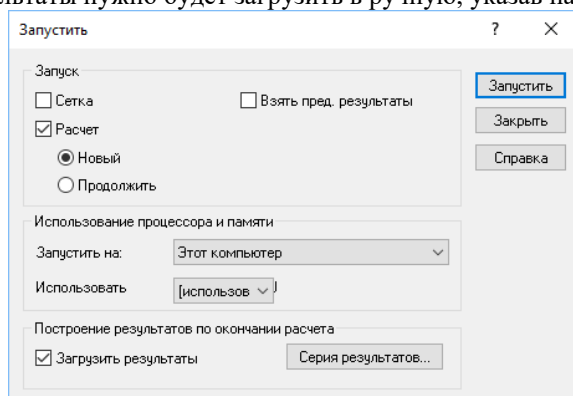


Рисунок 2 – Настройки запуска расчета

Далее нажимаем «Ок» и САПР SolidWorks начинает расчет потока воздуха, после чего на экране отображается поток воздуха в виде стрелок и графическая шкала с обозначением скорости потока воздуха (рис. 3):

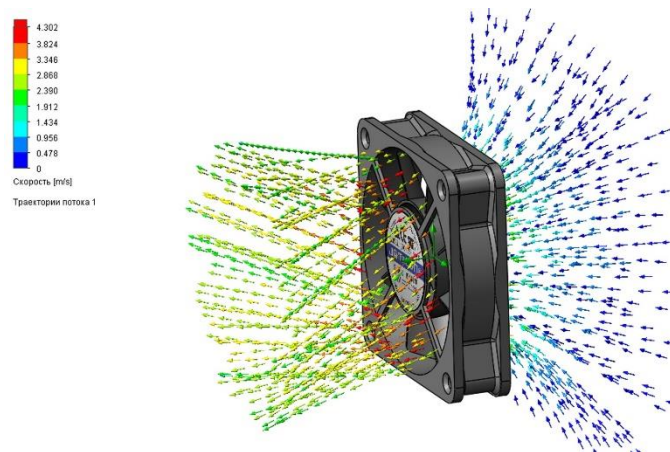


Рисунок 3 – Результаты расчета траектории потока воздуха вентилятора JF0615S1L--R, в виде стрелок

Скроем отображение траектории потока и создадим «Картину в сечении», нажав ПКМ на соответствующий пункт в меню с лева. Выберем плоскость «сверху», в пункте «показать» выберем «заливка», параметр «скорость», количество уровней 100, остальные параметры без изменений, в итоге получим следующее (рис. 4):

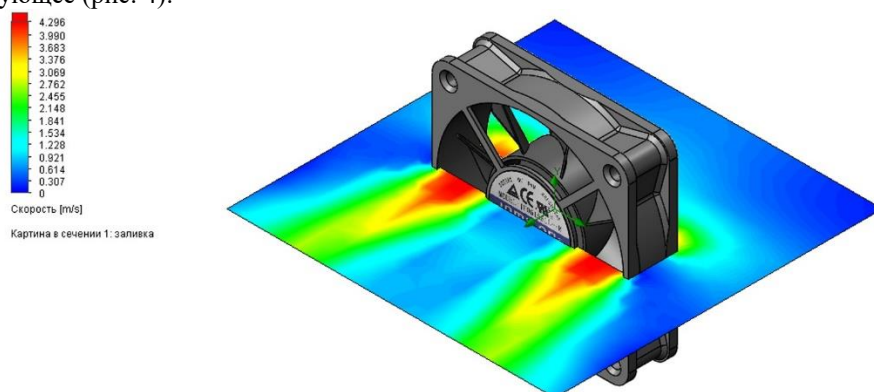


Рисунок 4 – Поток воздуха, отображаемый в сечении

Исходя из проведённых расчетов, мы видим какая траектория потока воздуха у вентилятора JF0615S1L--R, а также мы видим скорость потока воздуха, она составляет у самого края корпуса вентилятора 4.296 м/с, а на расстоянии от корпуса в 30 мм, эта величина составляет 2.7 м/с.

Теперь добавим все те же параметры и настройки в наш тепловой расчет устройства, с небольшими дополнениями (мы добавим граничное условие, а именно давление окружающей среды от внутренней поверхности заглушек, тем самым обозначим что заглушки это «отверстия») и посмотрим какой будет траектория потока воздуха внутри корпуса.

После проведения расчета с заданной максимальной мощностью рассеивания, максимальная температура стабилизаторов напряжения составляет 48°C, а средняя температура - 34°C. Согласно технической документации, стабилизаторы напряжения KP142EH8B, KP142EH5A, KP142EH8B имеют рабочий температурный диапазон от -40 до +85°C, а стабилизатор напряжения L78L08ABZ от -40 до +125°C, что соответствует проведенному исследованию на температурное состояние устройства. Результаты эксперимента показали, что максимальная температура (с заданной максимальной мощностью рассеивания) составляет 63°C, что на 15°C больше чем при использовании вентилятора JF0615B1UR. Согласно техническому заданию, нужно обеспечить рабочую температуру устройства не более 65°C, данное условие выполняется при использовании любого из вентиляторов, перечисленных выше. Окончательное решение, какой из вентиляторов лучше, будет принято после изготовления первого опытного образца и проведения физических испытаний устройства электромагнитного излучения.

Литература

1. Mikheev M. Yu., Zhashkova T. V., Shcherban A. B., Grishko A. K., Rybakov I. M. Generalized structural models of complex distributed objects. 2016 IEEE East–West Design & Test Symposium (EWDTS). Yerevan, Armenia, October 14–17, 2016. pp. 1– 4. DOI: 10.1109/EWDTS.2016.7807742.
2. Гришко А. К. Многокритериальный выбор оптимального варианта сложной технической системы на основе интервального анализа слабоструктурированной информации / А. К. Гришко, И.И.

Кочегаров, А.В. Лысенко // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2017. – № 3 (21). – С. 97-107.

3. Увайсов С.У. Кластерная модель принятия решений об актуальности внешних воздействий / С.У. Увайсов, И.В. Аютова // Труды международного симпозиума Надежность и качество. - 2012. - Т. 2. - С. 447- 451. актуальности внешних воздействий / С.У. Увайсов, И.В. Аютова // Труды международного симпозиума Надежность и качество. - 2012. - Т. 2. - С. 447-451.

4. Юрков Н. К. Имитационное моделирование технологических систем: Учебное пособие / Н. К. Юрков. - Пенза, Пензен. политехн. ин-т, 1989г. - 71 с.

5. Меркульев А.Ю. Программные комплексы и системы проектирования печатных плат / А.Ю. Меркульев, Ю.А. Сивагина, И.И. Кочегаров, В.Я. Баннов, Н.К. Юрков // Современные информационные технологии. 2014. № 19. С. 119-128.

6. Юрков Н.К. Алгоритм моделирования процессов развития латентных технологических дефектов печатных плат / Н.К. Юрков, И.И. Кочегаров., Е.А. Данилова // В сборнике: XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014 Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2014. С. 7092-7097.

7. Бростилов С.А. Распространение света в искривленном многомодовом оптическом волноводе / С.А. Бростилов, С.И. Торгашин, Н.К. Юрков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2012. № 1. С. 141-150.

8. Lysenko, A.V., Kochegarov, I.I., Yurkov, N.K., Grishko, A.K. Optimizing structure of complex technical system by heterogeneous vector criterion in interval form. Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 4, 2018, pp. 1–6. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042032

9. Горячев Н.В. К вопросу реализации метода автоматизированного выбора системы охлаждения / Н.В. Горячев, И.И. Кочегаров, Н.К. Юрков // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2013. № 3 (25). С. 16-20.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВОГО МНОГОКАНАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА

Юдин А.А., Кочегаров И.И., Горячев Н.В., Лысенко А.В., Юрков Н.К.
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

В статье приводится пример разработки структурной схемы многоканального цифрового генератора и выбора его ключевых элементов.

Ключевые слова: генератор, цифровой синтез, микроконтроллер.

Features of development of digital multichannel generator. Yudin A.A., Kochegarov I.I., Goryachev N.V., Lysenko A.V., Yurkov N.K., Penza State University.

The article gives an example of the development of a block diagram of a multichannel digital generator and the selection of its key elements.

Keywords: generator, digital synthesis, microcontroller.

Генератор сигналов – это незаменимое и крайне необходимое в разработке электронных средств устройство. Его задача – генерация сигналов (чаще всего электрических), изменяющихся во времени по определенному закону – синуса, косинуса, или согласно другой периодической математической функции, а также генерация отдельных импульсов определенной формы или последовательности импульсов.

Ключевым элементом разрабатываемого устройства является применение микросхем прямого цифрового синтеза (DDS) для получения полезного выходного сигнала. Этот способ синтеза сигнала отличается крайне высокой точностью настройки частоты и фазы сигнала, обладает высокой временной стабильностью и позволяет получить сигнал различной формы. Кратко рассмотрим принцип работы таких устройств.

Любая микросхема прямого цифрового синтеза состоит из нескольких ключевых функциональных блоков (рисунок 1) [1]:

- Аккумулятор фазы (Phase accumulator)
- Преобразователь фаза-амплитуда (Amplitude/sin conversion algorithm)
- Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) (D/A converter)
- Выходной фильтр нижних частот (ФНЧ) (на схеме не показан)

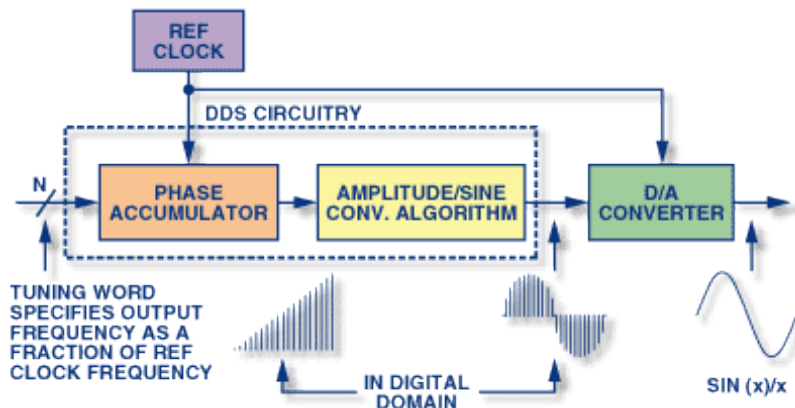


Рисунок 2.1.1 – Схема работы микросхем прямого цифрового синтеза

Помимо указанных функциональных блоков, работа генератора будет невозможна без внешнего задающего тактового генератора (Ref clock).

На каждый такт внешнего задающего генератора значение аккумулятора фазы увеличивается на определенное число. Это число, обычно называемое приращением фазы, записано в регистр устройства (на рисунке 2.1.1 – Tuning word). Таким образом, значение аккумулятора фазы увеличивается ступенчато-линейно. Фаза любого сигнала, в частности синуса, также изменяется по линейному закону. Это позволяет поставить в соответствие каждому значению фазы значение амплитуды сигнала на выходе (amplitude-sine conversion algorithm). Такой набор значений чаще всего записан внутри генератора в энергонезависимой памяти, однако в отдельных случаях возможно и задание пользовательских значений.

После получения значения амплитуды оно передается в цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), который собственно и выдает необходимое в данный момент времени значение напряжения на выходе. Для минимизации искажений типа «ступенька» и устранения высокочастотного шума применяется выходной фильтр нижних частот, чаще всего выполняемый отдельно от микросхемы и с параметрами, зависящими от конкретного применения.[2]

Из принципа работы следуют основные отличительные особенности микросхем прямого цифрового синтеза:

- Высокая разрешающая способность – возможность получить шаг перестройки частоты вплоть до 0,00001 Гц и столь же маленький шаг фазы.
- Высокая временная стабильность сигнала – стабильность параметров синтезируемого сигнала полностью определяется внешним высокочастотным задающим генератором; соответственно, синтезатор имеет такую же временную стабильность, как и внешний тактовый генератор.
- Широкий частотный диапазон – возможно получение частот от 0 до сотен мегагерц.
- Высокое быстродействие - скорость изменения параметров сигнала практически мгновенная, и ограничивается практически только переходной характеристикой выходного фильтра.
- Цифровые принципы синтеза и управление устраняют потребность в ручной подстройке частоты.
- Высокая повторяемость сигнала – при установке синтезатора на одну частоту при каждом включении параметры сигнала будут стабильны и повторяемы, без потребности в ручной подстройке.

К недостаткам можно отнести достаточно высокое энергопотребление, вызванное большим объемом вычислений, и немного больший по сравнению с другими способами синтеза уровень негармонических искажений сигнала.

ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА

Устройство состоит из нескольких структурных блоков (рис.2):

- Персонального компьютера (ПЭВМ) с установленным комплектом программного обеспечения (ПО) для управления;
- Непосредственно многоканального генератора, который состоит из:
 - Управляющего микроконтроллера,
 - Генераторов сигнала и задающего тактового генератора,
 - Источника электропитания.

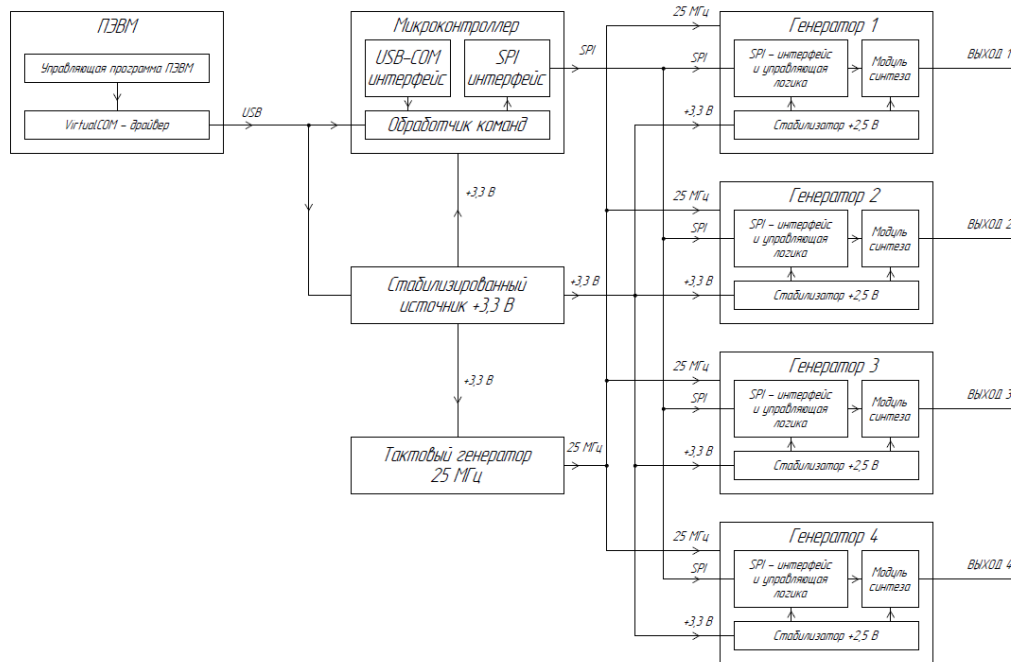


Рисунок 2 – Структурная схема генератора цифрового многоканального

Управляющая программа, установленная на персональном компьютере (ПК, ПЭВМ), передает введенные пользователем параметры сигнала на микроконтроллер. Связь между ПК и микроконтроллером осуществляется с помощью интерфейса USB. Используется класс устройства Communication Device, который посредством установленных на ПК драйверов и выбранной конфигурации микроконтроллера позволяет работать с устройством как через классический последовательный порт. При этом сохраняются такие особенности USB-интерфейса, как пакетная передача данных, хост-ориентированность и возможность электропитания через USB-шину [3].

Для удобного управления был разработан язык высокоуровневых команд, которые позволяют управлять всеми генераторами на понятном для человека языке (см. Приложение Б).

Генераторы не имеют собственного USB-интерфейса, и управляются низкоуровневыми командами. Для управления ими с помощью компьютера служит микроконтроллер, который выполняет функцию своеобразного «моста». Он преобразует высокоуровневые команды компьютера в низкоуровневые, одновременно с этим проверяя корректность устанавливаемых значений. Управление же непосредственно генераторами осуществляется с помощью интерфейса SPI (трёхпроводной интерфейс). Отдельные выходы микроконтроллера отвечают за выбор конкретного генератора.

Как было сказано в предыдущем разделе, для работы микросхем прямого цифрового синтеза необходим источник внешнего тактирующего сигнала. В разрабатываемом устройстве для синхронизации генераторов применяется единый источник тактового сигнала на 25 МГц, имеющий на выходе сигнал прямоугольной формы с цифровым уровнем.

Питание всего генератора осуществляется от хост-устройства (ПК) через шину USB. При этом, так как управление полностью осуществляется с помощью ПК, возможность автономного питания не предусмотрена.

Описание ключевых элементов устройства

Микроконтроллер STM32F103C8T6

Микроконтроллер – это микросхема, основное предназначение которой – управление различными электронными устройствами. В отличие от микропроцессора, микроконтроллер объединяет в одном корпусе вычислительный модуль, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), а также различные периферийные модули – порты ввода-вывода общего назначения (general purpose input-output, GPIO), стандартные интерфейсы связи (SPI, I²C, USART), модули АЦП, ЦАП, специализированные интерфейсы связи (например, с камерой или дисплеем) и многими другими. По сути, микроконтроллер представляет собой компьютер, предназначенный для выполнения относительно простых задач и требующий минимум внешних компонентов для своей работы.

В современной электронной промышленности используется множество различных архитектур микроконтроллеров – AVR, PIC, MSP430, ARM. До недавнего времени наиболее широко были распространены 8-битные микроконтроллеры, однако стремительное развитие технологий и потребность

во все более производительных устройствах приводит к растущей популярности 32-битных микроконтроллеров, в частности на ядре архитектуры ARM. Эти микроконтроллеры обладают высокой производительностью, низким энергопотреблением, что привело к их широкому распространению во всех сферах электроники.

В разрабатываемом устройстве необходим микроконтроллер с определенными характеристиками:

- Наличие интерфейсов USB и SPI
- Малый размер корпуса, который, однако, должен допускать возможность ручной пайки
- Современная архитектура
- Наличие запаса по производительности и количеству выводов для возможности

последующей модификации устройства без существенного изменения структуры

- Хорошая поддержка производителя – наличие удобных инструментов для разработки, библиотек для работы с периферией, качественная документация.

Указанным требованиям соответствуют микроконтроллеры 32-битные микроконтроллеры фирмы STMicroelectronics, построенные на ядре ARM. STMicroelectronics занимает лидирующие позиции на рынке микроконтроллеров, их продукция хорошо документирована, имеются различные средства для быстрой разработки. Стоимость продукции STMicroelectronics также ниже аналогов других фирм [4].

Из огромного количества микроконтроллеров фирмы STMicroelectronics выберем один из наиболее распространенных – STM32F103C8T6 (рисунок 2.3.1.1), построенный на ядре ARM Cortex M3. Он относится к группе микроконтроллеров средней производительности, способен работать на тактовой частоте до 72 МГц. Имеются все современные периферийные модули [5]:

- Управление тактированием и питанием
- Встроенные тактовые генераторы
- Различные режимы энергопотребления
- Возможность батарейного питания
- 2x12-бит АЦП с мультиплексированием на 8 каналов каждый
- Прямой доступ к памяти
- Интерфейсы SPI, I²C, USART
- Отладка через интерфейсы JTAG/SWD
- Интерфейс USB 2.0-FS
- 64 кб флэш-памяти для кода программы и 20 кб оперативной памяти
- 37 портов ввода-вывода общего назначения

Демонстрационные платы с этим микроконтроллером имеют широкое распространение, что упрощает макетирование и облегчает разработку.

Для работы микроконтроллера требуется минимум внешних элементов – кварцевый резонатор для задания стабильной тактовой частоты и конденсаторы развязки по питанию. При этом номиналы и способ размещения компонентов на плате подробно описан в документации на микроконтроллер [5,6]:

- 4 керамических конденсатора емкостью 0,1 мкФ на каждую шину питания Vdd + 1 общий танталовый конденсатор емкостью 10 мкФ
- Неиспользуемая шина батарейного питания Vbat должна быть подключена к общей шине питания Vdd с развязывающим керамическим конденсатором в 0,1 мкФ
- Шина опорного напряжения Vref подключается в шине Vdd, если не требуется другого значения опорного напряжения
- Частота внешнего кварцевого резонатора от 4 до 16 МГц; типовое значение – 8 МГц

Для разработки программной части компания STMicroelectronics предлагает комплект библиотек высокого уровня, позволяющих вести разработку, мало зависящую от конкретной модели микроконтроллера, и использовать один проект программы для всех микроконтроллеров одной серии [7]. Помимо набора библиотек, предлагается использовать программу STM32CubeMX – генератор кода инициализации, позволяющий легко создать «скелет» проекта для последующей разработки, который при этом содержит весь необходимый код для инициализации выбранной периферии. Весь процесс конфигурации происходит в удобном графическом интерфейсе [8].

DDS-генератор AD9833

Согласно техническому заданию частотный диапазон выходного синусоидального сигнала должен быть как минимум от 0 до 10 кГц. Практически все современные микросхемы прямого цифрового синтеза способны обеспечить качественный сигнал в данном диапазоне. Следовательно, подберем распространенный и недорогой DDS-генератор. Признанным лидером в данной области является фирма Analog Devices. Под поставленную задачу подходят практически все выпускаемые ими генераторы, однако целесообразнее всего использовать недорогую и распространенную модель, которая хорошо себя зарекомендовала – DDS-генератор AD9833. Цена на данную модель также заметно ниже,

чем на аналоги (как минимум, на пару долларов) – это объясняется не очень большим рабочим диапазоном частот, который тем не менее, удовлетворяет установленному в техническом задании с запасом в 1000 раз, и сроком выпуска – данная модель находится в производстве более 10 лет, следовательно, технология хорошо отлажена и себестоимость минимальна.

Генератор AD9833 способен давать сигнал синусоидальной, треугольной и прямоугольной формы в частотном диапазоне 0-12,5 МГц (при использовании задающего генератора с частотой 25 МГц). Шаг перестройки частоты (разрешение по частоте) 0.1 Гц. Микросхема способна работать в диапазоне питающих напряжений 2,3-5,5 вольт. Имеется режим «сна» для минимизации энергопотребления в режиме ожидания. Управление осуществляется через интерфейс SPI с частотой до 40 МГц.

Типовая схема включения описана в документации на устройство [9] и включает в себя два конденсатора для развязки по шине питания, конденсатор для внутреннего стабилизатора на 2,5 вольта, конденсатор для вывода компенсации и конденсатор для выходного фильтра нижних частот. Типовая схема включения представлена на рисунке 3.

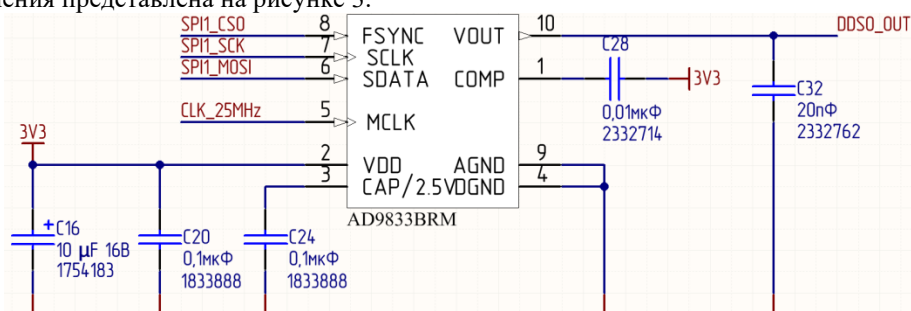


Рисунок 3 – Типовая схема включения генератора AD9833

Помимо перечисленных компонентов, для работы генератора необходим тактовый сигнал частотой 25 МГц. В разрабатываемом устройстве он обеспечивается CMOS-генератором тактового сигнала ASE-25.000MHZ. Выбранный тактовый генератор отличается малыми размерами – 3,2x2,5 мм, малым средним джиттером – до 5 пс. На выходе генератора мы получаем сигнал прямоугольной формы логического уровня.

Управление генератором осуществляется через интерфейс SPI. На физическом уровне он представляет собой четыре электрические цепи – шину тактирования (SCK), шину передачи данных от мастера к подчиненному устройству (MOSI), шину передачи данных от подчиненного устройства к мастеру (MISO), и шину выбора устройства (CS, иногда SS). Наличие последней позволяет с помощью одного интерфейса управлять несколькими различными устройствами. Микроконтроллер содержит в себе все выводы, необходимые для реализации требуемого интерфейса.

Для обеспечения стабильной работы канала связи и минимизации количества возникающих при передаче данных ошибок, электрические и временные параметры сигнала должны соответствовать определенным требованиям. Согласно документации на AD9833, низкому логическому уровню соответствует сигнал меньше 0,7 вольта, а высокому – свыше 2 вольт (при напряжении питания 3,3 вольта) [9].

На программном уровне для реализации удобной работы с несколькими генераторами была создана библиотека на языке C, в которую включены все низкоуровневые инструкции по инициализации и передаче данных. Для непосредственной работы с параметрами сигнала применяются инструкции высокого уровня и предопределенные значения параметров.

Статья подготовлена в рамках реализации проекта «Адаптивная интеллектуальная система вибрационных испытаний бортовой радиоэлектронной аппаратуры ракетно-космической и авиационной техники нового поколения на основе многофункциональной цифровой генерации испытательных сигналов» (Соглашение № 17-79-10281 от 24.07.2017) при финансовой поддержке Российского научного фонда.

Литература

1. Микроконтроллеры 16 / 32 бита - MCU - ARM | Farnell element14 Россия [Electronic resource] // Farnell. URL: <http://ru.farnell.com/c/semiconductors-ics/microcontrollers-mcu/16-32-bit-microcontrollers-mcu-arm> (accessed: 12.06.2018).
2. Mikheev M. Yu., Zhashkova T. V., Shcherban A. B., Grishko A. K., Rybakov I. M. Generalized structural models of complex distributed objects. 2016 IEEE East–West Design & Test Symposium (EWDTS). Yerevan, Armenia, October 14–17, 2016. pp. 1–4. DOI: 10.1109/EWDTS.2016.7807742.

3. Гришко А. К. Многокритериальный выбор оптимального варианта сложной технической системы на основе интервального анализа слабоструктурированной информации / А. К. Гришко, И.И. Кочегаров, А.В. Лысенко // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2017. – № 3 (21). – С. 97-107.
4. Увайсов С.У. Кластерная модель принятия решений об актуальности внешних воздействий / С.У. Увайсов, И.В. Аютова // Труды международного симпозиума Надежность и качество. - 2012. - Т. 2. - С. 447-451. актуальности внешних воздействий / С.У. Увайсов, И.В. Аютова // Труды международного симпозиума Надежность и качество. - 2012. - Т. 2. - С. 447-451.
5. Юрков Н. К. Имитационное моделирование технологических систем: Учебное пособие / Н. К. Юрков. - Пенза, Пензен. политехн. ин-т, 1989г. - 71 с.
6. Меркульев А.Ю. Программные комплексы и системы проектирования печатных плат / А.Ю. Меркульев, Ю.А. Сивагина, И.И. Кочегаров, В.Я. Баннов, Н.К. Юрков // Современные информационные технологии. 2014. № 19. С. 119-128.
7. Юрков Н.К. Алгоритм моделирования процессов развития латентных технологических дефектов печатных плат / Н.К. Юрков, И.И. Кочегаров., Е.А. Данилова // В сборнике: XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014 Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2014. С. 7092-7097.
8. Бростилов С.А. Распространение света в искривленном многомодовом оптическом волноводе / С.А. Бростилов, С.И. Торгашин, Н.К. Юрков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2012. № 1. С. 141-150.
9. Lysenko, A.V., Kochegarov, I.I., Yurkov, N.K., Grishko, A.K. Optimizing structure of complex technical system by heterogeneous vector criterion in interval form. Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 4, 2018, pp. 1–6. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042032
10. Горячев Н.В. К вопросу реализации метода автоматизированного выбора системы охлаждения / Н.В. Горячев, И.И. Кочегаров, Н.К. Юрков // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2013. № 3 (25). С. 16-20.

ВСЕОБЩИЙ УХОД ЗА ОБОРУДОВАНИЕМ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Казаков П.А.

МИРЭА - Российский Технологический Университет
+7 (903) 663-09-21, kazakovpa@gmail.com

Рассмотрен принцип управления качеством путем применения всеобщего ухода за оборудованием для предотвращения случайных потерь. Отмечается, что спорадические потери - это основная, скрытая угроза при производстве серийных и опытных образцов высоконадежной техники.

Ключевые слова: бережливое производство, управление качеством, всеобщий уход за оборудованием, общая эффективность оборудования.

Total Productive Maintenance as an element of the quality management system. Kazakov P.A. MIREA - Russian Technological University.

The principle of the quality management is considered by applying the Total Productive Maintenance to prevent accidental losses. It is noted that sporadic losses are the main, hidden threat in the production of serial and prototypes of highly reliable equipment.

Key words: lean production, quality management, total productive maintenance, overall equipment effectiveness.

Введение

Наращивание темпов выпуска продукции требует новых подходов в организации технологических процессов производства, а также методов для измерения их результативности. Одной из наиболее эффективных концепций, позволяющих осуществить это на практике признается так называемое «Бережливое производство», суть которого наиболее всесторонне изложена в известной монографии [1]. В работах [2-3] приводятся некоторые результаты практического применения концепции. Данная статья посвящена подходу ТРМ (анг. Total Productive Maintenance) - Всеобщий уход за оборудованием, где улучшение производства осуществляется не путем наращивания производственных мощностей, а своевременным и качественным уходом за оборудованием. Цель данного системного подхода заключается в обеспечении эффективной работы оборудования, конвейерных линий, станков и установок. Бесперебойная работа оборудования позволяет устрани-

потери из операций и процессов, что делает ТРМ основой бережливого производства. Всеобщий уход за оборудованием подразумевает действия направленные на быстрое восстановление работоспособности оборудования, обеспечение оптимальных условий эксплуатации, улучшение функционирования связанных между собой комплексов оборудования, разработку нормативных документов эксплуатации, технического и технологического оборудования.

Для поддержания оборудования в исправном состоянии и обеспечения оптимальной производительности регулярного технического обслуживания недостаточно. В системе ТРМ предотвращением возможных потерь эффективности, возникающих из-за отказов устройств, коротких остановок, выпуска некачественного изделия, занимаются операторы. Операторы не только работают на оборудовании, но и следят за показателями для расчета ОЕЕ (анг. Overall Equipment Effectiveness), Общая эффективность оборудования). Регулярное фиксирование показателей позволяет осуществить расчет для мониторинга функциональности оборудования и процессов. Также регулярное фиксирование сведений о возникающих проблемах позволяют проводить прогноз в необходимости специализированного обслуживания определенных узлов и агрегатов, что в свою очередь приводит к сокращению возникновения случайных потерь.

Этапы внедрения всеобщего ухода за оборудованием

В конце 60- начале 70-х годов в японской фирме «Ниппон Дэнсо», разработана концепция ТРМ, которая плотно взаимосвязана с Производственной системой «Тойота» (анг. Toyota Production System - TPS). Концепция всеобщего ухода за оборудованием разрабатывалась как предупредительная мера предотвращения потерь, которая привела не только к увеличению производимой продукции, но и к повышению ее качества.

Развертывание политики ТРМ разделяется на восемь этапов:

1. Модернизация и реализация отдельных улучшений, направленных на улучшение качества обслуживания оборудования.
2. Организация ежедневного, самостоятельного, независимого обслуживания оборудования операторами.
3. Формирование план-графика диагностики оборудования, используя квалифицированный персонал (службу эксплуатации) в целях совмещения разного вида обслуживания.
4. Повышения квалификации работников.
5. Разработка и внедрение СМК для объединения процессов и служб в целях создания легкого в изготовлении продукта.
6. Разработка и внедрение СМК для поддержания качества продукции путем поддержания условий бесперебойной работы оборудования.
7. Оказание содействия производственным структурам других непроизводственных подразделений.
8. Создание благоприятной окружающей среды и безопасности условий труда.

Постоянное повышение качества – это основная задача системы менеджмента качества, которая достигается посредством использования цикла состоящего из: планирования, действия, анализа и корректировки включающие устранение причин несоответствий в производимой продукции. Основой политики СМК является создание у заказчика или потребителя уверенности, что возможность брака отсутствует за счет сертификации.

Как показывает практика зарубежных производств ТРМ – это надежный инструмент «Бережливого производства», в котором успех зависит в большей степени от вовлеченности в процесс всего персонала, а не только соответствующих служб по эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

Общая эффективность оборудования

Внедрение восьми этапов ТРМ является неотъемлемой частью на пути изготовления качественных изделий, так как при оценке показателей именно всеобщий уход за оборудованием затрагивает все три критерия при расчете ОЕЕ, а именно «Доступность», «Производительность» и «Качество». Показатель ОЕЕ отражает численную величину общих и отдельных потерь, то есть предполагает декомпозицию с возможным выявлением основных их причин. Общая эффективность оборудования рассчитывается по следующей формуле:

$$ОЕЕ = A * P * Q, \text{ где}$$

- A – Availability (“Доступность”),
P – Performance (“Производительность”),
Q – Quality (“Качество”).

Всеобщий уход за оборудованием позволяет предотвратить, а расчет общей эффективности оборудования рассчитать потери эффективности в управлении производственными мощностями.

Последовательное использование TPM и OEE позволяет выявить такие потери как простой из-за поломок, потери времени при:

- некорректных настройках оборудования;
- снижении производительности;
- остановке по причине несвоевременного поступления материалов;
- неэффективном использовании трудовых ресурсов;
- технологических ошибках подборов режимов обработки.

OEE – это объективная оценка влияния текущей производительности отдельной единицы оборудования на эффективность работы всего производственного процесса. Расчет общей эффективности оборудования позволяет принять решение о целесообразности инвестиций в технический парк.

Показатель «Доступность» анализирует потери на остановки DTL (анг. Down Time Loss) и рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{PPT - DTL}{POT - PSD}$$

, где

PPT – Planned Production Time (Планируемое производственное время),

DTL – Down Time Loss (“Потери на остановки”),

POT – Plant Operating Time (“Общее время работы предприятия”),

PSD – Planned Shut Down (Время плановых остановок).

Доступность включает в себя поломки, отказы единицы оборудования, остановки из-за дефицита или места хранения сырья, потерь времени при переналадке или переоснастке оборудования. Операции по переналадке можно разделить на внутренние и внешние. К внутренним операциям по переналадке относятся действия, которые могут быть выполнены только после остановки оборудования, а к внешним операциям по переналадке относятся действия, которые могут быть выполнены во время его работы. Основной задачей в сокращении времени переналадки оборудования является преобразование внутренних операций переналадки во внешние с последующей выработкой решений, позволяющих ликвидировать корректировки, калибровки, настройки, потери на подвоз материала, оснастки, приспособлений или инструмента.

Показатель «Производительность» учитывает потери в скорости SL (Speed Loss) и рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{ICT}{\frac{PPT - DTL}{TP}}$$

, где

ICT – Ideal Cycle Time (Теоретическое идеальное время);

TP – Total Pieces (Фактическое количество единиц)

Стоит отметить, что теоретическое идеальное время – это минимальное время для выпуска одной единицы продукции, а фактическое количество единиц – это фактическое количество единиц продукции за операционное OT (Operating Time), которое является разницей между планируемым производственным временем и потерями на остановки. Производительность включает в себя износ машин, использование несоответствующих, некачественных материалов, неэффективную работу оператора. Именно на данный показатель, всеобщий уход за оборудованием влияет в полной мере и показывает, насколько эффективно на предприятии внедрены восемь этапов его реализации. Повышение производительности достигается не только за счет правильной эксплуатации, но и грамотного технического обслуживания, которое достигается путем правильного ухода, систематических проверок и устранения мелких неисправностей.

Показатель «Качество» учитывает потери в качестве QL (Quality Loss) и рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{GP}{TP}, \text{ где}$$

GP – Good Pieces (Выпуск годной продукции).

Уровень качества является важным элементом при расчете OEE. Когда возникает дефект, это не только потери времени при повторной обработке изделия, но и потери энергии и материала. Исправление дефектной единицы дорого обходится, а также, если дефект скрытый, он может повлиять на репутацию предприятия. Управление качеством, ориентированное на достижения нуля дефектов включает в себя:

контроль у единицы оборудования, сплошной контроль, немедленное реагирование при выявлении дефектов и корректировку производственного процесса, устройства Пока-екэ (защита от ошибок). Система нуля дефектов – это система, которая предупреждает появление дефектов там, где возможно установить причины их возникновения. Качество должно обеспечиваться технологией, в связи с этим стоит обратить внимание на измерительное и контрольное оборудование при производстве продукции.

Для более эффективного расчета необходимо все полученные данные занести в таблицу, а эффективнее всего в компьютерную программу для интерактивного использования результатов вычислений. После получения первичных результатов стоит определить предельные значения и сформировать гипотезу возникновения отклонений, например, применив схему Исикавы. На данном этапе рекомендуется привлекать весь руководящий и исполнительный состав предприятия, т.к. первичные проблемы лежат на поверхности, а из-за неразвитой системы информирования не могут быть представлены в виде финансовых потерь.

Мировой стандарт «Доступности», «Производительности» и «Качества» соответствует 90%, 95% и 99% соответственно. Данный стандарт является также целью отечественных предприятий, внедряющих подход «Бережливого» производства на своих предприятиях.

Заключение

В целях поддержания постоянной удовлетворенности потребителя предприятия должны постоянно совершенствовать не только продукцию но и процессы протекающие в ней, поэтому объединение описанных в статье методов «Бережливого производства» позволят по новому на них взглянуть и оценить их эффективность. Концепции всеобщего ухода за оборудованием и общей эффективности необходимо внедрять последовательно путем вовлечения и обучения всего персонала предприятия. Восемь этапов реализации ТРМ формирует базис для последующего расчета ОЕЕ с целью отработки регламентов и требований системы менеджмента качества. При идеальных стечениях обстоятельств коэффициент простоя оборудование стремится к нулю. Тем не менее достижение максимальных скоростей при выполнении производственной операции с изделием составляет сложную проблему. Совершенствование всеобщего ухода за оборудованием и регулярное измерение общей эффективности позволит выявить закономерности и тенденции вызывающие проблемы, а также наблюдать за результатами действий по внесенным улучшениям.

Литература

1. Вумек Дж.П., Джонс Д.Т. Бережливое производство: как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс., 2011. – 473 с.
2. Гродзенский Я.С., Казаков П.А. Применение диаграммы Парето и схемы Исикавы для контроля производства печатных плат // Нелинейный мир, 2017, т. 15, №5, с. 22-25.
3. Гродзенский С.Я. Управление качеством. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Проспект, 2018. – 320с.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕСТ МИКРОСХЕМЫ ГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА

Карлин Н.И., Иванов И.А.*
ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, *РТУ МИРЭА
+7 (910) 445-71-72, karlin@cs.niisi.ras.ru

Статья посвящена функциональному тестированию микросхемы 1890VG5T разрабатываемой в НИИСИ РАН. Один из способов решения поставленной задачи является использование программных тестов, которые позволяют проводить отладку графического контроллера на ПЛИС, помогают выполнять проверку качества и отбраковку изделий в условиях серийного производства, упрощают поиск и локализацию неисправностей, а также испытания модулей в тепловой камере.

Ключевые слова: 1890VG5T, функциональное тестирование, PCI, JTAG, VME, удобства работы.

Functional test of graphics controller chip. Karlin N.I., Ivanov I.I.* FGU FNTS SRISR RAS, *RUT MIREA.

The article is devoted to functional testing of the chip 1890VG5T developed in SRISR RAS. One of the ways to solve this problem is the use of software tests that allow you to debug the graphics controller on the FPGA, help to perform quality control and rejection of products in batch production, simplify the search and localization of faults, as well as testing modules in the cold and heat chamber.

Keywords: 1890VG5T, functional testing, PCI, JTAG, VME, convenience of work.

Введение

В НИИСИ РАН были разработаны микросхемы графического контроллера 1890VG5T. Данные микросхемы используются в различных электронных модулях, процессорных и мезонинных. Производятся они серийно.

Эффективным методом проверки электронных модулей является выполнение программных тестов. Для графического контроллера был разработан функциональный тест.

Задачи для программного теста

Задача лабораторных исследований и испытаний модулей, которые имеют графический контроллер в своем составе, связана с подтверждением работает ли изделие перед запуском в серийное производство. А также обнаружение недостатков первых образцов серии с целью доработать их в дальнейшем.

Испытания имеют обширный ряд различных проверок режимов работы, таких как частота, разрешение, количество бит на пиксель. Качество изображения проверяется визуально. При обнаружении неисправности определяются и устраняются их причины [1].

Проверка при помощи JTAG самый распространенный метод. В серийном производстве модулей тесты применяются для контроля качества продукции. В отличии от тестов JTAG, функциональные тесты имеют ряд положительных отличий. Их работа выше по частоте и имеется возможность задавать режимы работы изделий, приближенные к реальным условиям эксплуатации.

Тесты, которые используют в серийном производстве, имеют ограничения на время прохождения. С помощью заранее известных ситуаций, в которых изделие будет работать в наиболее напряженном режиме, тесты проходят достаточно быстро. Время прохождения подобных тестов занимает порядка пяти минут, но наиболее точные результаты дает проверка совместно с тестами JTAG.

Прямой задачей испытаний является подтверждение, соответствует ли данное изделие требованиям ТЗ и ТУ. С точки зрения функциональных тестов все сводится к демонстрации работы модулей в режимах, указанных в документации. Испытания в температурной камере являются подтверждением работоспособности изделия в заданном диапазоне температур [2]. Необходимо помнить, что время прохождения тестов всегда ограничено, так как это упрощает проверку и снижает влияние разогрева.

Для наглядности работы графического контроллера реализован вывод на экран ряда изображений в формате «bmp», которые загружаются по сети.

Методы проверки функциональных узлов графического контроллера

Графический контроллер представляет собой сложную микросхему, разделенную на группы функциональных узлов. Проверяются следующие функциональные узлы:

- контроллер интерфейса шины PCI;
- контроллер интерфейса шины VME;
- программируемые генераторы синхросигналов;
- ускоритель графических операций X Window.

Контроллер PCI-VME осуществляет взаимодействие интерфейсов шин PCI и VME. Контроллер обеспечивает обмен данными между периферийными PCI-кристаллами и мастер - устройствами на шине VME, а также обмен между подчиненными VME-устройствами и процессорными кристаллами на шине PCI.

Контроллер выполняет следующие функции:

- интерфейс 32-разрядной 33МГц шины PCI;
- интерфейс 64-разрядной шины VME.

Основные функциональные блоки: инициатор, исполнитель, ведущий, ведомый, прерыватель, контроллер ПДП, запросчик, арбитр, прерыватель VME, обработчик прерываний.

Путем записи, чтения и проверки конфигурационных регистров шины PCI выполняется проверка контроллера интерфейса PCI. Выполняется специальный тест управляющих регистров - запись и поверка данных вида чередующихся единиц и нулей. Доступ к видео ОЗУ и управляющим регистрам микросхемы осуществляется через пространство памяти шины PCI. Они дополнительно проверяются тестами других функциональных узлов. Таким образом, подтверждается исправность контроллера интерфейса PCI.

Тесты, связанные с одиночными циклами чтения по шине PCI, не создают большой нагрузки на контроллер. Операции доступа к видеопамати происходят редко, всего раз в несколько циклов, что можно наблюдать на осциллографе.

Программируемые генераторы синхросигналов задают частоты для работы видеоконтроллера. Тест рассчитан на программирование пиксельных частот видеорежимов не более 1600x1200. Частота

работы с видео ОЗУ может быть выбрана из диапазона 65...125 МГц с шагом 1 МГц. Синтезатор частот использует опорный кварцевый генератор.

Внутри теста был применен иерархический принцип для объединения подпрограмм проверки отдельных контроллеров и аппаратных устройств в общий тест процессорных модулей. То есть, несколько программных модулей, проверяющих отдельные устройства, объединяются в общий тест процессорного модуля. Это позволяет объединять тесты отдельных устройств, гибко модифицировать тесты при внесении изменений в аппаратные средства. Для упрощения работы вызовы подпрограмм, «принадлежащих» к тестам других устройств не производится.

В интерфейсе VME контроллер выступает в качестве Ведомого при обращении к нему Ведущего VME. Размеры окон Ведомого (кроме №3) зафиксированы и не программируются. Окно №0 имеет размер 4Кб, окно №1 – 1Мб, окно №2 – 4Мб, окно №3 – 32Мб или 1Мб или 4Мб, окно №4 – 64Мб, окно №5 – 128Мб, окно №6 – 512Мб, окно №7 – 1Гб. Ведомый отвечает сигналом ошибки VBERR# при простом цикле, если:

- инициатор получил ‘Ошибка цикла’;
- инициатор выполнил ‘Ошибка цикла’.

Запросчик одноуровневый (используется только сигнал BR3#). Автоматически выполняет захват шины при поступлении запросов от: Исполнителя; Обработчика прерываний; Ведущего Чтение-Модификация-Запись. Поддерживается следующий автоматический режим освобождения шины: по выполнению.

Поддерживается режим освобождения линии запроса на прерывание в конце цикла подтверждения прерывания. Прерыватель программируется векторами прерываний Int7..1 на каждую линию запроса на прерывание в регистрах.

Тесты, в которых графический контроллер осуществляет чтение и запись видеопамати в режиме прямого доступа (DMA) выполняют обмен данными намного интенсивнее. Ускоритель графических операций X Window проверяется в ходе тестов механизма прямого доступа к памяти (DMA) порта данных и аппаратного ускорения графических операций.

Механизм прямого доступа к памяти (DMA) проверяется следующим образом. В ОЗУ процессорного модуля записывается массив данных, предназначенный для сравнения результатов, потом запускается DMA и заполняется область видеопамати данными, а далее производится сравнение данных, записанных в видео ОЗУ и контрольного массива. Когда завершается передача данных, контроллер ставит прерывание, которое в свою очередь проверяется тестом.

Тест порта данных очень прост. Запоминается первоначальная область видео ОЗУ, выполняется тест и сравниваются результаты. Последовательность заданий теста: копирует область с предварительно заполненными данными; копирует область с наложением функций; заливает область; заливает область и накладывает маску рисования; заливает область и накладывает маску рисования с функциями. Результат выводится на экран.

Суть проверки заключается в построении графических операций разными средами и дальнейшее сравнение полученных результатов, которые выдал графический контроллер.

Обеспечение универсальности теста

Графический контроллер является оригинальной разработкой у которого нет прямых аналогов за рубежом. Тест был разработан в НИИСИ на основе предварительной версии микросхемы, а также пробного образца.

Программа написана на языке Си. Она и использует функции, которые предоставляет ОС и соответствующие стандарту POSIX, а также функции, реализованные в пакете поддержки модуля. Благодаря тому, что тест получился универсальным, его можно применять к другим модулям, в которых есть различные процессоры [4].

Данная универсальность позволяет решать различные задачи на базе групп тестовых функций. Эти функции имеют формат вызова и возвращения результата. [3]. Благодаря этому, упрощается и облегчается написание управляющих частей тестов более высокого уровня, а также использование подпрограмм проверки отдельно взятых устройств сторонними разработчиками.

Меры по улучшению удобства работы с программным тестом

Удобство работы с данной программой имеет не малое значение, так как программа используется в условиях серийного производства. Тест на производстве требует минимум действий со стороны оператора, запускается он автоматически и в конце выводит результат в виде ответа исправно ли устройство.

Для того чтобы провести исследования и испытания в лаборатории необходимо выполнить ряд тестовых задач и исследовать как поведет себя графический контроллер в особых ситуациях. Одной из таких ситуаций является значительное увеличение частоты видео ОЗУ. Поэтому программу разделили на

несколько функций, чтобы облегчить их запуск и сделать действия этих функций логичными с точки зрения исследования микросхем. Также имеется возможность запуска отдельных тестов с разными данными оператора и в различных комбинациях. Что позволяет сократить время поиска сбоев, если известны условия их возникновения. Это необходимо для исследования при помощи осциллографа. Предусмотрена возможность вывода отладочных сообщений для получения более подробной информации о работе программы. Также внедрена функция подсказки оператору, которая выводится по общему тесту и по тестам отдельных аппаратных механизмов.

Заключение

В ходе проделанной работы, был создан функциональный тест, с помощью которого можно максимально эффективно решать задачу проверки модулей, в составе которых имеется графический контроллер 1890BG5T. Тест успешно используется в условиях серийного производства, а также при проведении температурных испытаний, лабораторных исследований и в ряде других задач.

Литература

1. Корниленко А.В. Высокопроизводительные графические: диссертация кандидата технических наук: 05.13.05 МИФИ – Москва, 2008.
2. Бобков С.Г., Грузинова Е.В., Слинкин Д.И. Исследование работы электронного модуля в условиях повышенной температуры. МИФИ, 2007. С. 102–117.
3. Грузинова Е.В., Слинкин Д.И. Функциональный тест процессорного модуля: МИФИ, 2008.
4. Международный стандарт ISO/IEC 9945-1: 1996(E) IEEE Std 1003.1, редакция 1996 года. / М.: Издание НИИСИ РАН, 1999.

ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДДЕРЖКИ ПОЛНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

Киров А.В.

Московский технологический университет (МИРЭА)

+7 (926) 027-47-07, glarbb@mail.ru

Доклад посвящен рассмотрению и анализу внедрения и применения систем управления жизненным циклом продукта PLM. Особое внимание уделяется одной из основных проблем - проблеме интеграции разнородных САПР в рамках одной PLM-системы.

Ключевые слова: информационные технологии, жизненный цикл изделия, автоматизированное проектирование, информационная поддержка.

Problems of integration of systems of automated design at the application of modern information technologies supporting the full life cycle of the products. Kirov A.V., Moscow Technological University (MIREA)

The report is devoted to the review and analysis of the implementation and application of PLM product lifecycle management systems. Particular attention is paid to one of the main problems - the problem of integration of heterogeneous CAD systems within a single PLM-system.

Key words: information technologies, product life cycle, computer-aided design, information support.

Современные высокотехнологичные оборонные производства находятся в условиях жесткой конкуренции, которая требует оптимизации затрат на разработку и производство новой продукции при обеспечении высокого ее качества. Уже сейчас на многих предприятиях оборонной промышленности задачи ускорения разработки изделий, повышения операционной эффективности, а также выполнения комплекса регулятивных норм сделали насущной необходимостью внедрение современных средств автоматизации ключевых процессов по созданию и выпуску продукции. Данный вопрос наиболее актуален в рамках применения современных информационных технологий при создании системы управления полным жизненным циклом изделия [1].

Отметим, что в последние годы к традиционным инструментам системам автоматизированного проектирования (далее - САПР) и автоматизации технологической подготовки производства добавились решения для централизованного управления инженерными данными (Product Data Management, PDM) и класс систем еще более широкого назначения – систем управления жизненным циклом изделия (Product Lifecycle Management, PLM) [2].

За последние 25 лет термин «Управление жизненным циклом продукта» (Product Lifecycle

Management) превратился в бизнес-подход к созданию, ведению и использованию интеллектуального капитала и информации, связанных с продуктом. Это бизнес-подход к управлению данными, которые формируются и применяются на всех этапах жизненного цикла: маркетинг, проектирование, разработка, подготовка и запуск производства, поставка, сервисное обслуживание [3].

Обобщенная структура этапов жизненного цикла изделия в концепции PLM представлена на рисунке 1.



Рисунок 1– Обобщенная структура этапов жизненного цикла изделия в концепции PLM

С технической точки зрения система PLM обеспечивает интеграцию всей информации об изделии в единой структуре на протяжении всего его жизненного цикла – от зарождения идеи до утилизации. Однако PLM не ограничивается только технологическим объединением данных из систем автоматизации разных этапов жизненного цикла. Подход и решения, реализованные в PLM-системах, направлены на упорядочение бизнес-процессов производства, объединение всех разрозненных подразделений, а также поставщиков и клиентов. PLM-систему можно рассматривать как информационную магистраль предприятия, ключевую роль в которой играют методики и технологические решения по выстраиванию его бизнес-процессов и интеграции в них других бизнес-систем [4].

В первую очередь PLM-системы призваны обеспечивать информационную поддержку процессам создания, производства и эксплуатации изделия, интегрируя решения по автоматизации проектирования, подготовке производства, инженерному анализу, организуя совместную работу проектировщиков и других участников разработки, обеспечивая автоматизацию потоков работ, визуализацию структуры изделия, управление изменениями и конфигурациями, документооборот в процессе работы над изделием. Эти ключевые составляющие PLM поставщики соответствующих решений дополняют сегодня функциями управления портфелем продукции, управления соответствием регулятивным нормам, интеграцией в процессы создания изделия подразделений маркетинга, продаж и послепродажного обслуживания, возможностями управления производством, средствами обеспечения качества и продуктовой аналитикой.

PLM – интеграционное решение, поэтому ключевые требования к платформе связаны с ее способностью объединить программные компоненты и внешние системы, решающие разнообразные задачи, так или иначе связанные с разработкой, выпуском, внедрением и эксплуатацией изделия, и, наконец, консолидировать всех участников соответствующих процессов, включая заказчиков, исполнителей и эксплуатирующие подразделения.

Структура задач, решаемых компонентами PLM-системы представлена на рисунке 2.

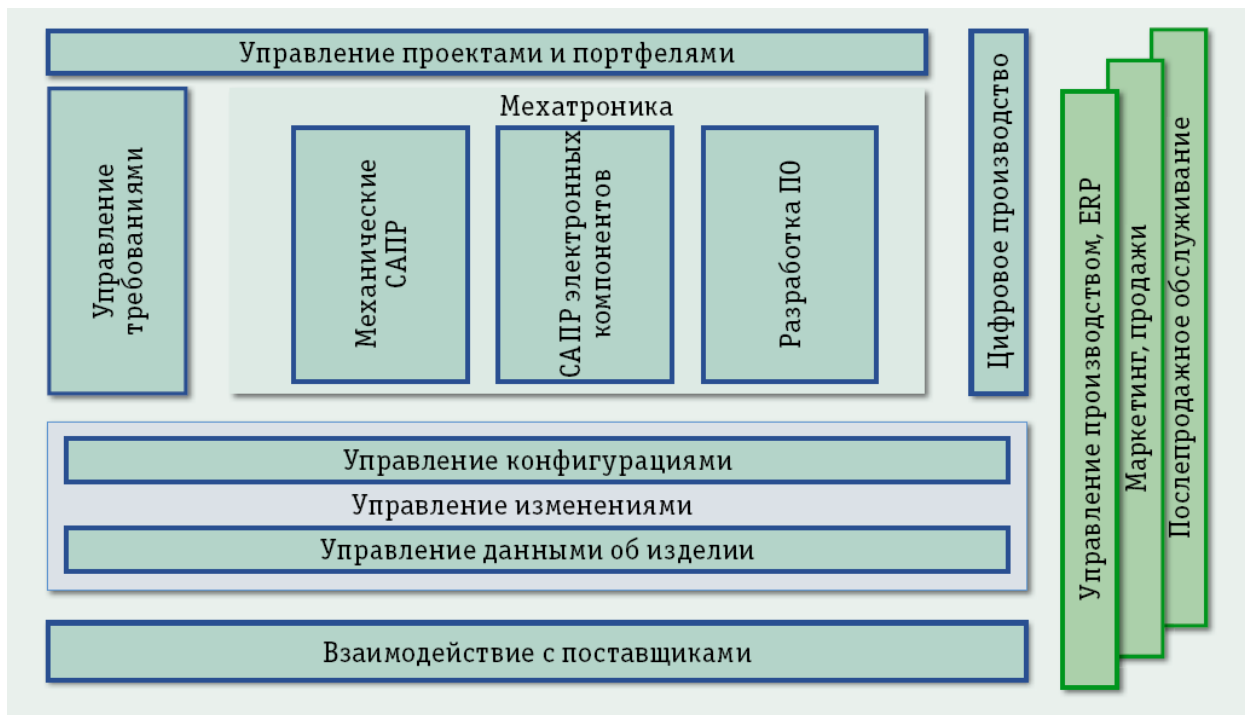


Рисунок 2 – Структура задач, решаемых компонентами PLM-системы

Сфера применения PLM-систем быстро расширяется, охватывая все больше областей, в которых обмен и целенаправленное использование интеллектуальных активов, связанных с изделием, обеспечивают существенное приращение скорости разработки, производства и внедрения, а также качества и ценности продукции. От сбора исходных требований, разработки концептуальной модели нового изделия до сервисного обслуживания, текущего ремонта изделий и момента их вывода из эксплуатации, использование информации, определяющей изделие, позволяет предприятиям производить продукцию с заданными характеристиками и гарантирует максимальные преимущества заказчикам и пользователям в работе с данной продукцией.

Можно выделить три основных этапа эволюции платформ управления жизненным циклом изделия. На каждом этапе появлялся новый блок возможностей PLM, не отменяя при этом функции, сложившиеся на предыдущем этапе:

1. Период 2000 - 2005 годы. Управление данными об изделии с поддержкой совместной работы:

- централизация инженерных данных;
- единое представление структуры продукта;
- визуализация и цифровая сборка;
- управление изменениями в инженерных данных;
- обеспечение безопасности и прав доступа.

2. Период 2005 - 2010 годы. Расширенные возможности управления жизненным циклом

изделия:

- управление проектами и портфелями;
- управление требованиями;
- обеспечение качества и соответствия регулятивным нормам;
- интеграция этапов поставки материалов, производства и постпродажного обслуживания;
- кроссфункциональные потоки работ.

3. Период с 2010 год по настоящее время. Социальная разработка продуктов:

- усовершенствования совместной работы в распределенных командах;
- новые идеи, решения проблем и обратная связь от внешних сообществ;
- интеграция новых сервисов в традиционные продуктовые предложения.

Как видно, содержательное наполнение PLM продолжает расширяться. Такого рода экспансия порождает новые возможности и открывает новые сферы, где потенциал связанного с изделием интеллектуального капитала реализуется в рамках расширенного предприятия. К перспективным задачам PLM-систем можно отнести:

- управление процессом формирования идей;
- цифровое производство;

- анализ и управление моделированием;
- послепродажное обслуживание, включая техобслуживание, ремонт и эксплуатацию, программы гарантийного обслуживания;
- управление исходными требованиями;
- управление портфельными активами;
- управление портфелем программ;
- управление портфелем продукции;
- управление активами в дискретном производстве;
- мехатроника (управление интеграцией электронных устройств и программного обеспечения);
- проектирование систем;
- управление техническими характеристиками;
- управление соответствиями.

Проведенный анализ показывает, что на данный момент существует три основные проблемы при внедрении PLM:

1. Проблемы интеграции разнородных САПР в рамках одной PLM-системы
2. Проблемы обеспечения доступа к информации
3. Проблемы интеграции PLM-систем с внедренными информационными системами

В рамках данной работы рассмотрим первую проблему.

Вовлечение в процессы разработки изделий не только внутренних ресурсов предприятия, но и ресурсов соисполнителей, определяет потребность головного предприятия управлять данными различных систем автоматизированного проектирования в рамках единой автоматизированной системы управления жизненным циклом продукции. К этому приводит не только необходимость интегрировать внешних участников, но и, зачастую, объединение географически распределенных коллективов разработчиков или интеграция разных систем при слияниях организаций.

В PLM-среде с неоднородными САПР необходимо автоматизировать процесс формирования единой структуры изделия независимо от того, из каких систем проектирования поступает информация, формирующая эту структуру. Система должна обеспечивать визуализацию сборки изделия, объединяющую компоненты, созданные в разных САПР, и гарантировать синхронизацию изменений в структуре изделия с гетерогенными системами проектирования.

В настоящее время задача поддержки разнородных САПР усложняется из-за применения во все более компактных механических компонентах изделия сложной электронной и программной начинки, разработка которой автоматизируется с помощью специальных средств – САПР для электронных компонентов и инструментария разработки встроенного программного обеспечения. Для того, чтобы упростить и повысить эффективность проектирования таких компонентов, ведущие поставщики САПР/PLM стремятся объединить в единой среде коллективы и инструментальные средства системной и программной инженерии. Задача такого интегрированного подхода, для обозначения которого используется термин «мехатроника», состоит в том, чтобы отразить в единой структуре изделия представление и синхронизацию изменений не только механических деталей, но и их электронных и программных компонентов, отслеживать влияние изменений версий встроенного программного обеспечения на механические компоненты и т.д.

В конце необходимо отметить, что наличие встроенной электронной и программной «начинки» в современных изделиях во многом определяет их успех, поэтому важность реализации мехатроники в рамках PLM-платформы для организаций оборонно-промышленного комплекса, работающих в рамках исполнения государственного оборонного заказа трудно переоценить. Это новое направление развития PLM, и в качестве примера программного продукта уже реализующего данный подход можно привести продукт Mechatronics Concept Designer компании Siemens PLM Software, позволяющий комбинировать проектирование, моделирование и анализ механических компонентов, электрики и встроенного программного обеспечения в рамках одной мультидисциплинарной среды. В этом продукте были объединены усилия разработчиков PLM-решений и специалистов подразделений «большого» Siemens, имеющих богатый опыт системной инженерии.

Литература

1. Киров А.В. Основные аспекты определения облика системы управления полным жизненным циклом изделия // *Фундаментальные исследования*, №9, часть 1, 2016 - с. 31-34.
2. Бочкарев С.В. Автоматизация управления жизненным циклом электротехнической продукции: учеб. пособие / С. В. Бочкарев, А. В. Петроченков, А. В. Ромодин. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 365 с.
3. Бакаев В.В., Судов Е.В., Гомозов В.А. Информационное обеспечение, поддержка и сопровождение жизненного цикла изделия. – М.: Машиностроение-1, 2005. – 624 с.

4. Киров А.В., Фурсов С.А. Применение информационных технологий, как одно из основных направлений повышения качества изделий радиоэлектроники. Материалы Международной научно-технической конференции INTERMATIC – 2015, М.: МИРЭА, 2015, ч. 1 – с. 201-204.

СЕТЕВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Коковин В.А., *Увайсов С.У.

Университет «Дубна», Филиал «Протвино» г. Протвино, *РТУ-МИРЭА г. Москва
+7(985) 979-96-77, kokovin@uni-protvino.ru, +7 (499) 215-65-65, uvaysov@yandex.ru

В статье обсуждаются проблемы сетевого взаимодействия мехатронных устройств, рассматриваются аппаратные и программные решения. Мехатронные устройства представлены как участники сети *IoRT*, входящие в распределенные технологические установки. В статье приведен анализ использования языков программирования *ZeroMG* и *Python* для роботизированных устройств.

Ключевые слова: мехатронные устройства, распределенные технологические системы, *IoRT*, *ZeroMG*, *Python*, *FPGA*, системы управления

Network Interaction of Mechatronic Devices in Distributed Technological Systems. *Kokovin V.A., **Uvaysov S.U., *State University “Dubna”, branch “Protvino”, **Russian Technological University (MTU-MIREA).

The article discusses the problems of network interaction of mechatronic devices, considers hardware and software solutions. Mechatronic devices are represented as participants in the *IoRT* network and included in distributed process units. The article analyzes the use of *ZeroMG* and *Python* programming languages for robotic devices

Keywords: mechatronic devices, distributed technological systems, *IoRT*, *ZeroMG*, *Python*, *FPGA*, control systems.

Введение

Бурное развитие микроэлектроники в последние годы позволило создать недорогие компактные высокопроизводительные вычислители с малым потреблением энергии и большим набором сетевых интерфейсов. Широкое внедрение этих вычислителей в бытовую и промышленную технику дало возможность объединять устройства в сетевые кластеры. Каждый вычислитель мог выполнять сбор информации с помощью датчиков (в рамках задачи устройства, в которое вычислитель был встроен) и обмениваться этой информацией с другими вычислителями без вмешательства человека. На основе этого подхода появилась технология *M2M (Machine-to-Machine)* [1], обеспечивающая сетевое взаимодействие различных устройств в таких отраслях как охранная деятельность, системы позиционирования транспортных средств, здравоохранение и т.д. При решении данных задач используются как стационарные (проводные и беспроводные), так и мобильные сети.

За последнее десятилетие в разработке сетевых приложений появилось направление, названное интернетом вещей (*Internet of Things - IoT*), которое представляет собой распределенную систему компактных встроенных приложений, объединенных беспроводными или проводными сетями [2]. На рынке представлено большое количество недорогих компактных вычислителей, полностью отвечающих требованиям технологии *IoT*. Участие в разработке системного программного обеспечения для задач *IoT* такого гиганта как *Microsoft* (операционная система *Windows 10 IoT*) [3] говорит о перспективности данного направления.

Сегодня на основе *IoT* успешно развивается новое направление, которое с помощью сетевых технологий объединяет роботов или роботизированные устройства. Это направление, названное Интернетом Роботизированных Вещей (*Internet of Robotic Things - IoRT*), нацелено на реализацию робототехнических технологий, путем расширения функциональности устройств *IoT*. В работе [4] представлена концепция *IoRT*, в которой подчеркивается огромная гибкость при разработке и внедрении новых приложений для сетевой робототехники для достижения цели предоставления распределенных вычислительных ресурсов в качестве основной утилиты. Роботизированные устройства могут отслеживать события, собирать данные с разнообразных датчиков из различных источников и использовать интеллектуальные возможности своих вычислителей для определения оптимальных действий. Выполнив оптимизацию по заданным критериям, такие устройства могут манипулировать объектами физического мира и их контролировать, а также при необходимости перемещаться в реальном мире. Таким образом, устройства *IoRT* могут контактировать с физическим миром в отличие от

устройств *IoT*. В составе узлов *IoRT*, как правило, присутствуют мехатронные устройства, либо мехатронные системы.

Распределенные технологические системы

Автоматизации технологических процессов больших промышленных или научных комплексов, когда существует большая территориальная и алгоритмическая распределенность, связана с разработкой сетевых систем для обеспечения взаимодействия отдельных технологических установок. Как правило, в качестве такой сетевой системы выступает телекоммуникационная система [5]. В общем случае каждая установка реализует свою часть заданного алгоритма, функционируя в автономном режиме, после чего передает результаты другим установкам. В качестве результата выполнения могут выступать информационные данные, материалы, изделия и т.д. По таким технологиям работает большинство промышленных комплексов. Другой случай – когда результат работы распределенной автоматизированной системы создается большинством технологических подсистем совместно в реальном времени и при этом технологические процессы взаимосвязаны по алгоритмам.

Примером таких взаимосвязанных технологических процессов (ВТП) могут служить подсистемы прокатного стана непрерывной прокатки труб. Основная особенность технологического процесса непрерывной прокатки – это взаимосвязь отдельных клетей (систем прокатных валков) непрерывного стана через прокатываемую трубу с соблюдением равенства объема металла, проходящего через каждую клетку в единицу времени.

Другим примером ВТП могут служить технологические подсистемы циклического ускорителя заряженных частиц. Каждый ускоритель оснащен определенными средствами таймирования, которые необходимы для обеспечения режима реального времени систем управления и синхронизации технологических процессов на ускорителе. Технологические процессы отдельных подсистем являются взаимосвязанными с точки зрения решения главной задачи – получения устойчивого пучка заряженных частиц с заданными параметрами.

И в том, и в другом случае технологические подсистемы содержат мехатронные устройства или мехатронные системы.

Мехатронные устройства

В настоящее время трудно найти какую-нибудь отрасль промышленности не использующую мехатронные устройства или системы. Мехатронные устройства (*mechatronic devices - MD*) можно определить как устройства, в которых сочетаются узлы точной механики с электронными управляющими, интерфейсными и силовыми модулями. Такое сочетание приводит к реализации новых свойств этого устройства в плане создания дополнительных функциональных возможностей. При этом все узлы мехатронных устройств подчинены решению общей для всех узлов задачи.

Наиболее широко *MD* используются в тех отраслях, где требуется точное позиционирование исполнительных механизмов, быстрая реакция вычислителей на внешние и внутренние события, повышенная надежность и ограниченные массогабаритные параметры этих устройств. Все эти характеристики наиболее востребованы при разработке робототехнических устройств.

Рассмотрим структуру типового *MD*. На рис.1 представлена структурная схема мехатронного устройства и показаны информационные и управляющие потоки отдельных составляющих *MD*.

На этом рисунке представлены следующие основные функциональные блоки *MD*:

- **Сетевые интерфейсы** – блок интерфейсов для связи с другими *MD* и организации сетевых взаимодействий в распределенных технологических системах.
- **HMI** – (*Human Machine Interface*) человек-машинный интерфейс. Может не использоваться в *MD*.
- **Блок обработки информации (вычислитель)** – обработка информации от датчиков, коммуникационных сообщений от сетевых устройств и данных от *HMI* (если используется).
- **Блок управления** – формирование управляющих сигналов для приводов. Блок обработки информации и блок управления могут совмещаться на платформе вычислителя.
- **Датчики** – набор сенсорных устройств для контроля параметров технологического процесса.
- **Приводы** – преобразователи управляющих сигналов в заданную работу исполнительных механизмов для воздействия на технологический процесс.

Мехатронные модули могут быть интегрированы в мехатронные системы для выполнения определенных задач. Хорошим примером интеграции может служить мехатронная система робота (роботизированной системы), имеющего в своем составе набор мехатронных устройств, объединенных пространственно и функционально для решения задач перемещения, захвата предметов и т.д.

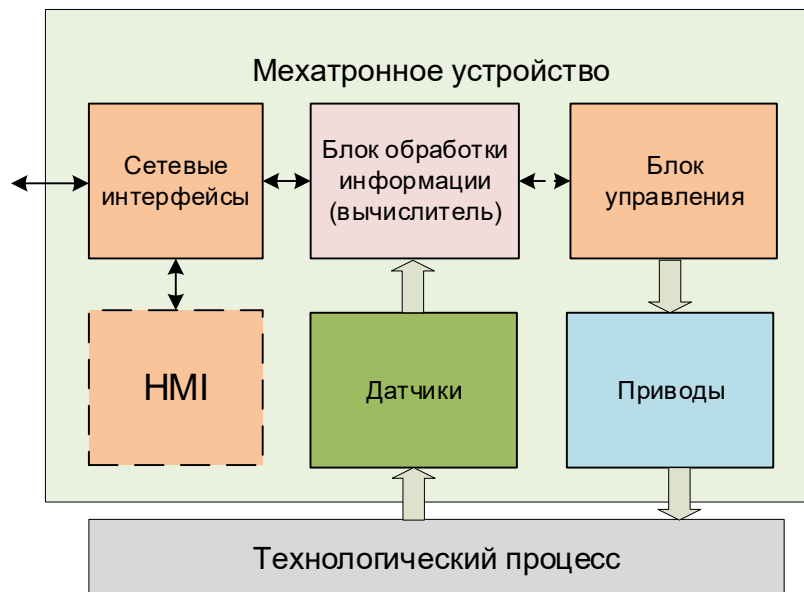


Рис.1 Структурная схема MD

Сетевое взаимодействие мехатронных устройств

Мехатронные устройства и системы, как правило, используются в условиях больших электромагнитных помех от технологического оборудования и внешних возмущений. Поэтому, для достоверности передаваемых данных и для повышения общей надежности систем, необходимо использовать на сигнальном уровне при передаче *событий* и *сообщений* специальную кодировку. В работе [6] были рассмотрены способы помехозащищенного кодирования событий и сообщений, которыми обмениваются мехатронные устройства. Хороших результатов показало DS-кодирование (*Data-Strobe coding*) [7], с сигнальным уровнем LVDS [8]. LVDS - уровни имеют высокую помехозащищенность и энергоэффективность. Кроме того, DS-кодирование обладает свойством самосинхронизации, что важно при согласовании сетевых взаимодействий различных мехатронных устройств пространственно распределенных на различные расстояния друг от друга.

В работе [6] проанализированы различные полевые сетевые решения (fieldbus) для организации взаимодействий MD. Для больших расстояний используются Ethernet-решения, такие как SERCOS III (*Serial Real-time COmmunication System*) [9], POWERLINK (*Ethernet POWERLINK Standardization Group*) [10]. На коротких дистанциях хорошей альтернативой Ethernet-решениям может выступать стандарт IEEE-1355 [11], предназначенный для соединения гетерогенных сетевых устройств.

Конфигурация сети во многом определяется решаемыми задачами и составом оборудования. Формат *сообщения* определяется числом MD и объемом передаваемой информации. В [6] проведен анализ различной конфигурации сетевых решений для взаимодействия MD с централизованным и распределенным управлением. Рассмотрены достоинства и недостатки различных конфигураций. При централизованном управлении может быть параллельная, последовательная или комбинированная сетевые структуры. Параллельная битовая сеть служит для передачи *событий* и/или *сообщений* от сенсоров (например, от концевых выключателей) на центральное вычислительное устройство (ЦВУ), в качестве которого может быть использован программируемый логический контроллер (ПЛК), и управляющих сигналов от ПЛК на вычислители MD. При этом организуются независимые *линки* (наборы сигналов) на каждый вычислитель. Недостатком такой конфигурации является большие затраты на сеть и отсутствие контроля получения *событий*. Последовательная сеть формируется с помощью одного дуплексного DS-линка, при этом *сообщения* передаются от одного MD к другому. *Сообщения* последовательно поступают от ЦВУ на вычислители MD, а затем возвращаются для контроля в ЦВУ.

При распределенном управлении MD алгоритм решения задачи распределен по отдельным MD. В этом случае может быть два типа конфигурации сети: линейная и кольцевая.

При линейной конфигурации доступ к сети осуществляется случайным образом и возможны коллизии, что увеличивает время передачи и приводит к недетерминированности. При кольцевой конфигурации распределенной сети сохраняются все преимущества, описанные выше для централизованной кольцевой сети. Отличие заключается в том, что вычислитель каждого MD может являться инициатором передачи сообщения MD, адрес которого будет указан в *сообщении*.

Для большой территориальной распределенности мехатронных систем предпочтительной является кольцевая конфигурация сети, с возможными оптическими сегментами. Для повышения надежности передачи информации и достоверности *сообщений* необходимо применять специальное

кодирование сигналов, которое повысит помехозащищенность. В случае реализации вычислителей *MD* на *FPGA (Field-Programmable Gate Array)*, можно использовать встроенные диагностические порты [12], которые в реальном времени смогут контролировать обработку алгоритмов технологической задачи.

Языки программирования робототехнических устройств

В распределенных технологических установках работа мехатронных устройств подчинена алгоритму решения задачи данной установки. Поэтому каждый *MD* в сети представляет собой асинхронное устройство по отношению к другим. Как было сказано выше, мехатронные модули могут быть интегрированы в мехатронные системы. В этом случае они могут управляться от ЦВУ с синхронным обменом сообщениями, но при распределенном управлении требуется асинхронный обмен.

Исходя из потребностей асинхронного обмена между *MD* были разработаны языки программирования или даже системы поддержки, позволяющие организовать быстрый асинхронный обмен сообщениями между приложениями и при этом сетевое взаимодействие организовано через новый уровень сетевого стека, который может использоваться в качестве транспорта TCP, PGM, IPC и т.д. Ярким примером такого решения является *ZeroMQ* [13], которое представляет собой библиотеку обмена сообщениями (*Messaging Queue, MQ*), позволяющая создавать сложные коммуникационные решения. В *ZeroMQ* реализована децентрализованная схема обмена сообщениями. Это, в комбинации с высокой производительностью, дает возможность построения распределенных систем любой сложности. К основным возможностям и достоинствам *ZeroMQ* можно отнести:

- высокую производительность;
- масштабируемость;
- возможность обработки событий;
- механизмы интерактивного взаимодействия, типа "запрос-ответ";
- механизм "издатель/подписчик" сообщений (publish/subscribe);
- механизм потокового обмена сообщениями.

Проверка производительности обмена сообщениями показала малую задержку с достаточно большим объемом передаваемого сообщения. На рис.2 представлен результат теста передачи сообщения на 10Gb *Ethernet* [14]. Сообщениями обменивались два устройства (Box1 и Box2). В состав Box1 входили следующие компоненты: 8-core *AMD Opteron 8356*, 2.3 GHz *Mellanox ConnectX MT25408* в 10Gb моде. В состав Box2: 8-core *Intel Xeon E5440*, *Mellanox ConnectX MT25408* в 10Gb моде. И в том и в другом устройстве была операционная система *Linux/Debian 4.0 (kernel version 2.6.24.7)* и *ZeroMQ version 0.3.1*

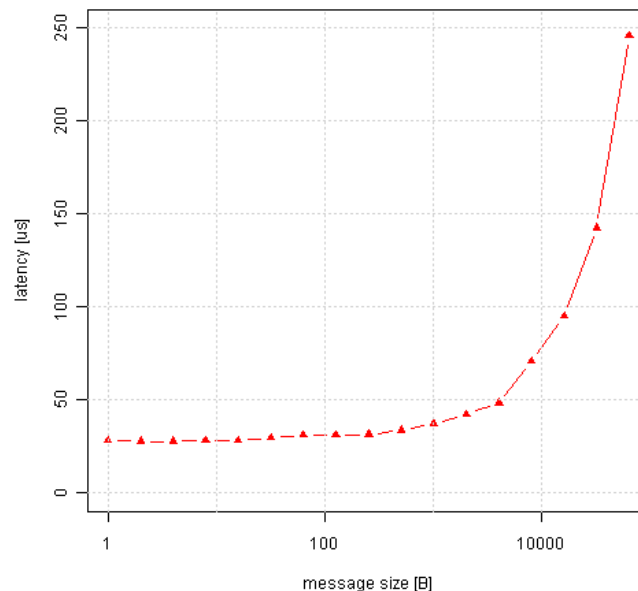


Рис.2 Результат тестирования обмена сообщениями между двумя устройствами Box1 и Box2

Еще одним достоинством *ZeroMQ* является наличие интерфейсов к практически любому языку программирования [13].

Другим широко используемым языком программирования для мехатронных устройств является язык *Python*. *Python* является языком общего назначения, поэтому может применяться практически в любой области разработки ПО (standalone, клиент-сервер, Web-приложения) и в любой предметной области. Достоинством *Python* является то, что этот язык достаточно просто интегрируется с уже существующими компонентами, что позволяет добавлять *Python* в уже написанные приложения. Язык

Python поддерживает объектно-ориентированное программирование и имеет богатую библиотеку модулей. Язык *Python* поддерживает связь с *ZeroMQ* через библиотеки, например, *PyZMQ* [15].

Заключение

Необходимо отметить, что основная тенденция в развитии мехатронных модулей заключается в интеллектуализации вычислителей, возможности поддерживать сетевые децентрализованные коммуникации, работать по проводным и беспроводным сетям. Бурное развитие языков программирования с высоким уровнем абстракции, дает возможность разрабатывать приложения с компактным кодом и высокой функциональностью.

Литература

1. Kim J, Lee J, Kim J, et al. M2M Service Platforms: Survey, Issues, and Enabling Technologies. *IEEE Commun Surv Tutor* 2014, 16(1), pp. 61–76.
2. I. G. Smith, The Internet of Things 2012: New Horizons. Halifax
3. <https://developer.microsoft.com/ru-ru/windows/iot>
4. P. P. Ray, "Internet of robotic things: Concept, technologies, and challenges," *IEEEAccess* (2016), vol. 4, pp. 9489–9500.
5. Коковин В.А. Особенности построения телекоммуникационной системы для управления взаимосвязанными технологическими процессами. Современное состояние и перспективы развития технических наук: Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа: Аэтерна, 2015. С. 56-59
6. Valery A. Kokovin, Alexander A. Evsikov, Event-Related Interaction of Mechatronic Modules in Distributed Technological Installations, (2018) *International Review of Mechanical Engineering (IREME)*, Vol 12, No 5, pp. 415-419. DOI: <https://doi.org/10.15866/ireme.v12i5.14584>
7. IEEE 1394-1995. IEEE Standard for a High Performance Serial Bus. – IEEE, 1995
8. ANSI/TIA/EIA-644-1995. Electrical Characteristics of Low Voltage Differential Signaling (LVDS) Interface Circuits, 1995
9. [http://www.sercos.org/\(accessed December 1, 2017\)](http://www.sercos.org/(accessed December 1, 2017))
10. <https://www.ethernet-powerlink.org/>
11. IEEE Computer Society, "IEEE Standard for Heterogeneous Interconnect (HIC) (Low-Cost, Low-Latency Scalable Serial Interconnect for Parallel System Construction)", *IEEE Standard 1355 - 1995*, IEEE, June 1996.
12. V. Kokovin, S. Uvaysov, "Diagnostic port for scanning the selected objects in the electronic means on FPGA", *Kontrol'. Diagnostika, Izdat. dom "Spektr"*. 2015. № 12. pp. 54 – 59 DOI: 10.14489/td.2015.12.pp.054-059 (rus/)
13. <http://zeromq.org/>
14. <http://zeromq.org/results:10gbe-tests-v031>
15. <https://github.com/zeromq/pyzmq>

О ПРИМЕНЕНИИ СТАНДАРТА ISO 9001 НА ВЬЕТНАМСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Гродзенский С.Я., Фам Ван Ты
Москва, МИРЭА - Российский технологический университет

Рассмотрены характерные трудности, с которыми столкнулись многие производственные предприятия во Вьетнаме при попытке построить систему управления качеством. Рассмотрены возможные пути преодоления отмеченных проблем.

Ключевые слова: качество, система менеджмента качества, TQM, Вьетнамское производственное предприятие

On the application of ISO 9001 standard at Vietnamese enterprises. Grodzenskiy S.Ya., Pham Van Tu., MIREA – Russian Technological University

Many manufacturing enterprises in Vietnam have tried to apply the quality management system, but faced the difficulties that are discussed in the article. Measures are proposed to improve the quality management system in Vietnamese enterprises.

Keywords: quality, quality management system, TQM, Vietnamese manufacturing enterprise

В современном высококонкурентном мире потребители предъявляют всё возрастающие требования к своим поставщикам, отдавая предпочтение тем, кто способен подтвердить соответствие современным требованиям. При этом одним из наиболее убедительных способов доказательства этого принято считать сертификацию по стандартам серии ИСО 9000 [1]. Серия стандартов ИСО 9000 затрагивает различные аспекты управления качеством. Стандарты содержат рекомендации и инструментарий для компаний и организаций, которые хотят, чтобы их продукция и услуги отвечали требованиям заказчика, а качество постоянно улучшалось.

ИСО 9001:2015 устанавливает критерии системы менеджмента качества и является единственным стандартом серии, по которому возможно осуществлять сертификацию (хотя это не является обязательным требованием). Он может быть использован любой организацией вне зависимости от сферы деятельности. К настоящему времени свыше миллиона компаний более, чем в 170 странах мира прошли сертификацию по ИСО 9001. Это – международный стандарт систем менеджмента качества, устанавливающий рамочные требования для управления процессами, определяющими качество.

Хотя со времени выхода первой редакции стандарта в 1987 г. прошло тридцать лет, вышло несколько редакций, заметим, что основные принципы остались неизменными. Эти принципы характеризуют существо концепции TQM – Total Quality Management («Всеобщее управление на основе качества»). ISO 9001 основан на основополагающих принципах менеджмента качества: ориентация на потребителя, лидерство руководителя, вовлечение персонала, процессный подход, системный подход к менеджменту, постоянное улучшение, принятие решений на основе фактов, взаимовыгодные отношения с поставщиками.

Несмотря на вышесказанное, трудно отделаться от вопроса: Зачем нужна сертификация по ISO 9001? Формальный ответ легко находится: применение ИСО 9001:2015 гарантирует, что клиенты получают высококачественные товары и услуги, которые в свою очередь способствуют получению прибыли компаниями.

Добавим к формальному ответу, что если предприятие выполняет государственный заказ, участвует в тендерах, выполняет заказы для военно-промышленного комплекса, то наличие такого документа, как сертификат ИСО, является обязательным. Компании-экспортеры, которые имеют сертификат ИСО, получают право увеличивать цены на закупочную продукцию, таким образом, значительно повышая объемы продаж. Такая выгода чаще всего используется машиностроительными и приборостроительными предприятиями, а также металлургическими заводами. Сертификация ИСО имеет основной плюс, который заключается в прозрачности и точности управления всеми процессами производства и управления, существенным образом сокращая непродуктивные расходы.

Получение сертификатов ИСО происходит в органах сертификации, которые состоят на аккредитации Госстандарта. Эти центры находятся во многих городах Социалистической республики Вьетнам. В настоящее время Вьетнам одно из наиболее динамично развивающихся государств Юго-Восточной Азии. С начала 2000-х гг. за этой страной в международном сообществе закрепился статус надежного торгового партнера. В результате в 2006 г. Вьетнам присоединился к Всемирной торговой организации (ВТО).

В работах [2, 3] дается обзор систем оценки соответствия и контроля качества ряда государств Азии, являющихся членами Всемирной торговой организации (ВТО), – Китая, Индии, Сингапура и Южной Кореи. Отмечается, несмотря на своеобразие национальных систем оценки соответствия, в каждой из стран введение обязательной оценки соответствия осуществляется на основании законодательных актов. Требования к продукции устанавливаются специальными стандартами, которые фактически играют роль технических регламентов. И перечисленным странам при вступлении в ВТО не пришлось трансформировать собственные системы стандартизации.

Были предприняты попытки сертификации системы менеджмента качества на ряде вьетнамских предприятий. В последние годы число сертифицированных по стандарту ИСО 9001 предприятий увеличилось. По данным на 2015 г. в стране насчитывается более чем 25000 предприятий сертифицированных по ИСО, и около 1000 предприятий строят соответствующую систему менеджмента качества (СМК) [4]. Однако, по результатам опроса ряда производственных предприятий, они применили стандарт ИСО 9001 в консультационных компаниях по дизайну и сам процесс применения был затруднен.

Экономическая ситуация и рынок во Вьетнаме необычны и своеобразны, поэтому трудно напрямую использовать зарубежный опыт и методы рыночной экономики. В повседневной жизни жители как потребители весьма чувствительно и критично относимся к качеству любого продукта. Но на предприятии все, от директора до рабочего, резко меняют отношение к качеству производимой продукции. Практический менеджмент на многих вьетнамских предприятиях и основополагающие принципы как TQM, так и ИСО 9001 несовместимы, и отторжение стандартов проходит под самыми различными предложениями.

Для большинства вьетнамских предприятий создание системы качества сейчас ассоциируется с ее сертификацией по стандартам ИСО серии 9001. Непосредственные побудительные мотивы к этому могут быть разными, например:

- требования потребителей при заключении контрактов (договоров);
- стремление повысить конкурентоспособность продукции;
- необходимость соответствовать условиям участия в тендерах, конкурсах и прочих подобных мероприятиях, которые могут закончиться контрактом и служат рекламой предприятию;
- условие получения государственного заказа, льготного кредитования или страхования;

В результате анализа накопленного во Вьетнаме опыта можно обозначить следующие четыре барьера, препятствующие получению осязаемого результата от работы по внедрению ИСО 9001 на отечественных предприятиях.

1. Страх обновления. Многие предприятия опасаются, что применение новых и совершенно незнакомых стандартов потребует слишком много временных и материальных ресурсов и предпочитают довольствоваться тем, что есть.

Заметим, что эту трудность можно устранить сразу и навсегда, принимая участие в курсах управления качеством или нанимая профессиональных консультантов по ИСО 9001, и используя богатый опыт применения стандарта ISO 9001 в других странах, в том числе расположенных в Юго-Восточной Азии [5-9].

2. Отсутствие привычки планомерно выполнять работы, соблюдать все предписанные стандартом ИСО 9001 процедур. Помимо этого считается трудоемкой систематическая запись результатов работы. Это приводит к тому, что сравнение и оценка системного статуса предприятия со стандартами ИСО 9001 недостаточно объективна.

Помимо отсутствия привычки к документированию производственных процессов и процедур сказывается и отсутствие системы базового образования и непрерывного повышения знаний в области качества (начинает формироваться, но поколение сегодняшних активных предпринимателей не было охвачено системой образования).

3. Не уделяется достаточно внимания роли лидера. Отсутствие знаний о роли и пользе сертификации системы качества при реализации продукции на рынки зарубежных стран.

Процесс применения стандарта ISO 9001 дает благоприятные шансы руководству проанализировать результаты работы и при необходимости реорганизоваться. Поэтому для выполнения этих работ руководители каждого предприятия должны вкладывать свое время и усилия, чтобы четко распределять ответственность и полномочия каждой должности и координацию между отделами, делегируя сотруднику или отделу.

4. Ориентация исключительно на технические улучшения.

К настоящему времени многим работникам еще свойственно весьма узкое восприятие того, что же оказывает влияние на качество. При этом превалирует мнение, что только на стадии производства формируется качество выпускаемой продукции.

Вышеизложенное определяет четыре общих причины трудной ситуации применения ИСО 9001 во Вьетнаме. Отметим частные причины, связанные со спецификой применения стандартов серии ИСО 9001 на вьетнамских производственных предприятиях:

- отсутствие конкретных требований к содержанию системы контроля над расходами на качество. Иными словами, не рассматривается и не отслеживается эффективность внедрения системы качества;
- недостаточно внимания уделяется так называемым «общечеловеческим ценностям» - экологии, социальному климату;
- отсутствие жесткого требования к сертификации всех комплектующих, поступающих на производство.

Главной проблемой потребителя является качество продуктов и услуг. Множество факторов влияют на показатели качества продуктов и услуг. Невольно возникает вопрос: является ли сертификат по ИСО достаточным для оценки качества продукта и услуги? Общим заблуждением потребителей является то, что они исходят из наличия или отсутствия у предприятия-производителя сертификата качества. При этом, как правило, предполагается, что наличие документа гарантирует высокое качество. Однако в реальности ситуация более сложная. И совершенно очевидно, что сам по себе сертификат, даже полученный по самому солидному стандарту не может служить оценкой окончательного качества продукта.

Помимо производственного процесса и технологии качество продукции также зависит от многих факторов, таких как сырье, техника, технология ... и, что более важно, человеческий фактор. Тем не менее, многие люди теперь оценивают качество только через процесс и технологию производства, Но не

интересует источник материалов, профессионал, который делает продукт или услугу. Хороший продукт или услуга требует идеального сочетания факторов, а не только процессов и технологий.

Чтобы оценить качество продукции и услуг, новейшие инструменты управления качеством, например, бенчмаркинг. Справочная информация от производителя, из социального комментария, от нескольких человек, использующих этот продукт – эти источники недостаточно надежны, чтобы подтвердить качество продукции и услуг. Информация от производителя подчас носит рекламный характер и также не является объективной. Комментарии в социальной сети также недостаточно объективны, потому что связано с различными субъективными факторами, например зависят арендаторов.

Чтобы преодолеть эти и иные препятствия необходимо повышать уровень знаний руководителей и специалистов, пробуждая у них интерес к современным методам организации бизнеса. Также руководителю следует найти подходящий стиль руководства и стремиться к созданию на предприятии атмосферы доверия, предпосылок для желания восприятия нового, самовыражения, самоутверждения работников. Самое главное – обеспечить доступность достоверной информации о характере и целях производимых изменений, стремиться к созданию корпоративного духа, ощущения целостности компаний.

На основе оценочного аудита разрабатывается план организационно-технических мероприятий, предусматривающий следующее:

- разработку Руководства по качеству;
- переработку старых и разработку новых стандартов предприятия, положений о подразделениях, должностных инструкций персонала;
- организацию выполнения их требований;
- обучение персонала;
- доведение рабочих мест до необходимого технического уровня;
- улучшение качества продукции и процессов за счет переориентации целей, наведения порядка, более эффективной организации работ и управления ими.

Создание и внедрение системы менеджмента качества – лишь первый шаг. Следующий шаг заключается в поддержании СМК в рабочем состоянии и непрерывном улучшении качества продукции, процессов, системы качества и предприятия в целом. Для улучшения деятельности рекомендуется проводить самооценку СМК в соответствии со стандартом ISO 9001. Необходимо создать фонд нормативных документов (законы Вьетнама, стандарты Вьетнама TCVN/TC 176) и методической литературы, включающей методики и рекомендации Госстандарта Вьетнама.

Думается, при выполнении вышеуказанных мероприятий Вьетнам может стать одним из передовых государств в вопросе применения стандарта ИСО 9001 на промышленных предприятиях.

Литература

1. Гродзенский С.Я. Управление качеством: учебник. М.: Проспект, 2017. – 224 с.
2. Аронов А.И., Рыбакова А.М., Саламатов В.Ю., Шаккалиев А.А.. Краткий обзор систем оценки соответствия государств Азии. Ч. 1 // Контроль качества продукции, 2018, № 3, с. 40-45.
3. Аронов А.И., Рыбакова А.М., Саламатов В.Ю., Шаккалиев А.А., Николаева Т.А. Краткий обзор систем оценки соответствия государств Азии. Ч. 2 // Контроль качества продукции, 2018, № 4, с. 47-50
4. TCVN ISO 9001:2008, Hệ thống quản lý chất lượng - các yêu cầu. 2008.
5. Chini, A., & Valdez, H. ISO 9000 and the U.S. Construction Industry // Journal of management in Engineering, 2003, v. 19(2), p. 69-77.
6. Debby, W., Vaughan, C., & Bambang, T. Examining the implementation of ISO 9001 in Indonesian construction companies // The TQM Journal, 2015, v. 27(1), p. 94-107.
7. Turk, A. M. ISO 9000 in construction: An examination of its application in Turkey // Building and Environment, 2006, v. 41(4), p. 501-511.
8. Yong, K. T., & Pheng, L. S. Organizational culture and TQM implementation in construction firms in Singapore // Construction Management and Economics, 2008, v. 26(3), p. 237-248.
9. <https://baomoi.com/cai-thien-he-thong-quan-ly-chat-luong-o-doanh-nghiep-xay-dung-vietnam/c/19440069.epi>

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ БЫТОВОЙ ОТПУГИВАТЕЛЬ

Чечин К.В., Плоскирев А.Е.
РТУ МИРЭА
kirill.chechin@yandex.ru

Статья посвящена разработке электронного отпугивателя и расчётом конструктивных параметров на длительный режим непрерывной работы. Основной проблемой, с которой сталкиваются разработчики - это необходимость учитывать различные условия эксплуатации и максимальную эффективность против всех вредителей.

Ключевые слова: отпугиватель, устойчивость, надёжность.

Universal electronic appliances repeller. Chechin K.V., Ploskirev A. E., RTU MIREA

The article is devoted to the development of electronic repeller and calculation of design parameters for long-term continuous operation. The main problem faced by developers is the need to take into account different operating conditions and maximum efficiency against all pests.

Key words: repeller, stability, reliability.

Введение

Универсальный электронный бытовой отпугиватель – устройство помогающее частному бизнесу, в особенности в сельскохозяйственной отрасли, в свете импортозамещения, проходящего в стране, способствует бы скорейшему ему выходу на российский рынок.

Представленные на рынке в данное время устройства не всегда удовлетворяют требованиям, поставленным потребителем, что означает – необходима разработка нового устройства, отвечающего требованиям потребителей.

Цель работы: разработка конструкции нового устройства, превосходящего представленные аналоги по существенным характеристикам и предназначенного для защиты помещений и участков от вредителей при помощи ультразвукового и звукового излучения, имитации криков других животных.

Постановка проблемы

Представленные на рынке в данное время устройства не всегда удовлетворяют требованиям, поставленным потребителем, что означает – необходима разработка нового устройства, отвечающего требованиям потребителей.

По результатам заявки был сделан поиск и выбор аналогов изделия. Поиск проводился в сети Интернет. По результатам поиска получена информация о 5 аналогах (Табл. 1).

Обзор имеющихся на рынке аналогов

Таблица 1 – Аналоги, представленные на рынке.

	UP-11K	GX-033	PGS-046B	Цунами 2 (Торнадо М)	WK-0523
Цена, рубли	2820	2346	4550	1550	1790
Звуковое давление на расстоянии 1 м от изделия, дБ	115	90	102	250	100
Площадь действия, м кв.	500	500	400	250	45
Количество видов, отпугиваемых вредителей	3	4	4	1	2
Питание, В	от сети 220-240	1,5x4	1,2x3	От сети 220	От сети 220
Рабочие частоты излучения (диапазон), кГц	18-32	4-64	15-27	18 - 90	20 - 45
Масса, г	440	120	500	500	110
Геометрические размеры, мм	155x85x90	180x100x90	138x116x96	140x110x100	65x50x65

Для стационарной РЭА массогабаритные характеристики не существенны и их можно не учитывать.

Недостатком устройства UP-11K является: низкое звуковое давление, питание только от сети и малый диапазон рабочих частот.

Недостатком устройства GX-033 является: очень низкое звуковое давление.

Недостатком устройства PGS-046B является: низкое звуковое давление и малый диапазон рабочих частот.

Недостатком устройства Цунами 2 (Торнадо М) является: малая площадь действия, отпугивание только одного вида вредителей и питание только от сети.

Недостатком устройства WK-0523 является: низкое звуковое давление, очень маленькая площадь действия, малое количество видов отпугиваемых вредителей и питание только от сети.

Для разрабатываемого устройства была использована, преимущественно, отечественная база элементов, кроме тех случаев, где импортные элементы заметно превосходили отечественные аналоги.

Разрабатываемое устройство по принципу действия является излучателем звуковых и ультразвуковых волн.

Функциональные характеристики разрабатываемого устройства закладываются на основании таких же характеристик в реальных устройствах, представленных на рынке (Табл. 1).

Звуковое давление необходимо сделать как можно большим, из представленных аналогов самым большим обладает узкоспециализированное устройство, в то время как универсальные обладают намного меньшим, по сравнению с ним. Очевидно, что чем более универсальным создается устройство, тем ниже будет его звуковое давление. Необходимо определить звуковое давление как среднее между универсальными и специализированными, что бы оно было более эффективным, по сравнению аналогами. В разрабатываемом устройстве необходимо сделать давление равным (150-170) дБ.

Площадь действия устройства следует определять исходя из объектов, в которых оно будет обеспечивать защиту от вредителей, так например для квартиры хватает 45 м², а для складов от 300 м². Разрабатываемое устройство будет предназначено, в основном, для защиты складских помещений, дачных участков и т.п., соответственно его площадь действия необходимо сделать около (400-500) м².

Так как разрабатываемое устройство будет являться универсальным, то его необходимо сделать эффективным против как можно большего вида вредителей: грызуны, насекомые, птицы, мелкие животные, собаки и т.д.

Питание разрабатываемого устройства необходимо сделать от автономного источника питания – батареек или аккумуляторов, так как это позволит устанавливать его в помещениях и участках без подведённого к ним электропитания, а значит, увеличит его универсальность в применении.

Для любого отпугивающего устройства необходим большой диапазон рабочих частот (частот излучения), так как все вредители могут привыкнуть к продолжительному излучению одной частоты, поэтому частота излучения должна сменяться с определённой периодичностью и чем больше диапазон излучения, тем больше частот на смену друг другу может быть реализовано. Для универсальных отпугивателей диапазон излучения может составлять до 60000 Гц. В разрабатываемом устройстве следует реализовать такой же диапазон в 60 кГц, и так как устройство должно быть так же эффективным против большого числа видов вредителей, то выбранный диапазон будет реализован следующим образом: (10-70) кГц.

Что касается массогабаритных параметров, то, как было выше сказано, они для стационарных РЭА являются несущественными, поэтому при расчёте размеров и массы, разрабатываемого изделия, ограничиваются только индивидуальными предпочтениями разработчика. Разрабатываемое устройство следует ограничить по максимальным размерам корпуса и печатного узла (ПУ) и массе изделия в целом:

Корпус не более 200x170x100,

ПУ – не более 170x145x60,

Масса не более 800г.

Вероятность безотказной работы следует обеспечить: 0,93 на 5000 ч.

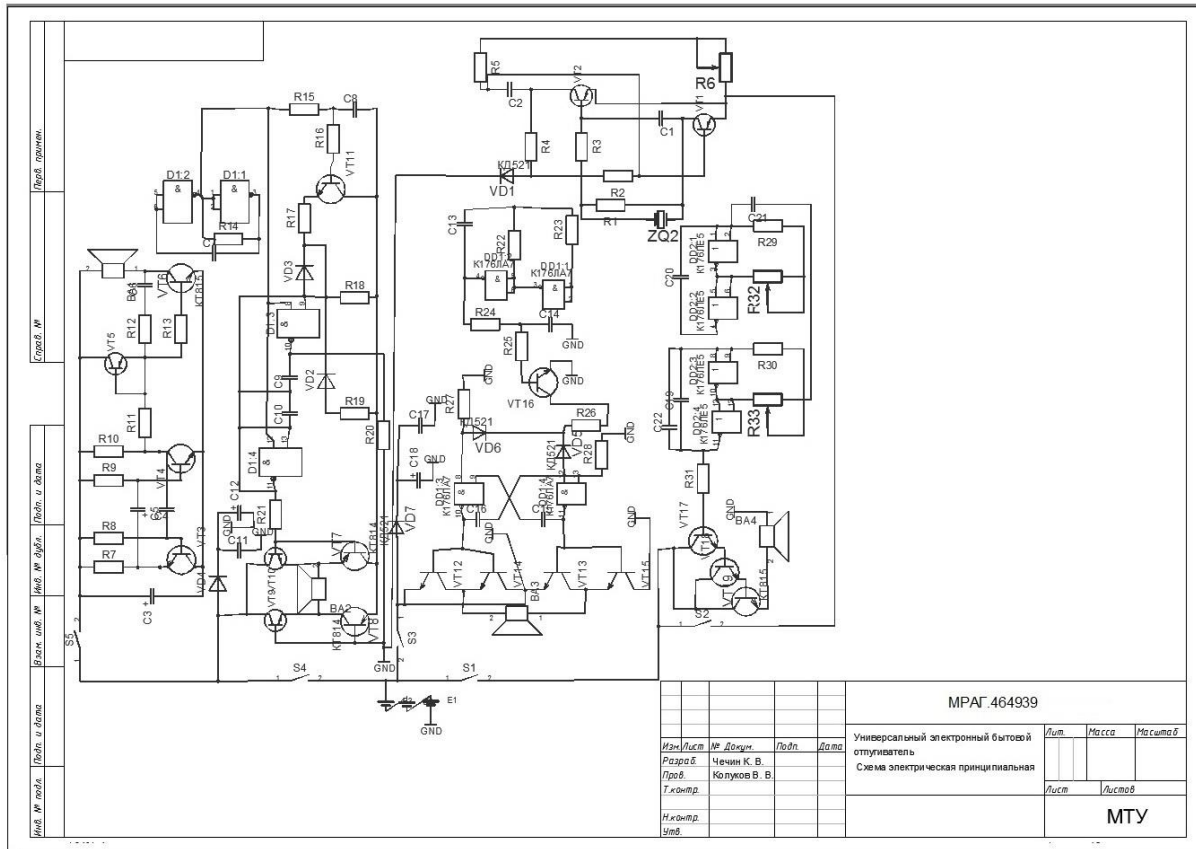


Рисунок 5 – Схема разрабатываемого устройства

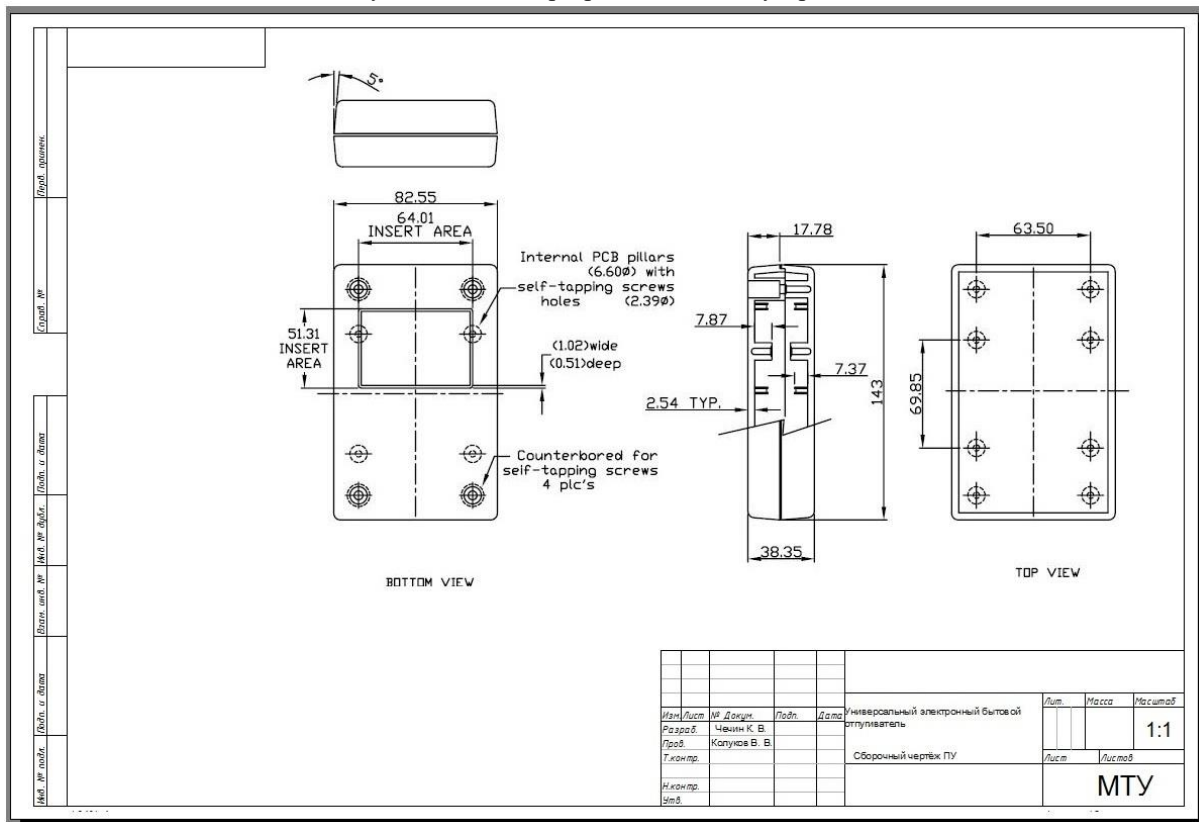


Рисунок 6 - Сборочный чертёж ПУ

Заключение

Все параметры разработанного универсального электронного бытового отпугивателя превосходит аналоги данного типа, имеющиеся на рынке. Можно сделать вывод, что серийное производство данного изделия будет экономически эффективно, поскольку разработанное почти полностью на российских деталях устройство может собираться на отечественном оборудовании и не требует существенных затрат на закупки импортной техники. При этом, учитывая договорную цену разработанного устройства, оно будет конкурентоспособным изделием и хорошей альтернативой зарубежным аналогам, имеющимся на российском рынке.

Литература

1. ГОСТ 16019-2001 «Аппаратура сухопутной подвижной радиосвязи. Требования по стойкости к воздействию механических и климатических факторов и методы испытаний»
2. Фрумкин Г.Д. «Расчет и конструирование РЭА» -М.: высшая школа, 1989.-523 с.
3. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств/ Ненашев А.П. – М.: Высшая школа, 1990. – 432 с.
4. Колуков В.В. - «Основы методологии проектирования и конструирования РЭС»: учебное пособие для ВУЗов – М., 2000 г. – 191 с.
5. Смирнова Г.И., Илларионова В.И. Алгоритмы расчёта надёжности РЭА: Учебное пособие. – М.: МИРЭА, 1981. – 120с
6. ОСТ 4 ГО.010.036 «Методика обоснования и выбора типовых конструктивно-технологических решений»
7. ГОСТ 23751-86 «Платы печатные. Основные параметры конструкции (с Изменением N 1)»
8. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: Учебник для вузов / К.И.Билибин, А.И.Власов, Л.В.Журавлева и др. Под общ. ред. В.А.Шахнова. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. - 528с.
9. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: уч.- М.: Форум: Инфра-М, 2005 – 560с.
10. ГОСТ 10316-78. Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные. Технические условия.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО СПРАВОЧНИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ В СТАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

Кузина Е.А., Гиёсов Б., Икромов Ф.,Афанасьева М.А.*
МИРЭА – Российский технологический университет, *НИУ ВШЭ
+7-909-152-80-18, ketrinkuz97@mail.ru

В данной статье, были рассмотрены особенности линейных стабилизаторов напряжения, изучены методы диагностирования и создан электронный диагностический справочник для линейного стабилизатора напряжения. Целью работы является снижение трудоемкости неисправностей линейного стабилизатора напряжения. Был проведен анализ линейных стабилизаторов напряжения, рассмотрены программные и методологические средства диагностики, описана программа схемотехнического проектирования, учитывающая особенности диагностирования. Приведены результаты моделирования электрической схемы, разработана схема сборки и сборности, а также трассировка печатной платы, с учетом рекомендаций по повышению контролепригодности. Сформирован справочник неисправностей для линейного стабилизатора напряжения и приведена схема его применения.

Ключевые слова: диагностирование, справочник, стабилизатор, неисправность.

The formation of an electronic directory of faults for diagnosing the linear voltage regulator is in static mode. Kuzina E.A., Giyosov B., Ikromov F., Afanas'eva M.A. MIREA – Russian technological university, HSE

In this article, features of linear voltage stabilizers have been considered, methods of diagnosing are studied and the electronic diagnostic reference book for the linear voltage stabilizer is created. The purpose of work is decrease in labor input of malfunctions of the linear voltage stabilizer. The analysis of linear voltage stabilizers has been carried out, program and methodological diagnostic aids are considered, the program of circuitry design considering features of diagnosing is described. Results of modeling of the electric circuit are given, the scheme of assembly and a sbornost and also trace of the printed circuit board, taking into account recommendations about increase in a kontroleprigodnost is developed. The reference book of malfunctions for the linear voltage stabilizer is created and the scheme of its application is provided.

Keywords: diagnosing, reference book, stabilizer, malfunction.

Введение

В современном мире электроника развивается с молниеносной скоростью, создавая все более сложные схемы изделий. В связи с этим встает вопрос их технического диагностирования.

Качество радиоэлектронного средства возникает в процессе изготовления и сохраняется в процессе эксплуатации. Если нарушить технологию производства и неправильно эксплуатировать РЭС это может повлечь за собой массу различных дефектов. Обнаружить неисправности в аналоговых цепях необычайно сложная задача. Причиной является то, что при различных видах дефектов измеряемые параметры имеют вероятность совпадать или быть однозначно неразличимыми. Для решения задачи на этапе диагностирования происходит выбор одной неисправности. Методы математического диагностирования, существующие на сегодняшний день, позволяют выполнять исследования, избегая больших материальных затрат и трудоемких процессов.

Линейный стабилизатор напряжения как объект диагностирования подробно рассматривается в данной статье. Так же, описывается несколько методов обнаружения неисправностей в аналоговых цепях. Рассматриваются три способа выявления неисправностей. Среди них метод справочников неисправностей, приближенные методы и методы параметрической идентификации.

Особенности линейного стабилизатора напряжения

В современном мире невозможно представить электронное устройство без источника питания.

Напряжение питания, полученное за счет трансформирования, а затем выпрямления напряжения сети, имеет пульсации, которые сложно не заметить, а также зависит от нагрузки и скачков напряжения в сети. Для постоянства напряжения в цепь питания включают прибор, предназначенный для защиты оборудования от скачков напряжения в сети, называемый стабилизатором напряжения.

Стабилизаторы напряжения защищают от перегорания приборов, которое может произойти на подстанции, обрыва в сети и других ситуациях, когда происходят скачки напряжения. Так же, если стабилизатор напряжения обладает прочным корпусом, это защищает внутренние узлы от механических воздействий.

Одним из самых известных стабилизаторов является стабилизатор напряжения релейного типа. Главный плюс релейных стабилизаторов – быстроедействие. Приблизительная скорость стабилизации 100-200 В/сек. Также достоинствами релейного стабилизатора считаются небольшой вес и габариты устройства, работоспособность в широком диапазоне температур. Недостатком релейных стабилизаторов является то, что во время работы происходят щелчки при срабатывании реле.

Тиристорные стабилизаторы создают плавное выравнивание напряжения. Особенностью таких стабилизаторов, отличающей от других, является наличие тиристорных ключей. Включение или выключение ключей способно изменить синусоидальную форму тока.

Достоинства тиристорных стабилизаторов заключаются в небольших массогабаритных размерах, отсутствие шумов при нормализации тока и довольно высоком уровне точности нормализации напряжения.

Главным недостатком тиристорных стабилизаторов напряжения является высокая стоимость.

Инверторные стабилизаторы напряжения отличаются от электромеханических, релейных и тиристорных стабилизаторов тем, что стабилизатор не включает в себя автоматический трансформатор.

Важную роль в инверторных стабилизаторах напряжения играет конденсатор. В конденсаторе собирается входная энергия, которая после этого подается в нужных количествах, превращаясь в стабильный переменный ток.

Достоинства инверторных стабилизаторов напряжения:

- высокий уровень коэффициента полезного действия;
- бесшумная работа стабилизатора;
- большой спектр напряжения на входе.

Недостаток инверторных стабилизаторов напряжения такой же, как и у тиристорных, стоимость прибора.

В данной работе речь пойдет о линейных стабилизаторах напряжения, о их особенностях как объекта диагностирования.

Линейные стабилизаторы напряжения разделяются на несколько групп: по принципу действия, по способу регулирования и по способу взаимного включения регулирующего элемента и нагрузки.

Первая группа подразделяется на параметрические и компенсационные стабилизаторы напряжения.

Параметрическим стабилизатором считается механизм, где стабилизация напряжения на нагрузке происходит за счёт перераспределения напряжений между линейными и нелинейными элементами. Под нелинейным элементом понимается устройство, обладающее ярко выраженной нелинейностью вольтамперной характеристики. Параметрический стабилизатор представлен на рисунке 1.

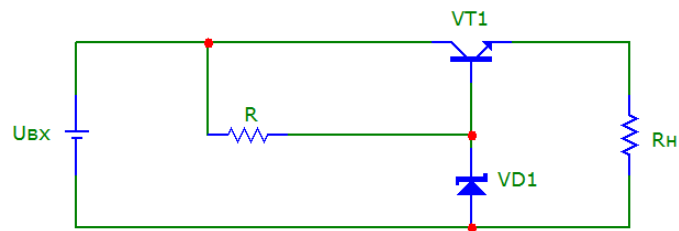


Рисунок 1. – Параметрический стабилизатор напряжения

Устройство автоматического регулирования, с цепью отрицательной обратной связи, сигнал которой с выхода стабилизатора взаимодействует с входом, представляет собой *компенсационный* стабилизатор напряжения. Чаще всего регулирующим элементом, через который осуществляется стабилизация напряжения, используют силовой транзистор. Компенсационный стабилизатор представлен на рисунке 2.

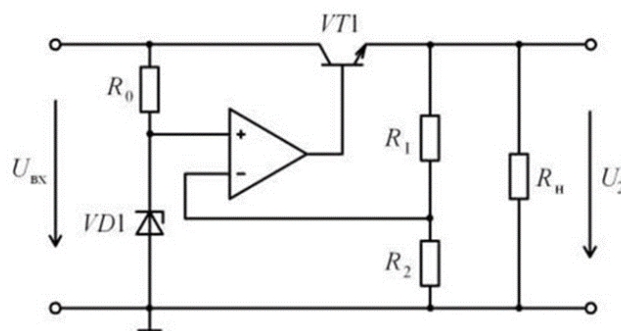


Рисунок 2 – Компенсационный стабилизатор напряжения

Вторая группа делится на импульсные и непрерывные стабилизаторы напряжения.

Стабилизатор, через регулирующий элемент которого все время проходит постоянный ток, определяющийся мгновенным значением управляющего сигнала, называется непрерывным.

В импульсных стабилизаторах напряжения силовой управляющий элемент чередуясь переключается из открытого состояния в закрытое и наоборот, а ток и напряжение на нагрузке меняются под действием управляющего сигнала, за счет соотношения между продолжительностью открытого и закрытого состояний элементов.

Третья: последовательные и параллельные стабилизаторы.

В *последовательных* стабилизаторах напряжения, пример которого представлен на рисунке 3а, нагрузка и регулирующий элемент стабилизатора включены последовательно. К изменению тока через управляющий элемент и перераспределению напряжения на элементе приводит изменение напряжения на нагрузке.

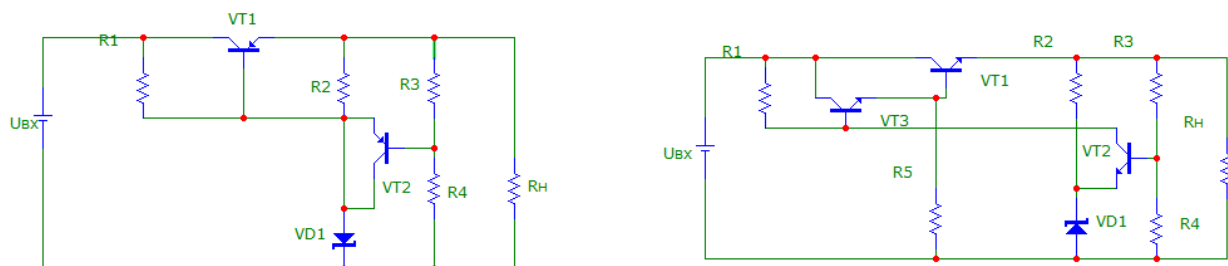


Рисунок 3 – Структурные схемы стабилизатора напряжения параллельного (а) и последовательного (б) типов

В случае *параллельного* стабилизатора напряжения, пример которого представлен на рисунке 3б, управляющий элемент включен параллельно нагрузке, из-за чего напряжение на нем, в принципе, не меняется. При незначительных изменениях напряжения на нагрузке стабилизатора происходит изменение тока, который протекает через управляющий элемент, и меняется падение напряжения на дополнительном резисторе.

Делитель напряжения, на вход которого поступает «скачущее» напряжение, а выходное напряжение является выровненным, со стабильными характеристиками, называется линейным стабилизатором напряжения. Сопротивление всегда должно быть таким, чтобы напряжение на выходе стабилизатора оставалось в определенных пределах. Основное достоинство линейного стабилизатора напряжения – простота конструкции и малое количество используемых деталей.

Метод справочников неисправностей

Первым этапом для составления справочника является формирование списка неисправностей, который включает в себя огромное число возможных типов неисправностей. В зависимости от числа потенциально возможных неисправностей зависит размер самого справочника, это накладывает некоторые ограничения на использование метода.

После составления списка неисправностей проводится моделирование электрической схемы (например, в программе MicroCAP;TINA-TI; Multisim и т.д.) с внесением каждого из возможных дефектов. Это позволяет получить списки входных воздействий и соответствующие им выходные реакции.

Показатели выходных реакций заносятся в справочник с целью быстрого распознавания неисправностей. Для достижения желаемого размера справочника необходимо провести оптимальный выбор входных воздействий и выходных реакций.

Существует понятие критерий локализации неисправностей. Оно вводится для сравнения неисправности цепи с одним из видов неисправностей, занесенных в справочник.

Метод имеет следующие достоинства:

- вычисления – простейшие математические операции, упрощающие реализацию на компьютерах;
- минимальное затрачивание времени на составление таблицы неисправностей, за счет программ математического моделирования;
- возможность диагностирования дефектов как одиночных, так и кратных;
- большинство работ проходит еще на стадии проектирования РЭС, а не в момент эксплуатации.

Блок-схема метода диагностирования представлена на рисунке 4.

Исходными данными для создания электронного справочника неисправностей является электрическая схема (блок 1) и список возможных неисправностей рассматриваемого объекта (блок 2).

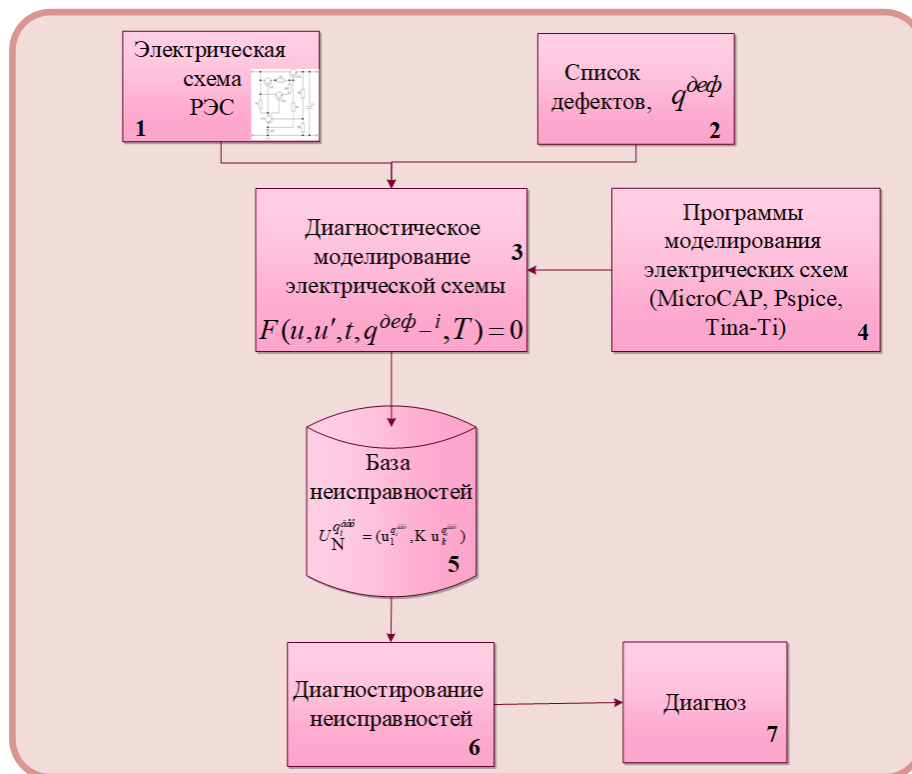


Рисунок 4 – Блок-схема метода диагностирования

В зависимости от исходных данных создается диагностическая модель (блок 3). Для расчета электрических моделей (блок 4) используются программы PSpice, TINA-TI, MicroCap и т.д.

В базе неисправностей (блок 5) содержатся результаты расчета диагностической модели, проводимые для каждой неисправности с различными тестовыми воздействиями.

Далее проводится расчет критерия локализации (блок 6) для каждой неисправности, включенной в справочник, по зафиксированным напряжениям, снятых в контрольных точках. Неисправность с минимальным критерием локализации выступает в роли диагноза (блок 7). Когда возникает множество неисправностей с похожим минимальным значением критерия, тогда появляется множество однозначно неразличимых неисправностей.

В данной статье был использован линейный стабилизатор напряжения, представленный на рис. 5

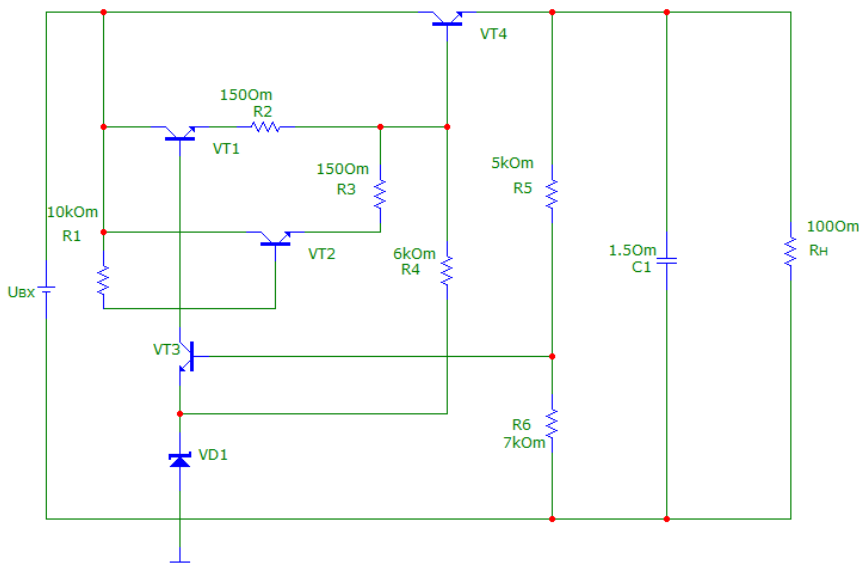


Рисунок 5 – Схема линейного стабилизатора напряжения

В схеме стабилизатора напряжения следует выделить узлы:

- Регулирующий ключ, который выполнен на трех транзисторах VT1, VT2, VT4 и двух резисторах R2 и R3;
- Выполненный на транзисторе VT3, усилитель постоянного тока;
- Источник опорного напряжения, представленный стабилитроном VD1;
- Делитель напряжения R5, R6 и конденсатор C1.

Работа стабилизатора заключается в следующем. На резисторах R5 и R6 делится выходное напряжение. Затем оно сравнивается с опорным напряжением, подаваемое с выхода стабилизатора на стабилитроне VD1 и резисторе R4. Разница сигналов применяется между базой и эмиттером транзистора VT3.

Если выходное напряжение стабилизатора повышается, то это ведет к увеличению напряжения на резисторах R5, R6 и на входе транзистора VT3. Из-за чего следует возрастание коллекторный ток VT3. В результате снижаются токи базы и коллектора управляющего транзистора VT1, VT2, VT4 и напряжение на выходе стабилизатора снова становится номинальным.

Если же выходное напряжение уменьшается, то уменьшается напряжение на входе транзистора VT3 и коллекторный ток, который соответствует увеличению токов базы и коллектора управляющего транзистора и возвращению выходного напряжения к заданному уровню.

Для моделирования необходимо знать номиналы всех элементов (таблица 1).

Технические характеристики:

- Входное напряжение $U_{вх} = 25 \pm 5$ В.
- Выходное напряжение $U_{вых} = 12,5 \pm 0,1$ В.
- Максимальный ток нагрузки $I_{н max} = 100$ мА.
- Рабочая температура окружающей среды $T=0...50^{\circ}\text{C}$

Потенциально возможные дефекты транзистора указаны в таблице 1 с номинальными значениями сопротивлений в рабочем режиме.

Таблица 1 – Перечень возможных дефектов транзистора

Неисправности	Значение сопротивления
Обрыв в цепи коллектора	$R1 = 100$ МОм
Обрыв в цепи базы	$R2 = 100$ МОм
Обрыв в цепи эмиттера	$R3 = 100$ МОм

Пробой перехода коллектор – база	R4 = 0,01 Ом
Пробой перехода коллектор – эмиттер	R5 = 0.01 Ом
Пробой перехода эмиттер – база	R6 = 0.01Ом

В таблице 2 представлены результаты моделирования схемы стабилизатора напряжения с одной контрольной точкой. В результате моделирования получилось 16 неразличимых дефектов.

Таблица 2 – Результаты моделирования электрической схемы

Дефект	Значение, снятое в контрольной точке
R1 обрыв	1.1943
R1 короткое замыкание	20
R2 обрыв	14.096
R2 короткое замыкание	13.791
R3 обрыв	14.096
R3 короткое замыкание	13.791
R4 обрыв	13.771
R4 короткое замыкание	11.898
R5 обрыв	19.497
R5 короткое замыкание	8.5982
R6 обрыв	8.6806
R6 короткое замыкание	19.486
C1 короткое замыкание	8.286
D1 обрыв	19.766
D1 короткое замыкание	2.5632
QVT1 обрыв коллектора	12.72
QVT1 обрыв базы	14.096
QVT1 обрыв эмиттера	14.096
QVT1 замыкание база-коллектор	20
QVT1 замыкание коллектор-эмиттер	6.6787
QVT1 замыкание база-эмиттер	9.3838
QVT2 обрыв коллектора	12.72
QVT2 обрыв базы	14.096
QVT2 обрыв эмиттера	14.096
QVT2 замыкание база-коллектор	20
QVT2 замыкание коллектор-эмиттер	6.6787
QVT2 замыкание база-эмиттер	9.3838
QVT3 обрыв коллектора	19.49
QVT3 обрыв базы	19.482
QVT3 обрыв эмиттера	19.492
QVT3 замыкание база-коллектор	7.0023
QVT3 замыкание коллектор-эмиттер	6.5559
QVT3 замыкание база-эмиттер	19.491
QVT4 обрыв коллектора	14.309
QVT4 обрыв базы	19.697
QVT4 обрыв эмиттера	19.697
QVT4 замыкание база-коллектор	6.6799
QVT4 замыкание коллектор-эмиттер	6.6517
QVT4 замыкание база-эмиттер	13.97

Для различимости всех дефектов, которые могут возникнуть в электрической схеме линейного стабилизатора напряжения, необходимо добавить еще несколько контрольных точек.

По результат диагностирования, представленных в таблице 3, видно, что часть неразличимых дефектов из таблицы 3 стали явными. Так же из таблицы 3 можно сделать вывод, что более информативными контрольными точками являются вторая, шестая и восьмая.

Таблица 3 – Результат диагностирования неисправностей линейного стабилизатора напряжения

	1	2	3	4	5	6	7	8
R1 обрыв	20	1.1943	0.6861	0.6855	0.6855	0.6861	0.1183	0.069
R1 короткое замыкание	20	20	19.322	7.0106	19.052	19.322	18.323	7.8522
R2 обрыв	20	14.096	13.763	6.5663	13.11	13.416	12.401	7.2103
R2 короткое замыкание	20	13.791	13.116	6.567	13.116	13.163	12.407	7.2125
R3 обрыв	20	14.096	13.416	6.5663	13.11	13.763	12.401	7.2103
R3 короткое замыкание	20	13.791	13.163	6.567	13.116	13.116	12.407	7.2125
R4 обрыв	20	13.771	13.132	6.5336	13.061	13.132	12.352	7.1799
R4 короткое замыкание	20	11.898	11.118	6.9694	6.9694	11.118	6.2876	3.6678
R5 обрыв	20	19.497	18.82	6.5732	18.559	18.82	17.833	0.0012
R5 короткое замыкание	20	8.5982	7.9672	6.5595	7.9117	7.9672	7.2244	7.2244
R6 обрыв	20	8.6806	8.0495	6.5596	7.9939	8.0495	7.3074	7.2243
R6 короткое замыкание	20	19.486	18.808	6.5732	18.541	18.808	17.813	3.563006
C1 короткое замыкание	20	8.286	7.4841	1.6047	1.6047	7.4841	0.0014	0.0007946
D1 обрыв	20	19.766	19.112	18.994	18.994	19.112	18.266	10.655
D1 короткое замыкание	20	2.5632	1.95	2.083006	1.9196	1.95	1.2866	0.6772
QVT1 обрыв коллектора	20	12.72	12.014	6.5451	11.907	12.06	11.203	6.5351
QVT1 обрыв базы	20	14.096	13.11	6.5663	13.11	13.416	12.401	7.2103
QVT1 обрыв эмиттера	20	14.096	13.11	6.5663	13.11	13.416	12.401	7.2103
QVT1 замыкание база-коллектор	20	20	19.322	7.0106	19.052	19.322	18.323	7.8522
QVT1 замыкание коллектор-эмиттер	20	6.6787	20	6.6118	19.434	19.434	18.704	7.3821
QVT1 замыкание база-эмиттер	20	9.3838	9.3838	6.524	9.2245	9.2245	8.5315	4.9767
QVT2 обрыв коллектора	20	12.72	12.06	6.5451	11.907	12.014	11.203	6.5351
QVT2 обрыв базы	20	14.096	13.416	6.5663	13.11	13.11	12.401	7.2103
QVT2 обрыв эмиттера	20	14.096	13.416	6.5663	13.11	13.11	12.401	7.2103

QVT2 замыкание база- коллектор	20	20	19.322	7.0106	19.052	19.322	18.323	7.8522
QVT2 замыкание коллектор- эмиттер	20	6.6787	19.434	6.6118	19.434	20	18.704	7.3821
QVT2 замыкание база-эмиттер	20	9.3838	9.2245	6.524	9.2245	9.3838	8.5315	4.9767
QVT3 обрыв коллектора	20	19.49	18.812	6.5907	18.548	18.812	17.821	7.3298
QVT3 обрыв базы	20	19.482	18.805	6.5732	18.542	18.805	17.815	10.392
QVT3 обрыв эмиттера	20	19.492	18.815	6.5732	18.552	18.815	17.825	10.398
QVT3 замыкание база- коллектор	20	7.0023	6.391	6.4359	6.3636	6.391	5.6863	7.0023
QVT3 замыкание коллектор- эмиттер	20	6.5559	5.9544	6.5559	5.9353	5.9544	5.2596	3.0681
QVT3 замыкание база-эмиттер	20	19.491	18.813	6.5943	18.549	18.813	17.821	6.5943
QVT4 обрыв коллектора	20	14.309	13.547	6.5363	10.586	13.547	9.504	5.544
QVT4 обрыв базы	20	19.697	19.035	6.5743	18.881	19.035	0.0018	0.001
QVT4 обрыв эмиттера	20	19.697	19.035	6.5743	18.881	19.035	4.537005	2.666005
QVT4 замыкание база- коллектор	20	6.6799	20	6.6141	20	20	19.268	7.393
QVT4 замыкание коллектор- эмиттер	20	6.6517	6.5871	6.5871	6.5871	6.5871	20	7.3779
QVT4 замыкание база-эмиттер	20	13.97	13.206	6.5322	10.076	13.206	10.076	5.8775

Заключение

Таким образом, были проанализированы свойства линейных стабилизаторов напряжения как объектов для диагностирования.

Показана возможность диагностического моделирования схемы стабилизатора с помощью программы MicroCap.

Показан процесс проектирования и диагностирования РЭС.

Проведен процесс диагностического моделирования электрической схемы линейного стабилизатора напряжения.

Сформулирован список всех потенциально возможных неисправностей стабилизатора напряжения.

В результате моделирования был составлен электронный диагностический справочник неисправностей для диагностирования линейного стабилизатора напряжения в статическом режиме, приведена схема его применения.

Литература

- 1) Хацкевич О.П. Формирование набора входных тестовых сигналов для диагностирования схемы линейного стабилизатора напряжения, Москва, 2009 – 48с.;
- 2) Воловикова Е.В. Метод диагностирования радиоэлектронных функциональных узлов по электрическим характеристикам с учетом температур комплектующих элементов. Москва 2010. – 142 с.;
- 3) Иванов И.А. Метод автоматизированного проектирования контролепригодных электронных средств, Москва, 2011. – 187 с.;
- 4) Техническая диагностика электронных средств: учебник для высшего профессионального образования, В.Т. Ерёменко [и др.] – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2012. – 157с.;
- 5) Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap8. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 464с.;

ГЛАВА 3. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Гузаиров М.Б., Нургалиева Р.А.

Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ)

Аннотация. В данной статье рассматривается вопрос эффективной выработки электроэнергии, благодаря активному использованию возобновляемых источников энергии, таких как солнечная энергия и энергия биогаза. Во времена ограниченности традиционных источников энергии возрастает спрос на иные источники энергии и именно возобновляемые источники, могут стать неоспоримыми лидерами в энергетической отрасли страны.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, энергия биогаза, биогазовая установка, эффективность, экологичность.

Prospects for the development of renewable energy sources. Guzairov M.B., Nurgalieva RA, Ufa State Aviation Technical University (UGATU)

Annotation. This article discusses the issue of efficient power generation, thanks to the active use of renewable energy sources, such as solar energy and biogas energy. In times of limited traditional energy sources, there is a growing demand for other energy sources and it is renewable sources that can become unquestionable leaders in the country's energy sector.

Keywords: renewable energy sources, solar energy, biogas energy, biogas plant, efficiency, ecology.

Современное развитие страны направлено на уменьшение затрат при планировании, строительстве и ввода в эксплуатацию объектов энергетических структур, а также на увеличение их показателей эффективности.

Отрасль энергетики подвергается изменениям, связанным с увеличением доли возобновляемых источников энергии и уменьшением стоимости кВт/ч на мировом энергетическом рынке. Так как прирост мощности от таких источников энергии как ветер, вода, солнце велик, то это позволяет говорить об экономической независимости на энергетическом рынке.

Энергетические ресурсы необходимые для правильного функционирования энергосистем требуется все больше и больше, а запасы ископаемого топлива, на котором основано традиционное производство электроэнергии, ограничены. Использование ископаемого топлива ведет к загрязнению окружающей среды росту парникового эффекта и глобальному потеплению.

Однако при реализации проектов, связанных с возобновляемыми источниками энергии, встает вопрос об улучшении количественных показателей и увеличении объемов вырабатываемой энергии.

В настоящее время отрасль ВИЭ становится передовым и развивающимся направлением экономики. По различным оценкам и прогнозам специалистов к 2030 году солнечная, ветровая энергия станет доминирующим звеном в мировой энергетической картине, так как это экологичный и экономичный способ получения энергии.

Такой интерес к ВИЭ вызван рядом факторов: неисчерпаемостью ресурсов; экологической безопасностью; повсеместным расположением, независимо от центральных сетей; доступностью для рядовых граждан.

В последнее время все чаще обсуждаются вопросы альтернативных источников энергии, являющихся возобновляемым ресурсом, они заменяют собой традиционные источники энергии, функционирующие на нефти, газе и угле. Экологичность, безопасность таких источников определяет возрастающий спрос и рост производства объектов данной отрасли. Решающее значение в развитии данного сектора экономики играет снижение стоимости на энергетическом рынке.

В соответствии с прогнозом спроса на электрическую энергию по ЕЭС России на период 2018-2024 годов среднегодовой прирост электропотребления составит 1,22%, за счет увеличения численности населения и промышленного оборота страны, требующего новых мощностей для реализации социально-экономических проектов. Величина спроса на электрическую энергию по ЕЭС России к концу прогнозного периода оценивается в размере 1 131,661 млрд кВт·ч, что больше объема потребления электрической энергии 2017 года на 91,781 млрд кВт·ч[1].

В долгосрочной перспективе рост объема используемых традиционных энергетических ресурсов генерирующими предприятиями требуются все больше. Запасы, которых с каждым десятилетием истощаются и становятся дефицитными. Остается тот факт, что невозможно представить возобновления этих ресурсов. В настоящее время энергетические потребности обеспечиваются в основном за счет трех видов энергоресурсов: органического топлива, воды и атомной энергии. Поэтому требуется развитие

использования возобновляемых источников энергии в энергетике страны. Возобновляемые источники энергии являются очень подходящими в век развивающихся и опережающих технологий. Сегодня развитие возобновляемых источников энергии становится мировым трендом, который с каждым годом вовлекает большее количество стран. Связано это прежде всего с экономической привлекательностью ВИЭ и экологической «чистотой». Согласно Федеральному Закону от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» [2] возобновляемые источники это: энергия солнца; энергия ветра; энергия воды; энергия приливов, отливов; геотермальная энергия; биогаз.

Распространение ВИЭ происходит благодаря факторам, которые характеризуют их с положительной стороны. Во-первых, неисчерпаемость, которая позволяет использовать ВИЭ без загадок и задумок на будущее. Во-вторых, экологичность при преобразовании, так как процессы производства энергии не связаны с отходами производства и загрязнениями окружающей среды. Еще один фактор связан с повсеместным использованием данных ресурсов независимо от района и места расположения центральных сетей, то есть использование ВИЭ, позволит электрифицировать районы, не подключенные к центральной энергосети. Повсеместно с достоинствами существуют и недостатки, которые тормозят развитие данного сектора экономики. Это низкий потенциал по сравнению с традиционными видами ресурсов и зависимость от природно-климатических условий эксплуатации. Однако это не мешает развитию столь перспективного направления энергетики.

Наибольший интерес к ВИЭ проявляют страны, которые находятся в непосредственной зависимости от импорта традиционных ресурсов. Для них важно в относительно короткие сроки приблизить и развить в своих странах использование биогаза, солнечной, ветровой, приливной энергии и создать конкурентоспособную область энергетики, которая бы смогла ослабить зависимость от традиционных ресурсов.

В удаленных от центра населенных пунктах России жители страны сталкиваются с проблемой подключения к централизованным сетям электроснабжения. Связано это с существенными затратами на прокладку новых линий электропередач и строительством электростанций. Таким образом, для надежного электроснабжения, отопления, освещения, транспорта, а также телекоммуникационных услуг строительство автономных систем может стоить дешевле, чем подключение к ЛЭП. Это гибкие системы, которые располагаются вблизи объекта электроснабжения. Чаще всего такие системы используют в качестве основного источника – возобновляемые источники энергии, которые безвредны по отношению к окружающей среде и человеку. Среди базовых источников энергии числятся: биомасса, вода, ветер и солнечная энергия. Необходимость в автономных энергетических системах обусловлена рядом факторов, таких как независимость от электросети, отсутствие платы за подключение и строительства линий электропередач, независимость от глобального мирового рынка.

Одним из перспективных направлений развития автономного энергоснабжения, позволяющих в значительной степени решить проблемы зависимости от центральных сетей, является возобновляемая энергетика. Применение возобновляемых источников энергии в составе автономных энергетических систем позволяет снизить стоимость вырабатываемой электроэнергии, что существенно повышает их технико-экономическую эффективность.

Поэтому предлагается использовать комбинированные системы, состоящие из биогазовых установок и солнечных батарей, которые смогут обеспечить электроснабжение отдаленных территорий и территорий, не подключенных к центральным сетям.

Рассматривая сочетание работы солнечных и биогазовых энергоустановок, можно решить вопрос электроснабжения сел, деревень, поселков, которые нуждаются в независимости и автономности электроснабжения. Так используя солнечную энергию для дневного электроснабжения агрофирмы и биогазовую установку для ночного электроснабжения, можно решить много вопросов энергетического плана. Солнечная установка, использующая автоматизированную систему очистки, позволит всевозможным образом обеспечивать энергией территорию, прикрепленную к биогазовому комплексу и сам биогазовый комплекс, а непосредственно крупный биогазовый комплекс обеспечит все село электроэнергией и даже сможет при наличии излишек продать в общую централизованную сеть. Рассматриваемая система автономного электроснабжения проста для реализации, что позволяет легко масштабировать ее. Благодаря отсутствию дополнительных преобразований электроэнергии обеспечивается высокий КПД энергетической системы в целом.

Эффективность применения автономных энергоустановок определяется широким набором различных параметров: энергетическая эффективность (КПД), стоимость оборудования и эксплуатационные затраты, надежность, безопасность, экологичность и др. Показатели энергоустановки в целом во многом определяются показателями отдельных компонентов, входящих в систему, и тем насколько конфигурация системы оптимальна для заданных условий эксплуатации.

Рассматривая альтернативные источники энергии, которые могут входить в систему автономных энергоустановок остановимся на использовании биогаза. В частности, для выработки биогаза

используются отходы жизнедеятельности животных, людей, мусор, растительные отходы и т.д., которые перерабатываются в метан [3,4].

Биогаз – это газ, получаемый в результате микробного разложения биомассы. Он состоит в основном из метана (55-70%) и диоксида углерода (45-30%), но также содержит некоторые включения, которые удаляются в биогазовой станции. По своим свойствам биогаз наиболее близок к природному газу (80-98 % метан). Он не имеет цвета и запаха. Биогаз может использоваться для сжигания в котлах и двигателях внутреннего сгорания без обогащения. Наиболее распространено использование биогаза для выработки электрической энергии [5].

Биогазовые установки представляют собой строительные объекты, состоящие из герметичных реакторов, оснащенных комплексом систем подачи сырья, подогрева, перемешивания, канализации, воздушной газовой и электрической. Биогазовые установки производят биогаз путем контролируемого сбраживания биомассы в анаэробных условиях. Получение биогаза возможно в биогазовых установках самых разных масштабов. Это могут быть небольшие очистные установки для обеспечения предприятия энергией для собственных нужд, так и гигантские централизованные энергетические парки для подачи газаэлектрэнергии в сеть. Для производства биогаза пригодно большинство отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства, а также специально выращенные энергетические растения. Биогазовые установки могут работать как на моно-сырье, так и на смеси [5].

Важно отметить, что в данном случае эффект от использования подобных энергетических ресурсов удваивается: снижается бесполезный, загрязняющий выброс этих ресурсов в окружающую среду, но и при этом вырабатывается электроэнергия, использование которой, также снижает выбросы в окружающую среду от угольных электростанций.

Так, например, в работе [6] показано, что для Тайваня при общей численности поголовья свиней 4,3 миллиона, используя их навоз можно вырабатывать метан, который в дальнейшем преобразуется в электроэнергию. Экономический эффект оценивается в 8 млн. \$ в год, не учитывая снижения выбросов в атмосферу CO₂. Как известно на долю животноводства приходится до 9% от общего объема выбросов CO₂.

В работе [7] представлены исследования создания гибридной энергетической системы для ISM Dhanbad. В данной работе предлагается использовать солнечную энергию и биогазовую установку. При этом биогаз предлагается вырабатывать из отходов жизнедеятельности студентов, которые обучаются в ISM Dhanbad (7000 студентов обеспечивают 1,4 тонн/день отходов).

В работе [8] показана эффективность применения комбинированных систем (ветро–фото–биогаз) в Бангладеш, разработана эффективная установка для преобразования твердых человеческих отходов в биогаз и предлагается ее внедрение в Бангладеш.

Эффективность использования биогазовых установок в Пакистане описана в работе [9]. В [10] описано использование биогазовых установок в ЕС. Широкое развитие биогазовые установки получили также в Германии, Швеции, США [11–14]. Приведенный выше краткий обзор показывает перспективность использования биогазовых установок для производства электроэнергии и их эффективность во многих государствах.

Развитие возобновляемой энергетики является одной из приоритетных задач инновационного развития энергетики Российской Федерации. Для этого увеличивается доля солнечных электростанций и ветроэнергетических установок, создается законодательная база.

При этом оценка эффективности использования биогазовых установок в Российской Федерации практически не производилось, хотя РФ обладает значительным потенциалом по внедрению биогазовых установок из-за значительного множества крупных животноводческих ферм – более 5 тысяч.

Задачей является исследования потенциала и эффективности применения биогазовых установок на территории Российской Федерации на примере конкретного объекта. В Республике Башкортостан насчитывается свыше 50 подобных комплексов с высоким коэффициентом выработки отходов, что указывает на перспективность развития биогазовых установок.

Башкортостан ежегодно накапливает до 1,5 млн. тонн органических отходов из которых можно получить 5,4 млрд. кубических метров биогаза.

Для оценки эффективности использования биогазовых установок принимается птицефабрика «Башкирская», расположенная в 30 км. от г. Уфа. Используя известные методики [15-24] с учетом поголовья птицы и производимых отходов (62 тысяч тонн/год) были рассчитаны основные параметры биогазовой установки, а также мощности вырабатываемой тепловой и электрической энергии. Результаты расчётов представлены в таблице 1. На рисунке 1 представлена схема предлагаемой биогазовой установки.

Таблица 1 – Результаты расчётов биогазовой установки для птицефабрики «Башкирская»

Параметр	Значение
Средний общий объём сырья, т/сут	153,3
Общий объём получаемого биогаза	16800 м ³ /сут

Эквивалент возможной вырабатываемой эл. энергии,	до 1680 кВт/час
Кол-во вырабатываемой только тепловой энергии	4340 кВт/час
Диаметр биореактора	4,5 м
Конструкция биореактора модульная, длина модуля	12 м
Полезный объем биореактора	2575 м ³
Общая длина зигзагообразной конструкции биореактора	162 м
Кол-во модулей (может наращиваться или уменьшаться)	14 шт.
Режим брожения	мезофильно-термофильный
Технологический процесс брожения	непрерывный
Влажность загружаемого субстрата	75 %
Избыточное давление биогаза	2 кПа (200 мм. вод. ст.)
Температура брожения в мезофильной секции	от 30 °С до 40 °С
Температура брожения в термофильной секции	от 45 °С до 57 °С
Количество жидких удобрений на выходе	199 т/сут

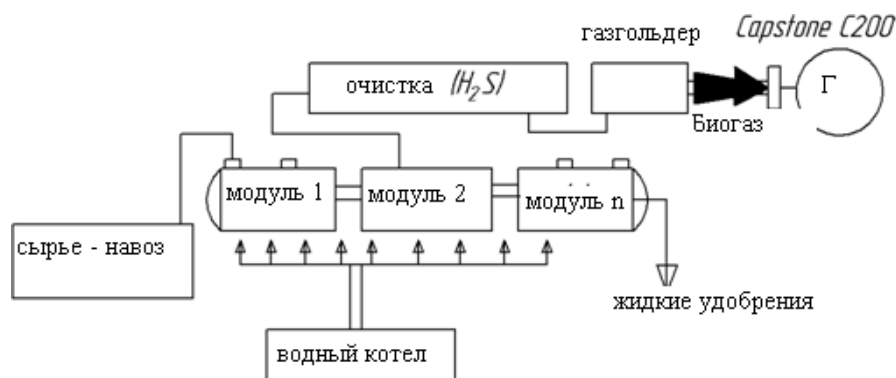


Рисунок 1 – Проектируемая биогазовая установка

Таким образом, из представленных расчетов видно, что при использовании биогазовой установки на птицефабрике «Башкирская» выработка электроэнергии составит 1680 кВт/час. При ориентировочной стоимости 1 кВт электроэнергии для юридических лиц в РФ 4,34 руб., в час птицефабрика «Башкирская» только на электроэнергии может экономить порядка 7291 руб. в час или 63 869 160 руб. в год. Кроме того, значительная экономическая прибыль может быть также получена от продажи удобрений и от экономии на тепловой энергии. Все вместе это показывает значительную эффективность использования биогазовой установки на птицефабрике «Башкирская».

Для оценки стоимости биогазовой установки был подобран примерный набор необходимого оборудования с учетом стоимости на 1.04.2018 г. В стоимость оборудования также включены монтажные и пусконаладочные работы.

Таким образом капитальные затраты предприятия составят 314 939 834 руб. с учетом пусконаладочных и монтажных работ.

Помимо капитальных затрат необходимо учесть затраты, связанные с текущими расходами предприятия. Для определения текущих расходов предприятия необходимо учесть транспортные расходы, амортизационные отчисления, а также расходы на материалы, связанные с эксплуатационным обслуживанием оборудования.

Предварительные расходы, связанные с выполнением работ для реализации проекта (доставка комплектующих для биогазовой установки осуществляется поставщиком оборудования) составляют примерно 2 480 000 руб. Данные затраты связаны в основном с командировками персонала на обучение.

Также необходимо произвести расчет амортизационных отчислений от устанавливаемого оборудования. Также к годовым текущим затратам относятся расходы на материалы, связанные с эксплуатационным обслуживанием оборудования. Расчет расходов на материалы и запасные части

принимаются в размере одного процента в год от общей стоимости оборудования, и составляет 3 149 398 рублей. Таким образом, полные затраты на реализацию проекта составят 329 747 317 рублей.

Стоимость электроэнергии вырабатываемой биогазовой установкой составляет 63 869 160 руб. в год. Помимо этого, на выходе из биогазовой установки потребитель имеет еще тепловую энергию, стоимость которой составляет 35 277 566 руб., а также сухое удобрение, продажа которого, при цене за тонну до 620 рублей принесет 45 157 080 руб. Суммарный годовой доход от эксплуатации биогазовой установки составит 144 303 806 руб., без учета снижения затрат на утилизацию, которые птицефабрика имеет сейчас.

Исходя из проведенных расчётов, очевидно, что срок окупаемости биогазовой установки не превышает 3-х лет. Что также доказывает ее эффективность при возможных сроках эксплуатации до 25 лет.

Таким образом, доказана эффективность применения биогазовых установок на территории Российской Федерации на примере конкретной птицефермы, расположенной в Республике Башкортостан. Общая стоимость внедрения биогазовой установки с учётом текущих затрат не превышает 329 747 317 руб., при этом срок окупаемости установки составляет 3 года. В последующие года ожидаемый максимальный экономический эффект составит порядка 124 млн. С учетом того, что в РФ аналогичных птицеферм с поголовьем от 1,5 до 3 млн. птиц имеется около 12, то только на данных крупных предприятиях годовой экономический эффект от внедрения составляет до 1 488 млрд. Это доказывает эффективность использования биогазовых установок на птицефермах РФ.

Таким образом, рассматривая данную биоустановку на птицефабрике «Башкирская» мы можем говорить о том, что возможна также ее совместная работа с солнечными энергоустановками. Это позволит в дальнейшем обеспечить малые предприятия агропромышленности и сельского хозяйства стабильным энергоснабжением с минимальными затратами, уберечь от разорения, возникающего вследствие огромных долгов за электроэнергию. Использование автономных комбинированных энергоустановок способствует развитию сектора возобновляемой энергетики на территории нашей страны.

Вывод

Основным достоинством использования биогазовой установки является решение существующих экологических проблем, связанных с накоплением, хранением и утилизацией органических отходов, а также получение электрической и тепловой энергии, высококачественного удобрения. Использование таких источников энергии позволяет покрыть до 50% всей нагрузки предприятий в осенне-зимний период, а работая в весенне-летний период позволяет продавать электроэнергию и биогаз другим потребителям. Его использование позволяет частично перейти на автономное обеспечение электричеством и теплом, получать газ и горячую воду. Кроме того, работа биогазовой установки возможна в комплексе с солнечной и ветровой установкой, что позволит областям без централизованного энергоснабжения перейти на полную автономность. Применение энергетических комплексов при реализации проектов связано с обязательным решением не только энергетических, но и экологических проблем, обеспечивающих беспрецедентный рост доли возобновляемой энергетики в ближайшие годы.

Литература

1. Приказ Минэнерго России от 28.02.18 № 121 "Об утверждении схемы и программы развития единой энергетической системы России на 2018 - 2024 годы".
2. Федеральный закон "Об электроэнергетике" от 26.03.2003 N 35-ФЗ.
3. Kang, Jun Young; Do Won Kang; Tong Seop Kim and Kwang Beom Hur, (2014), Comparative economic analysis of gas turbine-based power generation and combined heat and power systems using biogas fuel, *Energy*, 67, (C), 309-318
4. Karellas, Sotirios; Ioannis Boukis and Georgios Kontopoulos, (2010), Development of an investment decision tool for biogas production from agricultural waste, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, (4), 1273-1282
5. Barbara Eder, Heinz Schulz. Биогазовые установки Практическое пособие. Перевод с немецкого выполнен компанией Zorg Biogas в 2011 г. Под научной редакцией И. А. Реддих. 1996.
6. Chang, C.-W., Lee, T.-H., Lin, W.-T., Chen, C.-H. Electricity generation using biogas from swine manure for farm power requirement // *International Journal of Green Energy* Volume 12, Issue 4, 3 April 2015, Pages 339-346
7. Kumar, R., Pal N., Kumar, R. Techno-economic analysis of grid connected PV-biomass based hybrid system with feed-in tariffs for ISM, Dhanbad // 2015 International Conference on Energy Economics and Environment
8. Matin, M. Rosi Ranan, Siddique, Hybrid power generation to meet the increasing demand of energy for an island of Bangladesh 2013 2nd International Conference on Advances in Electrical Engineering,

ICAEE 2013; Dhaka; Bangladesh; 19 December 2013 through 21 December 2013; Category number CFP1389W-ART; Code 103284

9. Sanauallah Ahmad, Khalid Mahmood, Muhammad Anas Designing and Strategic Cost Estimation of Biogas Plant: An Alternative for Current Energy Crisis in Pakistan // International Journal of Renewable Energy and Environmental Engineering ISSN 2348-0157, Vol. 03, No. 03, July 2015 IJREE

10. Sivek, M.Kavina, P Malečková, V.Jirásek, J. Czech Republic and indicative targets of the European Union for electricity generation from renewable sources Energy Policy Volume 44, May 2012, Pages 469-475

11. Witt, J., Kaltschmitt, M. Renewable energies: Status for 2007 worldwide and in Europe BWK-Energie-Fachmagazin, 60 (1-2), pp. 67-79.

12. Witt, J Viehmann, C. Kaltschmitt, M. Survey of renewable energies in the world and in Europe as of 2008 BWK- Energie-Fachmagazin Volume 61, Issue 5, 2009, Pages 66-81

13. Demuyneck, M.Naveau, H.,Nyns, E.-J. Biomethanation and biogas plants in the USA - a European view Trends in Biotechnology Volume 2, Issue 1, January 1984/February 1984, Pages 2-5

14. Guenther-Lübbers, W. Bergmann, H., Theuvsen, L. Potential analysis of the biogas production - As measured by effects of added value and employment Journal of Cleaner Production Volume 129, 15 August 2016, Pages 556-564

15. Balcombe, Paul; Dan Rigby and Adisa Azapagic, (2015), Environmental impacts of microgeneration: Integrating solar PV, Stirling engine CHP and battery storage, Applied Energy, 139, (C), 245-259

16. Basrawi, Firdaus; Takanobu Yamada and Obara, Shin'ya, (2014), Economic and environmental based operation strategies of a hybrid photovoltaic-microgas turbine trigeneration system, Applied Energy, 121, (C), 174-183

17. Bruno, Joan Carles; Víctor Ortega-López and Alberto Coronas, (2009), Integration of absorption cooling systems into micro gas turbine trigeneration systems using biogas: Case study of a sewage treatment plant, Applied Energy, 86, (6), 837-847

18. Buonomano, Annamaria; Francesco Calise; Adolfo Palombo and Maria Vicidomini, (2015), Energy and economic analysis of geothermal-solar trigeneration systems: A case study for a hotel building in Ischia, Applied Energy, 138, (C), 224-241

19. Cho, Heejin; Amanda D. Smith and Pedro Mago, (2014), Combined cooling, heating and power: A review of performance improvement and optimization, Applied Energy, 136, (C), 168-185

20. Gao, Penghui; Wangliang Li; Yongpan Cheng; YenWah Tong; Yanjun Dai and Ruzhu Wang, (2014), Thermodynamic performance assessment of CCHP system driven by different composition gas, Applied Energy, 136, (C), 599-610

21. Jannelli, E.; M. Minutillo; R. Cozzolino and G. Falcucci, (2014), Thermodynamic performance assessment of a small size CCHP (combined cooling heating and power) system with numerical models, Energy, 65, (C), 240-249

22. Jradi, M. and S. Riffat, (2014), Tri-generation systems: Energy policies, prime movers, cooling technologies, configurations and operation strategies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 32, (C), 396-415

23. Lantz, Mikael, (2012), The economic performance of combined heat and power from biogas produced from manure in Sweden – A comparison of different CHP technologies, Applied Energy, 98, (C), 502-511

24. Li, Longxi; Hailin Mu; Weijun Gao and Miao Li, (2014), Optimization and analysis of CCHP system based on energy loads coupling of residential and office buildings, Applied Energy, 136, (C), 206-216 c.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ

Исмагилов Ф.П., Вавилов В. Е.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

+7 (927) 346-53-05, vavilovv@ugatutu.su

Статья посвящена исследованию эффективности применения в электрических машинах композитных материалов. Также в статье рассматривается возможность создания полностью композитной электрической машины, оцениваются ее параметры и характеристики.

Ключевые слова: электрическая машина, композитные материалы, энергоэффективность

Use of composite materials in electric machines. Ismagilov FR, Vavilov V. Ye., FGBOU VO "Ufa State Aviation Technical University"

The article is devoted to the study of the efficiency of the use of composite materials in electric machines. Also in the article the possibility of creating a fully composite electric machine is considered, its parameters and characteristics are evaluated.

Keywords: electric machine, composite materials, energy efficiency

Введение

В эпоху активного развития информационно-коммуникационных систем важное место занимают системы передачи, обработки и хранения информации. Несмотря на повсеместное внедрение беспроводных технологий, до сих пор широко распространены системы, построенные на проводных линиях связи. В системах передачи информации ответственного и специального назначения, в которых необходимо обеспечивать высокие скорости обмена информацией, ее качество и достоверность, применяют линии связи на основе оптических кабелей.

Очевидно, что при проектировании таких линий связи характеристики долговечности оптических кабелей (минимальная наработка, гамма-процентный ресурс, срок службы) в значительной степени будут определять и показатели их долговечности. Поэтому для повышения точности и достоверности расчетной оценки характеристик долговечности линий связи на основе оптических кабелей в расчетах следует использовать не только данные, приведенные в технических условиях на кабель, но и учитывать особенности модели его эксплуатации в составе линии связи, а также режимы и условия применения.

Электрические машины (ЭМ) являются одним из основных потребителей и производителей электрической энергии. Они применяются во всех отраслях жизнедеятельности человека. Глобальной тенденцией их развития является расширение физических возможностей ЭМ, при одновременной минимизации затрат и ресурсоемкости создания ЭМ, повышении эффективности ЭМ и увеличения плотности их энергии. Реализация данной тенденции позволяет обеспечить значительный экономический эффект, который может достигать нескольких десятков миллиардов долларов в год. Помимо экономического эффекта повышение энергоэффективности ЭМ позволит минимизировать выбросы в атмосферу CO₂. В 2016 году, эксплуатация ЭМ привела к выбросам более 7,5 Гт CO₂ [1]. Также реализация сформулированной тенденции позволяет заменить в ряде отраслей традиционные силовые установки, работающие на органическом топливе экологически чистыми, бесшумными электрическими силовыми установками, и обеспечить при этом расширение функциональных возможностей транспортных, летательных и морских автономных объектов.

Именно на расширение физических возможностей ЭМ, при одновременной минимизации затрат и ресурсоемкости создания ЭМ, повышении эффективности ЭМ и увеличения плотности их энергии направленно большинство исследований последних десятилетий. Данная тенденция отражается во множестве финансируемых национальных и международных исследовательских программах. Для повышения энергоэффективности ЭМ и увеличения плотности их энергии создаются высокооборотные и сверхвысокооборотные ЭМ [1–3], разрабатываются сверхпроводящие ЭМ [4, 5] и высокотемпературные ЭМ [6, 7].

Одним из способов минимизации затрат и ресурсоемкости создания ЭМ, повышении их эффективности и увеличения плотности их энергии является использование в ЭМ композитных материалов (КМ), которые обладают простой, безотходной технологией изготовления и более низкой ценной, по сравнению с традиционными материалами.

КМ это многокомпонентные материалы, состоящие из пластичной основы, армированной наполнителями. Сочетание разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих.

Запасы традиционных материалов, используемых в ЭМ, таких как медь, алюминий конструкционные и электротехнические стали в мире ограничены, чего нельзя сказать про КМ. Поэтому КМ являются перспективными материалами для создания ЭМ нового поколения.

В данной статье оценивается эффективность использования композитных материалов в ЭМ и определяются их тенденции развития.

Исследования композитных электрических машин

Для численной оценки эффективности использования КМ в ЭМ в данном разделе приведено сравнение высокооборотного ЭМ мощностью 120 кВт с частотой вращения ротора 50000 об/мин разработанного нашим исследовательским коллективом из традиционных материалов и оценены его характеристики при выполнении его элементов из КМ. Сравнение производилось методом конечных элементов (МКЭ) при этом использовалась компьютерная модель, верифицированная на экспериментальном образце, выполненном из традиционных материалов. Результаты экспериментальной верификации модели МКЭ также приведены в данном разделе.

В таблице 1 приведены характеристики ЭМ выполненной из традиционных материалов. Данная ЭМ выполнялась для использования в аэрокосмической технике. Статор ЭМ выполнен из электротехнической стали, Индукция насыщения данной стали составляет 1,8 Тл. Толщина одного листа составляет 0,18 мм. Потери на гистерезис и вихревые токи при индукции 1 Тл составляют 198 Вт/кг при частоте 2000 Гц. Статор имеет 24 паза. В пазах размещена распределенная обмотка из медного провода. Ротор выполнен 4 полюсным. При экспериментальных исследованиях рассматривались три ротора. Первый ротор был выполнен с постоянными магнитам Sm2Co17. Поверх постоянных магнитов установлен бандаж из инконеля 718. Второй ротор был выполнен с постоянными магнитами Sm2Co17. Поверх постоянных магнитов установлен бандаж из углеволокна. Третий ротор был выполнен с постоянными магнитами NdFeB 38SH и бандажом из углеволокна. Толщина бандажа во всех случаях составляла 4 мм. Охлаждение ЭМ осуществляется по алюминиевой рубашке. ЭМ работает совместно со статическим преобразователем, который создает временные гармоники МДС, что приводит к появлению потерь на вихревые токи в бандажной оболочке ротора и в постоянных магнитах.

Экспериментальные исследования прототипа выполнялись на стенде при полной электрической нагрузке. Приводом ЭМ являлась турбина, раскручиваемая сжатым воздухом, мощность стенда составляла 235 кВт. Максимальная частота вращения турбины достигает 60000 об/мин. При испытаниях ЭМ напряжение измерялось измерителем MT4W-AV, частота выходного напряжения измерителем MT4W-AHz токи измерялись с помощью токовых клещей подключенных к портативному осциллографу Fluke. Мощность и КПД оценивались с помощью измерения механического момента турбины и оценки выходной мощности ЭМ. Шаг изменения нагрузки составлял 5 кВт, максимальная нагрузка, подаваемая на ЭМ не превышала 100 кВт.

Для обеспечения адекватности модели МКЭ с результатами экспериментов в широком диапазоне входных значений были проведены экспериментальные исследования с несколькими типами роторов ЭМ. В частности при экспериментальных исследованиях испытывались ротора с различными бандажными оболочками (титан и инконель 718) и с различными типами магнитов. При различных изменениях материалов ротора, разработанная компьютерная модель давала одинаковую погрешность не более 5 %.

Одинаковая погрешность при различных свойствах испытуемых материалов между экспериментами и результатами МКЭ позволяет говорить об адекватности созданной модели и возможностью использования ее при оценки характеристик ЭМ из КМ. Полностью композитная ЭМ была нами не создана из-за дороговизны поставки материалов для обмотки статора. Задачу создания экспериментального образца из КМ мы планируем решить в последующих исследованиях.

С помощью изменение свойств материалов в компьютерной модели были просчитан вариант ЭМ выполненные не из традиционных материалов, а из композитных. Статор при расчетах рассматривался из Somalloy 700P, обмотка из УНТ, бандаж выполнялся из композитных материалов, вал также был выполнен гибридным. Геометрические размеры ЭМ оставались такими же как у ЭМ, выполненного из традиционных материалов. Единственное у ЭМ из КМ был уменьшен внешний диаметр статора из-за отказа от рубашки охлаждения и размещения охлаждающих трубок в пазах статора. При этом геометрические размеры статора остались неизменными, так как УНТ позволяет выдерживать более высокие плотности тока, что позволило уменьшить коэффициент заполнения паза у ЭМ из КМ и разместить в ней трубки охлаждения. Подшипники у исследуемых ЭМ оставались неизменными, использовались подшипники марки SKF 7005 CE/HCP4A с жидкой смазкой. Для смазки подшипников на испытательном стенде был организован дополнительный масляный канал.

Корпус ЭМ из традиционных материалов был выполнен из алюминия, а корпус ЭМ из КМ был выполнен из углеволокна. Постоянные магниты в ЭМ из КМ рассматривались выполненными из металлического сплава SmCo и постоянные магниты из полимерных материалов (PPM) MQ1-12. При оценки ЭМ с постоянными магнитами из PPM MQ1-12 рассматривалась предложенная нами выше идея полностью композитного ротора со сборкой Хальбаха. Результаты измерений параметров ЭМ из традиционных материалов и расчетов ЭМ из УНТ представлены в таблице 1.

Таблица 1–Характеристики исследуемых ЭМ

	ЭМ из традиционных материалов	ЭМ из КМ с SmCo	ЭМ из КМ с PPM MQ1-12
Мощность, кВт/кВА	100/120	100/120	100/105
Частота вращения ротора, об/мин	50000	50000	50000
Внешний диаметр ЭС с корпусом, мм	177	147	147
Внешний диаметр статора, мм	137	137	137
Внутренний диаметр статора, мм	68	68	68
Внешний диаметр ротора, мм	60	60	60
Активная длина ротора, ЭМ	180	180	180

Немагнитный зазор, мм	6	6	6
Номинальный ток, А	330	330	300
Номинальное фазное напряжение, В	115	115	115
Материал проводника	медь	УНТ	УНТ
Удельное сопротивление, Ом*м/мм ²	0,018	0,324	0,324
Сопротивление фазы, Ом	0,001	0,028	0,0392
Диаметр элементарного проводника, мм	1,1	0,4	0,4
Число жил в элементарном проводнике	15	70	70
Число витков в фазе	20	20	28
Число параллельных ветвей	4	4	4
Коэффициент заполнения паза, %	65	50	60
Плотность тока, А/мм ²	6	9,5	8,5
Линейная токовая нагрузка, А/м	47000	47000	58000
Напряжения в бандаже ротора, МПа	590	515	515
Материал бандажной оболочки ротора	Инконель 718	CFRP DW 231	CFRP DW 231
Толщина бандажной оболочки ротора, мм	4	4	4
Материал магнитопровода статора	SiFe	Somalloy 700P	Somalloy 700P
Индукция в зубцах статора, Тл	1,28	1,28	1
Индукция в воздушном зазоре, Тл	0,65	0,65	0,48
Индукция в спинке статора, Тл	1,48	1,48	1,2
Потери в обмотке статора, Вт	326,7	9147,6	10584
Потери в железе статора, Вт	2400	2100	1780
Потери в постоянных магнитах ротора и бандажной оболочки, Вт	353	57	37
Аэродинамические потери, Вт	870	870	870
КПД ЭМ, %	96	89	89
Масса статора, кг	7	6,8	6,8
Масса обмотки, кг	4	0,6	0,8
Масса ротора, кг	8	6,4	2,6
Масса вала, кг	2,5	1,4	0,2
Масса системы охлаждения, кг	2	0,5	0,5
Масса корпуса, кг	3	2,4	2,4
Полная масса ЭМ, кг	26,5	18,1	13,1
Удельная мощность, кг/кВт	0,26	0,18	0,13
Температура обмотки статора, оС	123	141	137
Температура постоянных магнитов, оС	110	75	71

Из анализа таблицы 1 видно, что даже при настоящем уровне развития КМ при использовании их в ЭМ возможно достигнуть значительного снижения массы ЭМ. В рассматриваемом случае ожидаемое снижение массы достигает 8,4 кг при использовании металлических постоянных магнитов, а при использовании РРМ и предложенной конструкции ротора на 13,4 кг. Эффективность композитных ЭМ, как видно из приведенных исследований, пока несколько ниже, чем у ЭМ из традиционных материалов, но при этом полученная эффективность ЭМ из КМ не ниже 89 %, что позволяет говорить о возможности использования подобных ЭМ во многих отраслях промышленности.

Кроме того, как видно из полученных результатов при использовании РРМ появляется возможность, для рассматриваемых численных параметров, уменьшить размеры статора ЭМ и обеспечить еще более высокое снижение массы. Это вызвано тем, что статор ЭМ при использовании РРМ очень слабо насыщен.

Другим аспектом, не отраженным в таблице 1, является то, что не сравнивалась стоимость и технологичность исследуемых ЭМ. Хотя выполненный предварительный анализ показал, что ЭМ из КММ и с РРМ может иметь стоимость ниже до 50 % по сравнению с ЭМ из традиционных материалов. Учитывая перспективы развития 3D печати комплектующих стоимость ЭМ из КМ может в будущем еще снижена, а технология их производства упрощена.

Благодарности

Работа проведена в рамках научного проекта РФФИ 16-19-10005

Литература

1. Tong, W., Wu, S., Sun, J., Zhu, L. Iron Loss Analysis of Permanent Magnet Synchronous Motor with an Amorphous Stator Core// 2016 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2016 – Proceedings 7791716
2. Evgeni Ganev Selecting the Best Electric Machines for Electrical Power Generation Systems// IEEE Electrification Magazine. December 2014
3. Borisavljevic A., Polinder H., Ferreira J. On the Speed Limits of Permanent-Magnet Machines // IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2010. Vol. 57, № 1. P. 220–227.
4. Kirill Modestov ; Konstantin Kovalev ; Alexander Dubensky ; Sergey Zhuravlev Brushless Nonsteel HTS Generator With Combined Excitation With Trapped Field Plates on the Rotor IEEE Transactions on Applied Superconductivity Volume: 28, Issue: 4, June 2018
5. C. A. Luongo et al., "Next generation more-electric aircraft: A potential application for HTS superconductors", IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 19, no. 3, pp. 1055-1068, Jun. 2009.
6. Bojoi, R., Cavagnino, A., Tenconi, A., Vaschetto, S. Control of shaft-line-embedded multiphase starter/generator for aero-engine. IEEE Transactions on Industrial Electronics , 2016, 641 – 652

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СИЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ С РАВНОМЕРНЫМ
ПОТРЕБЛЕНИЕМ ТОКА ОТ СЕТИ

*Дягилев В.И., *Коковин В.А., **Увайсов С.У.

*Университет «Дубна», Филиал «Протвино» г. Протвино, **РТУ-МИРЭА г. Москва
+7(985) 979-96-77, kokovin@uni-protvino.ru, +7 (499) 215-65-65, uvaysov@yandex.ru

Представлены результаты математического и компьютерного исследования процессов в силовом преобразователе, построенного на основе схемы Чука. Приведенные результаты позволяют сделать выбор параметров компонентов преобразователя для осуществления регулирования выходного напряжения при равномерном потреблении тока от питающей сети.

Ключевые слова: силовой преобразователь, схема Чука, компьютерное моделирование и симулирование.

Study of Processes in Power Converters with Universal Current Consumption from the Network.
*Diagilev V.I., *Kokovin V.A., **Uvaysov S.U., *State University “Dubna”, branch “Protvino”, **Russian Technological University (MTU-MIREA).

The results of mathematical and computer research of processes in the power converter constructed on the basis of the Chuk scheme are presented. The resulted results allow to make a choice of parameters of components of the converter for realization of regulation of an output voltage at uniform current consumption from a feeding network.

Keywords: power converter, Cúuk SMPS, computer modelling and simulation

Введение

Известно, что однофазный выпрямитель характеризуется большими пульсациями выходного напряжения [1]. Для их уменьшения в настоящее время применяются фильтровые конденсаторы (без тяжелых и громоздких дросселей). Естественно, что необходимо увеличить их емкость, а это, как известно приводит к двум недостаткам таких RC-фильтров (где R- внутреннее сопротивление питающей сети и диодов выпрямителя, довольно малой величины). Поэтому бросок пускового тока может быть очень большим. Кроме того, потребляемый из сети ток имеет импульсный характер и отстает по фазе от синусоиды питающего напряжения.

Необходимо обеспечить требуемую мощность в нагрузке. В современных блоках питания применяются корректоры коэффициента мощности (ККМ) с использованием специализированных интегральных микросхем. Рассмотрим один из вариантов ККМ на основе импульсного преобразователя, известного под названием «Преобразователь Чука» (ПЧ) [2]. На рис.1 приведена схема ПЧ. В этой схеме введены следующие обозначения:

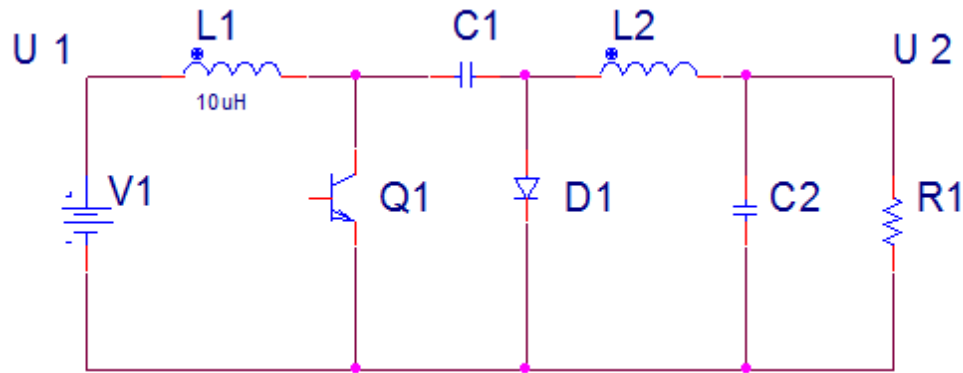


Рис. 1 Схема импульсного преобразователя с идеальными параметрами

- V_1 – источник питания;
- L_1, L_2 - накопительные дроссели ПЧ;
- Q_1 – коммутирующий транзистор;
- C_1 – буферный конденсатор на выходе силового преобразователя (СП);
- C_2 – накопительный конденсатор;
- D_1 – переключающий диод;
- R_1 – сопротивление нагрузки;
- U_1 – напряжение на входе СП;
- U_2 – напряжение на нагрузке.

Для получения уравнения регулировочной характеристики СП составим дифференциальные уравнения для схемы, приведенной на рис.1. При этом удобно заменить транзистор Q_1 и диод D_1 коммутационными функциями Ψ_1 и Ψ_2 соответственно, где $\Psi_2 = 1 - \Psi_1$.

$$L_1 \frac{di_1}{dt} = u_{ex} - u_{c1} \Psi_2 \quad (1)$$

$$\Psi_1 (u_c - L_2 \frac{di_2}{dt}) = u_{c2} \quad (2)$$

$$C_2 \frac{duc_2}{dt} + \frac{uc_2}{R} = i_2 \quad (3)$$

$$C_1 \frac{duc_1}{dt} = i_1 \Psi_2 - i_2 \Psi_1 \quad (4)$$

После алгебраизации уравнений (1-4) по методике, описанной в [3] получим (с учетом $U_{c2} = U_{вых}$):

$$K_{п.н.} = U_{вых} / U_{вх} = \Psi_1 / (1 - \Psi_1), \quad (5)$$

где $K_{п.н.}$ – коэффициент преобразования по напряжению

$$I_{вх} = (U_{вх} / R_1) (\Psi_1^2 / \Psi_2^2) = (U_{вх} / R_1) K_{п.н.}^2 = U_{вх} / R_{вх}, \quad (6)$$

$$R_{вх} = R / K_{п.н.}^2 = R(1 - \Psi_1)^2 / \Psi_1^2$$

где $I_{вх}$ - среднее значение входного тока, а $R_{вх}$ – входное сопротивление преобразователя.

Следует заметить, что этот анализ произведен для идеальных элементов схемы (потери в резисторах, конденсаторах, дросселях - отсутствуют). Как отмечено в работе [3], учет потерь приводит к решению дифференциальных уравнений четвертого порядка, что вызывает определенные сложности. Кроме этого, необходимо иметь исходные данные для определения параметров компонентов схемы. Компьютерное моделирование позволяет получить временные диаграммы токов, напряжения и мощности в любом элементе схемы, а также построить параметрические зависимости при вариации заданных величин [4].

Рассмотрим работу СП с помощью схемы замещения (рис.2). В этой схеме переменное напряжение сети $U_{\text{пит}}$ от источника V_1 через мостовой выпрямитель D_1-D_4 и его фильтрового конденсатора C_1 подается на вход цепи, состоящей из дросселя L_1 , буферного конденсатора C_2 и нагрузочного контура R_3, C_4 . После заряда конденсатора C_2 можно сформировать импульс управления на транзистор M_1 , при этом ток через него равен сумме токов $i_{M1} = i_{L1} + i_{C2}$. При запираии транзистора M_1 (напряжение импульса управления равно нулю) процесс протекания тока через нагрузочный контур продолжается под действием э.д.с U_{L2} , наведенной током от перезаряженного конденсатора C_2 .

Удобно разделить цикл работы СП на три этапа (см. таблицу 1). показано состояние трех элементов схемы: V_1, M_1, D_5 . Цифрами на временных диаграммах (рис.3) обозначены токи, протекающие через элементы схемы.

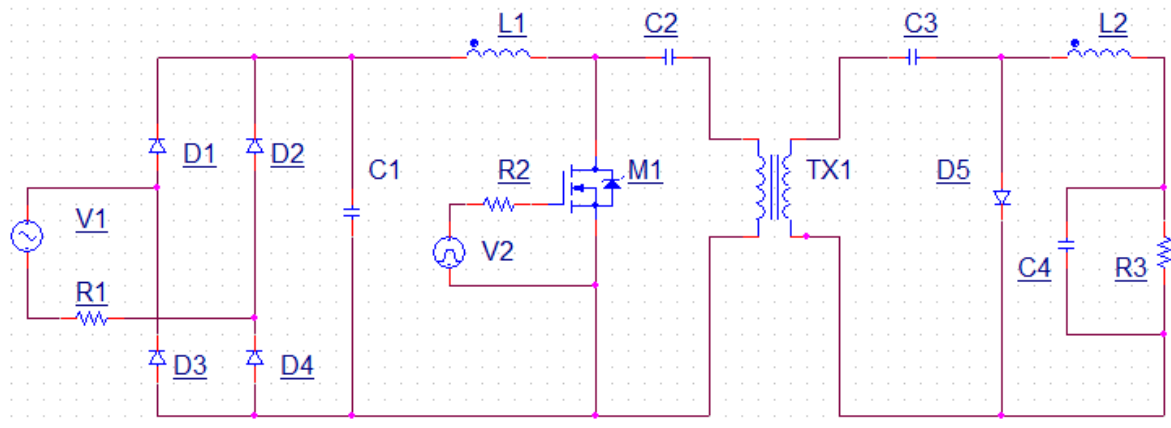


Рис. 2 Схема замещения силового преобразователя

Таблица 1. Этапы рабочего цикла СП

Этап/Тип элемента	$U_{\text{пит}}$ (V_1)	M_1	D_5	Описание процессов
I	1	0	0	Зарядка буферного конденсатора C_2 от выпрямителя D_1-D_4 и фильтрового конденсатора C_1
II	1	1	0	Транзистор M_1 открыт. Его ток (4) $i_{M1} = i_{L1} + i_{C2}$. Ток (2) i_{C2} наводит э.д.с. U_{L2} ($i_{L1} - 5$)
III	1	0	1	Под действием э.д.с U_{L2} протекает ток (1) через диод D_5 . Он равен $i_{D5} = i_{L2} + i_{C2}$ Ток i_{C2} (2) протекает от источника питания через дроссель L_1 . На этом же этапе при равенстве токов i_{L2} (3) и i_{C2} (2) диод D_5 запирается и процесс продолжается до формирования нового импульса управления транзистором.

На рис.3 представлены временные диаграммы токов, протекающих через элементы приведенной выше схемы.

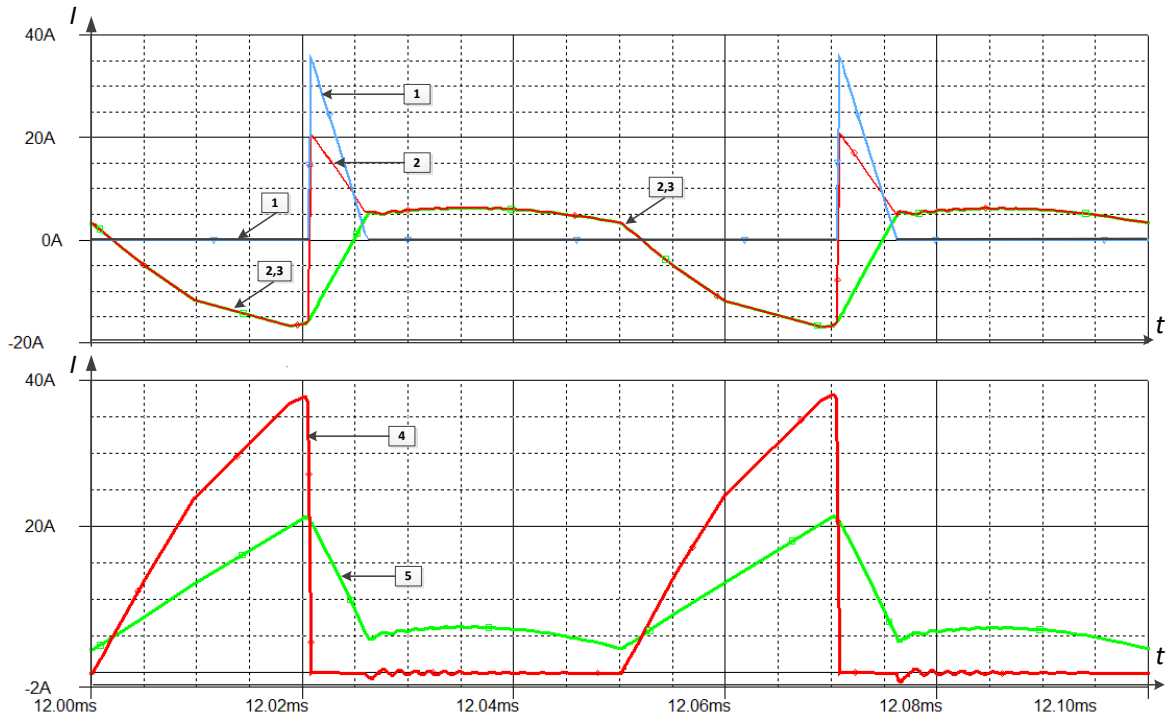


Рис. 3 Временные диаграммы токов в схеме (рис.2) СП:

1 - ток через диод D_5 , 2- ток дросселя L_2 , 3 - ток буферного конденсатора C_1 , 4 - ток через транзистор M_1 , 5 - ток дросселя L_1 .

Эти диаграммы позволяют количественно оценить величины токов. Например, из выражения $e = -L_1 \frac{di}{dt}$ можно определить амплитуду тока I_m через транзистор. $U_{пит} = L(\Delta i/\Delta t) = L(I_m/t_n)$, где t_n - длительность открытого состояния транзистора M_1 . Величина энергии, запасенная в дросселях L_1 и L_2 определяется из выражения $W = L(i^2/2)$. Для рассматриваемого случая $W = L(I_m^2/4)$ (форма тока - прямоугольный треугольник). Величина емкости конденсатора C_2 определится из выражений:

$$W_L = W_C, W_L = CU^2/2 \quad (7)$$

Подставляя в выражения (7) заданные значения параметров определим емкость конденсатора C_2 :

$$C_2 = 2 W_{L1} / (U_{пит})^2$$

Таким образом, при заданном значении питания $U_{пит}$, мощности в нагрузке и частоте переключения коммутирующего транзистора, можно определить все параметры схемы СП.

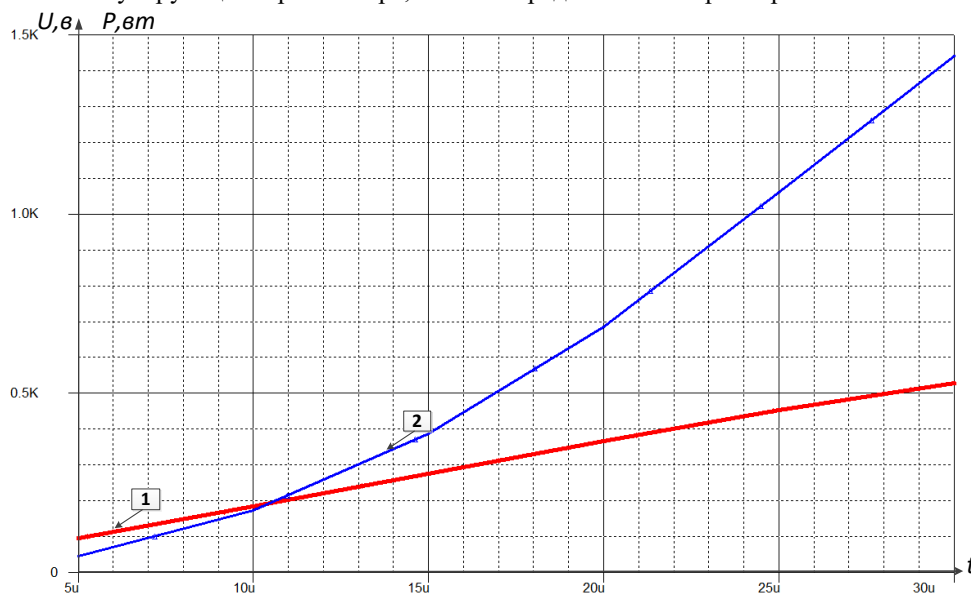


Рис. 4 Параметрические зависимости напряжения и мощности в нагрузке:
1 - напряжение на нагрузке, 2 - мощность в нагрузке.

На рис. 4 изображена регулировочная характеристика СП, представленная параметрическими зависимостями напряжения и мощности в нагрузке от длительности управляющих импульсов, подаваемых на транзистор. Длительность импульса задавалась в диапазоне от 5 мс до 30 мс на частоте коммутации - 20 кГц.

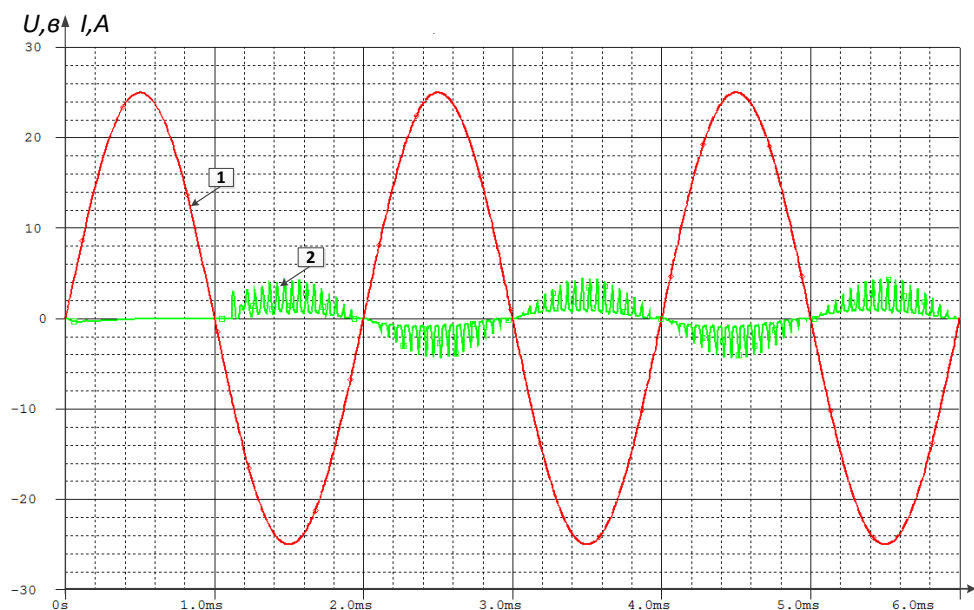


Рис. 5 Диаграммы напряжения питающей сети и потребляемого тока:
1 - напряжение, 2 - ток.

Временные диаграммы напряжения питающей сети (1) и потребляемого тока (2) представлены на рис.5. Из диаграмм видно, что огибающая амплитуд импульсов потребляемого тока имеет синусоидальную форму и находится в фазе с питающим напряжением.

Заключение

Использование в схеме силового преобразователя «схемы Чука» позволяет обеспечить непрерывное потребление энергии от питающей сети несмотря на импульсный характер процессов из-за поочередной работы коммутирующего транзистора, буферного конденсатора и переключающего диода. Несложное по схемотехнике устройство позволяет выполнять функции ККМ, а использование высокочастотного трансформатора дает возможность гальванически развязать нагрузочный контур и питающую сеть.

Литература

1. Гоноровский И.С., Демин М.П. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Радио и связь, 1994. – 480 с.
2. Севернс Р., Блюм Г. Импульсные преобразователи постоянного напряжения для систем вторичного электропитания. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 294 с.
3. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники. Ч. 1. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. – 199 с.
4. Saygid U. Uvaysov; Valery A. Kokovin; Vladimir I. Diagilev Power converter with signal frequency and amplitude regulation // IEEE (2018) 17th International Ural Conference on AC Electric Drives, 2018, pp. 1-5, DOI: [10.1109/ACED.2018.8341700](https://doi.org/10.1109/ACED.2018.8341700)

ГЛАВА 4. АНТЕННЫ, СВЧ ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВО РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОШИ ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ С ВЫБОРОМ ПЕРЕМЕННОЙ ИНТЕГРИРОВАНИЯ НА КАЖДОМ ШАГЕ

Конов К. И.

АО «Научно-производственное объединение «Лианозовский электромеханический завод»
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Приведено описание алгоритма решения задачи Коши численным методом. Показано применение алгоритма численного моделирования на примере построения траекторий лучей в неоднородных средах в рамках геометрического приближения. Проведено тестирование и оценка точности алгоритма на примере задачи с известным аналитическим решением.

Ключевые слова: задача Коши, численное моделирование, геометрическая оптика, оценка точности.

A numerical method for solving the Cauchy problem with a choice of the integration variable at each step. Konov K. I., JSC "Scientific and Production Association" Lianozovo Electromechanical Plant ", National Research University "Higher School of Economics"

A description of the algorithm for solving the Cauchy problem by a numerical method is given. An application of the numerical simulation algorithm is shown using the example of constructing ray trajectories in inhomogeneous media within the framework of the geometric optic approximation. The testing and estimation of the accuracy of the algorithm are carried out using the example of a problem with a known analytical solution.

Keywords: Cauchy problem, numerical modeling, geometric optics, accuracy estimation.

Введение

В настоящее время актуальной задачей является развитие и совершенствование методов расчета в геометрическом приближении [1-4]. Это вызвано широким распространением метода геометрической оптики в современных программных пакетах электродинамического моделирования, таких как: Comsol, ANSYS Electronics, FEKO, TAMIC [5-10].

Определение траекторий лучей в геометрическом приближении сводится к решению задачи Коши [6,13]. Отметим, что существуют методы численного решения задачи Коши, такие как: метод Эйлера, метод Рунге-Кутты, многошаговый метод Адамса, метод Адамса-Бэшфорта Моултона [13]. Однако в указанных методах интегрирование проводится по одной выбранной переменной для всех шагов интегрирования. Предлагается способ повысить эффективность вычислений, проводя интегрирование не по одной заранее заданной переменной, а выбирая переменную интегрирования на каждом шаге интегрирования в зависимости от скорости изменения каждой переменной [13]. Рассмотрим алгоритм численного решения задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений шестого порядка, которая соответствует трем пространственным измерениям [2]. Подобный алгоритм для случая 2-х пространственных измерений был рассмотрен в [13].

Алгоритм интегрирования с выбором переменной интегрирования на каждом шаге

Общая схема предложенного алгоритма интегрирования с выбором переменной интегрирования представлена на Рис. 1. Выбор переменной интегрирования происходит на каждом шаге, что позволяет минимизировать смещение на соседние фазовые траектории в районе точек бифуркации и делает алгоритм более эффективным. В качестве переменной интегрирования выбирается та переменная, у которой наблюдается наибольшая скорость изменения. Ей присваивается заданное значение шага – Δ и проводится расчет приращений оставшихся переменных по выражениям, являющимся функциями от Δ . При этом рассчитанные приращения не превышают значение Δ [13]. Это позволяет увеличить точность и повысить эффективность использования ресурсов ПК [1,2,8,11]. Отметим, что точность алгоритма можно повысить, увеличивая порядок интегрирования. Данный метод можно назвать методом Рунге-Кутты 1-го порядка с выбором переменной интегрирования, а при увеличении порядка интегрирования до n -го метод будет соответственно называться методом Рунге-Кутты n -го порядка с выбором переменной интегрирования [13].

Как видно из Рис. 1. работа алгоритма начинается с ввода данных. Входными данными являются: x – текущая координата по оси абсцисс; y – текущая координата по оси ординат; z – текущая координата по оси аппликат; p_x – проекция импульса на ось абсцисс; p_y – проекция импульса на ось ординат; p_z – проекция импульса на ось аппликат; x_1 – граница расчетной области по оси

абсцисс; y_1 – граница расчетной области по оси ординат; z_1 – граница расчетной области по оси аппликат; $p_{x\max}$ – граница расчетной области в пространстве импульсов по оси абсцисс; $p_{y\max}$ – граница расчетной области в пространстве импульсов по оси ординат; $p_{z\max}$ – граница расчетной области в пространстве импульсов по оси аппликат; $n^2(x, y, z)$ – функция распределения квадрата показателя преломления n от координат x, y, z ; $\frac{\Delta n^2}{\Delta x}$ – значение отношения приращения квадрата показателя преломления к соответствующему приращению координаты по оси абсцисс; $\frac{\Delta n^2}{\Delta y}$ – значение отношения приращения квадрата показателя преломления к соответствующему приращению координаты по оси ординат; $\frac{\Delta n^2}{\Delta z}$ – значение отношения приращения квадрата показателя преломления к соответствующему приращению координаты по оси аппликат; Δ – максимальный шаг интегрирования; N – максимальное число итераций расчета;

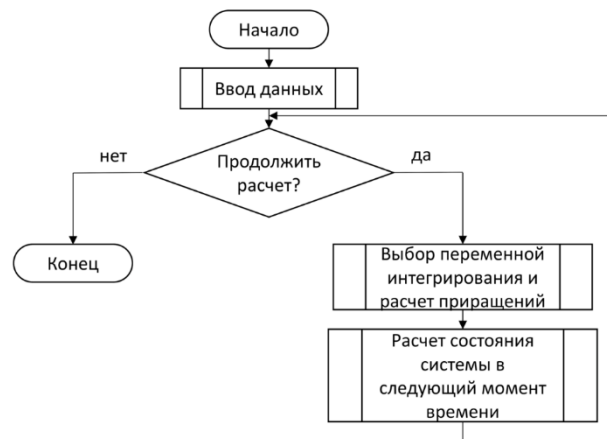


Рисунок 1 - Общая схема алгоритма интегрирования с выбором переменной интегрирования на каждом шаге

После ввода данных осуществляется проверка условий продолжения расчета. В качестве таких условий выступают: проверка входных данных на корректность; проверка выхода за границы параллелепипеда ограничивающего решение задачи в шестимерном фазовом пространстве ($x_1, y_1, z_1, p_{x\max}, p_{y\max}, p_{z\max}$); не превышение максимального числа итераций расчета (N).

При невыполнении условий продолжения расчета, вычисления прекращаются. А в случае, когда условия продолжения расчета выполняются происходит выбор переменной интегрирования и расчет приращений.

После того как найдены численные значения приращений по каждой переменной (см. Рис. 1.) выполняется расчет состояния системы в следующий момент времени. Далее, как следует из Рис. 1., вновь происходит проверка условия продолжения расчета.

Рассмотрим более подробно процедуру выбора переменной интегрирования и расчета приращений. Для выбора переменной интегрирования в случае трехмерной пространственной задачи необходимо определить наибольшую скорость изменения каждой переменной в шестимерном фазовом пространстве, что соответствует поиску наибольшего по модулю значения среди следующих переменных

$p_x, p_y, p_z, \frac{\Delta n^2}{\Delta x}, \frac{\Delta n^2}{\Delta y}, \frac{\Delta n^2}{\Delta z}$, поскольку: p_x определяет скорость изменения переменной x ; p_y определяет скорость изменения переменной y ; p_z определяет скорость изменения переменной z ; $\frac{\Delta n^2}{\Delta x}$

определяет скорость изменения переменной p_x ; $\frac{\Delta n^2}{\Delta y}$ определяет скорость изменения переменной p_y ; $\frac{\Delta n^2}{\Delta z}$ определяет скорость изменения переменной p_z .

В трехмерном случае, возможно шесть вариантов расчета приращений, когда в качестве переменной интегрирования выступает одна из переменных: Δx , Δy , Δz , Δp_x , Δp_y , Δp_z .

Блок-схема алгоритма выбора переменной интегрирования представлена на Рис. 2. Как следует из Рис. 2 входными данными алгоритма является: одномерный массив $m[6]$ из шести элементов с индексами от 0 до 5. Значения модулей переменных p_x , p_y , p_z , $\frac{\Delta n^2}{\Delta x}$, $\frac{\Delta n^2}{\Delta y}$, $\frac{\Delta n^2}{\Delta z}$ передаются в массив в соответствии с представленной таблицей (см. Таблица 1). Переменная p_x передается в ячейку с индексом 0, переменная p_y – индексом 1, переменная p_z – индексом 2, переменная $\frac{\Delta n^2}{\Delta x}$ – индексом 3, переменная $\frac{\Delta n^2}{\Delta y}$ – индексом 4, переменная $\frac{\Delta n^2}{\Delta z}$ индексом 5.

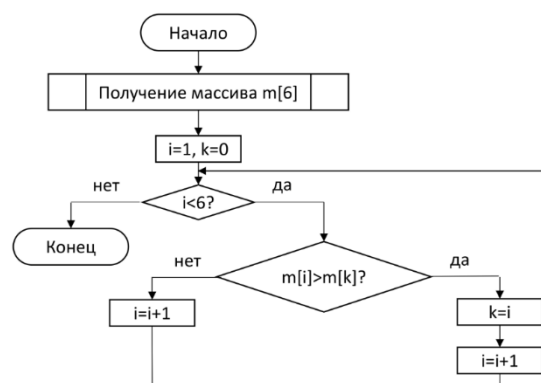


Рисунок 2- Блок-схема алгоритма выбора переменной интегрирования

Таблица 1 - Индексы переменных интегрирования

Индекс	0	1	2	3	4	5
Переменная	p_x	p_y	p_z	$\frac{\Delta n^2}{\Delta x}$	$\frac{\Delta n^2}{\Delta y}$	$\frac{\Delta n^2}{\Delta z}$

После того как переменные переданы в массив $m[6]$ производится поиск наибольшего элемента в массиве (см. Рис. 2). Для этого все элементы сравниваются между собой, определяется и сохраняется индекс i самого большого по модулю элемента. Он и будет соответствовать переменной с максимальной скоростью изменения.

Когда установлено значение индекса наибольшей по модулю переменной из набора p_x , p_y , p_z , $\frac{\Delta n^2}{\Delta x}$, $\frac{\Delta n^2}{\Delta y}$, $\frac{\Delta n^2}{\Delta z}$, осуществляется переход на оператор Switch (см. Рис. 3), который выполняет переключение на одну из шести веток алгоритма в зависимости от значения индекса i . После совершения перехода на одну из 6-ти веток алгоритма выбора переменной интегрирования, задается шаг ее изменения равный Δ , и проводится расчет приращений по другим переменным в соответствии с блок-схемой, приведённой на Рис. 3. Рассчитанные шаги приращений будут меньше значения Δ [13].

После того как приращения Δx , Δy , Δz , Δp_x , Δp_y , Δp_z рассчитаны, они суммируются с соответствующими значениями координат и проекций импульса на оси координат. На следующем шаге интегрирования рассчитанные координаты x , y , z и проекции импульса Δp_x , Δp_y , Δp_z , выступают в качестве части блока входных данных алгоритма выбора переменной интегрирования и расчета приращений (см. Рис. 1), если не выполнилось одно из условий прекращения расчета.

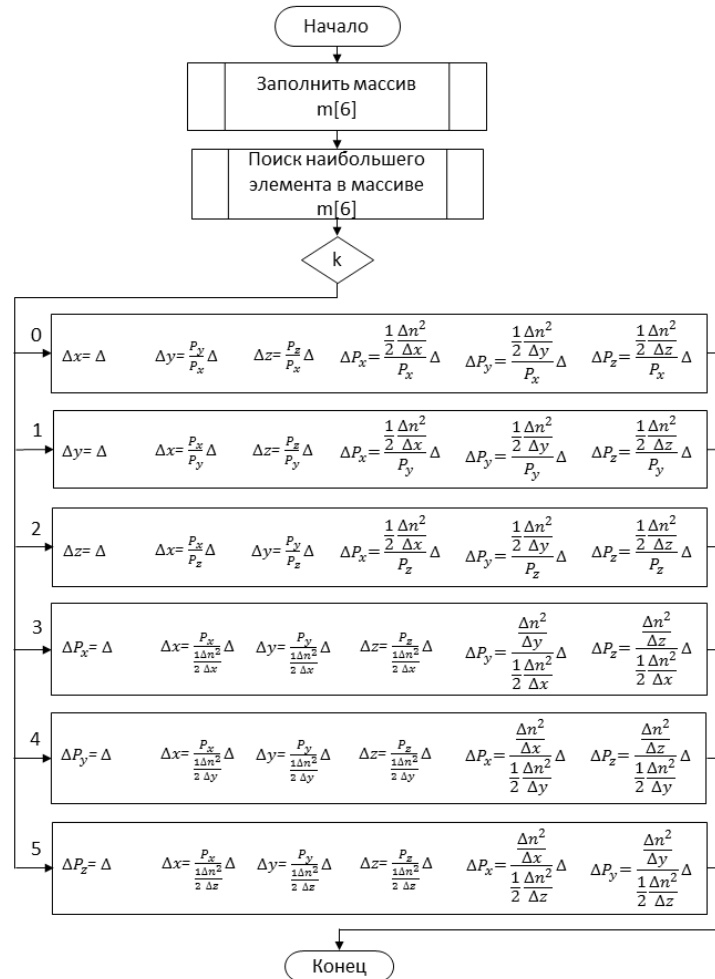


Рисунок 3 - Блок-схема расчета приращений

Тестирование вычислительных процедур и оценка точности

В качестве тестовой задачи выбрана геометрия, представляющая собой два полупространства разделенные границей раздела сред [13]. Точка входа луча задается координатами $x_0 = 0, y_0 = 0, z_0 = 0$ направление распространения определяется азимутальным и зенитным углами α и β . Луч распространяется из полупространства с показателем преломления $n_1 = 2$ в полупространство с показателем преломления $n_2 = 1$. Полупространства разграничиваются плоскостью, параллельной плоскости ХОУ и расположенной на расстоянии $z_1 = 0.5$ от начала координат.

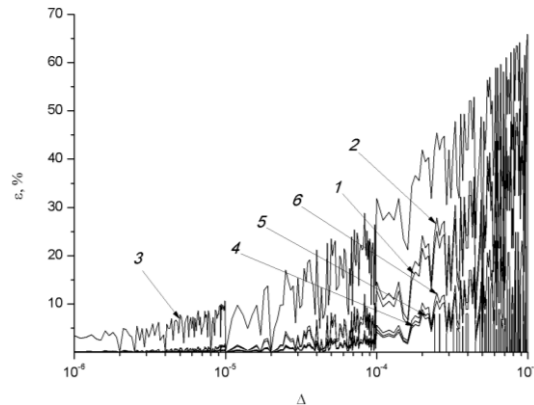


Рисунок 4 –Зависимость относительной погрешности расчета от значения шага сетки Δ . Кривая 1 соответствует относительной погрешности расчета для луча с зенитным углом β равным 10 градусам, кривая 2 – 20 градусам, кривая 3 – 30 градусам, кривая 4 - 40 градусам, кривая 5 – 50 градусам, кривая 6 – 60 градусам

На Рис. 4 приведена зависимость относительной погрешности расчета от значения шага сетки Δ . Наибольшая погрешность наблюдается для угла полного внутреннего отражения (при зенитном угле β равном 30 градусам). Наименьшие значения относительной погрешности наблюдаются для зенитных углов β равных 40 и 50 градусам. При этих начальных значениях луч отражается от границы раздела сред. При значениях зенитного угла β равных 10 и 20 градусов, луч проходит через границу раздела сред преломляясь. В этой области наблюдается повышенная погрешность. Из рис. 4 следует, что при уменьшении шага сетки, снижается относительная погрешность расчета, таким образом показано, что предложенный метод обладает сходимостью.

Заключение

Разработан алгоритм интегрирования с выбором переменной интегрирования согласно критерию непревышения заданных шагов для пространственных переменных и их скоростей для случая 6-ти мерного фазового пространства [2]. Численная процедура реализована в пакете Microsoft Visual Studio 2017. Проведено тестирование разработанной процедуры на задаче с известным аналитическим решением. Показана зависимость точности вычислений от шага сетки и значения зенитного угла.

Предложенный алгоритм можно использовать для численного моделирования распространения лучей в неоднородных средах с зависимостью диэлектрической проницаемости от трех координат [6-8,11,12]. Так же алгоритм может быть использован для численного решения широкого класса задач механики, в частности при численном моделировании процессов на основе принципа наименьшего действия. Расчеты могут проводиться для трехмерных задач (6-ти мерного фазового пространства).

Литература

1. Климов К.Н., Сестрорецкий Б.В., Построение консервативных сеток для решения двумерных задач электродинамического анализа систем с произвольным распределением диэлектрической и магнитной проницаемостей // Радиотехника и электроника, т. 46, №1, 2001, С. 30
2. Sestroretsky B.V., Ivanov S.A., Seredov V.M., Klimov K.N. // Family of 12-, 6-, and 3—parametrical algorithms for electrodynamic analysis of 3D stream Rt-net // International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory, MMET Сер. "Conference Proceedings - 2000 International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory, MMET 2000" 2000. P. 153-157.
3. Klimov K.N., Sestroretsky B.V., Soldatov S.V. // Analysis of planar structures with arbitrary distribution of permittivity in the time-domain mode // International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory, MMET Сер. "Conference Proceedings - 2000 International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory, MMET 2000" 2000. P. 128-130.
4. Klimov K.N., Sestroretsky B.V., Ivanov S.A. // Planar Rt grid for the analysis of electromagnetic wave scattering in structures with any distribution of permittivity // 2000 10th International Crimean Microwave Conference "Microwave and Telecommunication Technology", CriMico 2000 10. 2000. P. 391-395.
5. Годин А.С., Цай А.Б., Климов К.Н. Численное электродинамическое исследование внутренней задачи для элемента Гюйгенса – внутреннего куба Гюйгенса. Радиотехника и электроника. 2015. Т. 60. № 4. С. 352.
6. Климов К.Н., Фирсов-Шибаяев Д.О., Перфильев В.В. Геометрическая интерпретация синтеза квазиоптической распределительной системы для многолучевых фазированных антенных решеток. Радиотехника и электроника. 2015. Т. 60. № 3. С. 254.
7. Годин А.С., Цай А.Б., Климов К.Н. Численное электродинамическое исследование диаграмм направленностей внешней задачи для элемента Гюйгенса – внешнего куба Гюйгенса. Радиотехника и электроника. 2015. Т. 60. № 7. С. 695.
8. Климов К.Н., Сестрорецкий Б.В. Анализ во временной области планарных структур с произвольным распределением диэлектрической проницаемости. Радиотехника и электроника. 2001. Т. 46. № 3. С. 271.
9. Годин А.С., Мацаян М.С., Климов К.Н. Численное электродинамическое исследование внешнего куба Сестрорецкого. Радиотехника и электроника. 2016. Т. 61. № 5. С. 401.
10. Годин А.С., Мацаян М.С., Климов К.Н. Численное электродинамическое исследование внутренней трехмерной задачи куба Сестрорецкого. Радиотехника и электроника. 2016. Т. 61. № 6. С. 534.
11. Климов К.Н., Сестрорецкий Б.В. Дифференциальные уравнения электромагнитных волн во временной области в средах с частотной дисперсией. Радиотехника и электроника. 2001. Т. 46. № 10. С. 1223.
12. Soldatov S., Krämer-Flecken A., Klimov C.N. Investigation of the poloidal spectral resolution of 0-mode reflectometry with two-dimensional full-wave modeling. Fusion Engineering and Design. 2009. V. 84. № 1. P. 64-71.

13. В. В. Перфильев Е. С. Степанов, К. Н. Климов Методика выбора переменной интегрирования при численном построении траекторий лучей в неоднородных диэлектрических средах // Радиотехника и электроника. 2016, С. 1184.

ОБЗОР МЕТОДИК РАСЧЕТА СРЕДНЕГО ВРЕМЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЛЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Королев П.С., Мухаметов Р.Р.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
+7 (926) 963-58-65, pskorolev@hse.ru

В настоящей работе проанализированы российские и зарубежные методики расчёта одного из показателей контролепригодности – среднего времени восстановления. Выявлена и обоснована необходимость корректировки их математического аппарата с учетом объединения рассмотренных методик. На основе проведенного исследования разработана прикладная программа для расчёта среднего времени восстановления согласно рассмотренным методикам.

Ключевые слова: контролепригодность, среднее время восстановления, надежность, показатели надёжности.

Review of the calculation methods of average recovery time for complex technical systems. Korolev P.S., Mukhametov R.R., National Research University Higher School of Economics.

In the present work, russian and foreign methods of calculating one of the indicators of testability, the average recovery time, are analyzed. Revealed and justified the need to adjust their mathematical apparatus, taking into account the combination of the methods considered. Based on the conducted research: the application program for calculating the average recovery time according to the methods considered.

Keywords: testability, average recovery time, reliability, reliability indicators.

Введение

В эпоху стремительного развития направления Big Data, связанного с необходимостью приема, обработки, хранения и передачи информации больших объемов возникла потребность в разработке специальных электронных устройств (ЭУ), именуемых как системы хранения данных (СХД).

СХД являются сложными электронными устройствами, которые включают в себя ряд составных частей, таких как: процессор, системная память, жесткие диски, системная плата, сетевая карта, источник вторичного электропитания и другие составляющие.

Проектирование ЭУ, в частности, СХД, является многоэтапным процессом. И одним из этапов является обеспечение надежности, т.е. удовлетворение численным значениям характеристик следующих комплексных свойств: безотказность, долговечность, сохраняемость и ремонтпригодность. Последнее напрямую зависит от свойства контролепригодности.

Контролепригодность – свойство объекта, которое характеризует его приспособленность к контролю технического состояния, определению работоспособности, нахождение причин отказа, выявление места и вида возникшего дефекта, а также прогнозирование изменений состояния. Этот показатель надёжности нельзя игнорировать. Со временем электронное устройство может неисправно работать и нужно проводить его ремонт, замену различных составных частей и устранение неисправностей, поэтому обеспечение контролепригодности становится важным этапом при проектировании ЭУ.

Контролепригодность обеспечивается, во многом, благодаря определению показателей, а затем, по ним, и уровня контролепригодности.

Для определения показателей контролепригодности существует множество различных методик, которые учитывают разные показатели контролепригодности, используют разные математические выражения для их расчёта.

Роль контролепригодности при проектировании электронных устройств заключается в том, что данное свойство позволяет повысить коэффициент готовности КГ и вероятность безотказной работы P для изделия, снизить трудоемкость и стоимость эксплуатации, а также повысить их ремонтпригодность [1].

Постановка проблемы

Острой проблемой обеспечения контролепригодности является вопрос приспособленности конструкции электронного устройства к техническому диагностированию, т.к. процедура

восстановления систем характеризуется высоким временем поиска неисправностей [2]. В случае низкого уровня контролепригодности это время увеличивается.

Согласно ГОСТ [3] или [4], электронные устройства, которые относятся к категории изделий многократного циклического применения, а также восстанавливаемые (СХД удовлетворяет данным требованиям), необходимо определять среднее время восстановления T_B и коэффициент готовности K_G .

В оценке контролепригодности наиболее важными являются показатели, которые характеризуют приспособленность объекта к восстановлению. Основной характеристикой этого свойства является величина, которая называется временем восстановления T_B .

Проведенный обзор и анализ различных литературных и интернет-источников позволяет выделить три основные методики расчета среднего времени восстановления сложных технических систем:

- отраслевой стандарт ОСТ 4Г 0.012.242-84 [5] устанавливает порядок расчёта среднего времени восстановления радиоэлектронной аппаратуры. Оценка среднего времени восстановления T_B производится в два этапа: первый - расчет среднего времени восстановления составных частей изделия; второй - расчет среднего времени восстановления изделия в целом. В данной методике учитывается только среднее время обнаружения отказа составной части (СЧ), среднее время отыскания отказавшего сменного элемента СЧ и среднее время устранения отказа СЧ (см. выражение (1)).

$$T_B = \frac{T_{об} + T_{от} + T_y}{60}, \quad (1)$$

где $T_{об}$ – среднее время обнаружения отказа составной части, [мин], $T_{от}$ – среднее время отыскания отказавшего сменного элемента составной части, [мин], T_y – среднее время устранения отказа составной части, [мин].

Среднее время восстановления T_B изделия в общем случае определяется по формуле (2):

$$T_B = \frac{\sum_{i=1}^n T_{B_i} \cdot \frac{1}{T_{O_i}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_{O_i}}}. \quad (2)$$

- стандарт MIL-HDBK-472 [1] позволяет проводить прогнозирование ремонтпригодности в программе Windchill Maintainability. Здесь учитывается только время, затраченное на ремонт отказавшего компонента, которое хранится в библиотеки заданий ремонтпригодности.

Скриншот рабочего окна и результаты расчета среднего времени восстановления приведены на рисунке 1.

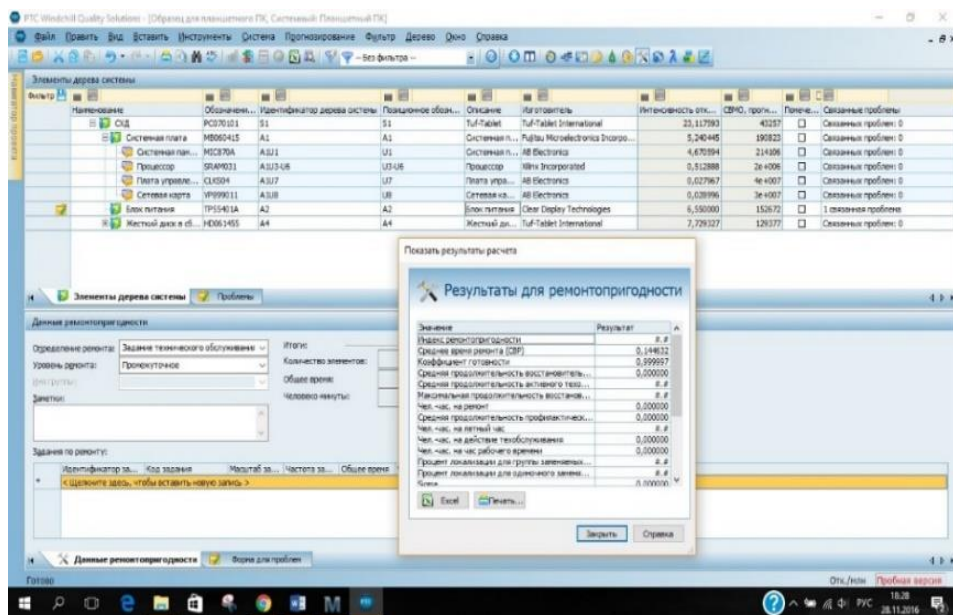


Рисунок 1 – Скриншот рабочего окна и результаты расчета в Windchill Maintainability

- работа [6] посвящена иной методике, где учитывается глубина контроля. Для ее расчета необходимо знать базовый коэффициент глубины контроля, при котором временные затраты на контроль составляют t_o , t_3 – время замены составной части, τ – время проверки работоспособности составной части (см. выражение (3)).

$$T_B = \frac{t_o \cdot \left(\frac{K_{ГК}^0}{K_{ГК}}\right) + \frac{1}{2}(t_3 + \tau) \cdot (K_{ГК} + 1)}{60}, \quad (3)$$

где $K_{ГК}$ – коэффициент глубины контроля, $K_{ГК}^0$ – базовый коэффициент глубины контроля.

Результаты расчета среднего времени восстановления СХД в целом по вышеописанным методикам с учетом операций по монтажу, демонтажу, замене составных частей согласно приведенным значениям времен на каждую операцию, сведены в таблицу 1. Для упрощения расчета учтены только основные составные части СХД: процессор, системная память, жесткий диск (8 единиц), системная плата, плата управления и расширения портов HDMI и VGA, сетевая карта, блок питания (2 единицы).

Таблица 1 – Результаты расчета T_B СХД

Наименование методики	Среднее время восстановления T_B , [ч]
ОСТ4.012.012-83	1.605
MILHDBK-472	0.145
Работа [6]	1.328

Из таблицы 1 видно, что численные значения среднего времени восстановления T_B для указанной ранее СХД различны. Явное различие наблюдается между отечественными методиками и иностранной.

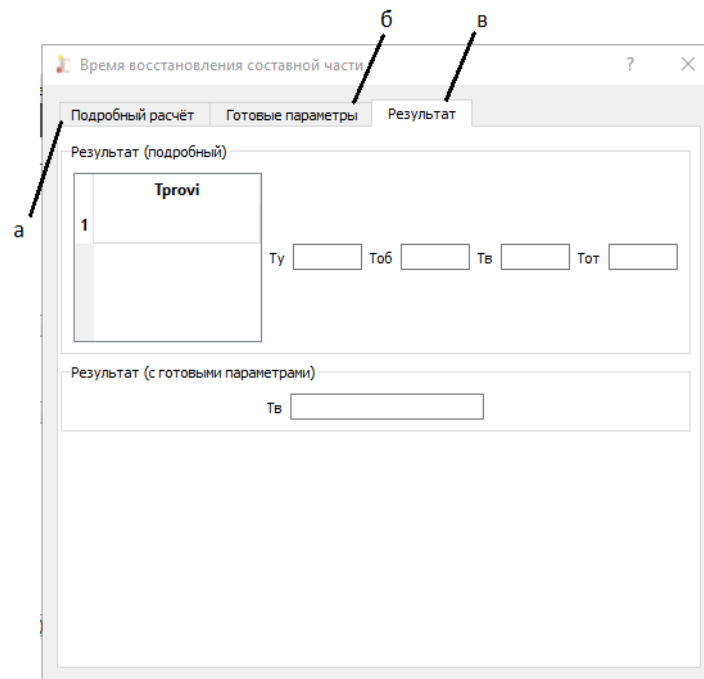


Рисунок 2 – Вид главного окна прикладной программы для оценки среднего времени восстановления сложных технических систем

Заключение

В заключении необходимо отметить, что на сегодняшний день разработано немалое количество методик для расчёта среднего времени восстановления и их объединение позволит уменьшить неоднозначности по его вычислению. Для оценки комплексных показателей надёжности, которые учитывают одновременно несколько свойств надёжности, используются специальные модели расчёта.

Для рассмотренных в работе методик разработана прикладная программа (рис. 2), которая позволяет оценивать среднее время восстановления сложных технических систем.

На первой вкладке (рис. 2а) пользователю предлагается ввести все параметры, для расчёта времени восстановления и других вспомогательных показателей, необходимых для расчёта. На второй

вкладке (рис. 7б) пользователю уже предлагается ввести параметры, которые входят только в итоговую формулу (1). На третьей вкладке (рис. 7в) представлены результаты, причём результат разбит на две строки. Первая строка предназначена для расчётов, которые производятся на первой вкладке, вторая же для расчётов на второй вкладке.

Литература

- 1 MIL-HDBK-472. Maintainability prediction. Military Standardization Handbook. [Дата введения 1966-05-24]. (Руководящий документ).
- 2 ГОСТ 26656-85. Техническая диагностика. Контролепригодность. Общие требования. [Дата введения 1985-11-20]. - М.: МО РФ, 1985. (Руководящий документ).
- 3 ГОСТ 27.003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надёжности. [Дата введения 1992-01-01]. - М.: МО РФ, 1992. (Руководящий документ).
- 4 ГОСТ РВ 20.39.303-98. Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования к надёжности. Состав и порядок задания. [Дата введения 1998-07-01]. - М.: МО РФ, 1998. (Руководящий документ).
- 5 ОСТ 4Г 0.012.242-84. Аппаратура радиоэлектронная. Методика расчета показателей надёжности. [Дата введения 1986-01-01]. - М.: МО РФ, 1986. (Руководящий документ).
- 6 Каракаев А. Б. А.В. Луканин. Исследование основных зависимостей между показателями надёжности и показателем глубины контроля судового электрооборудования / Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. - 2016. - №3(37). - С. 180-192.

ВЛИЯНИЕ РАЗНОСТИ ФАЗ В КАНАЛАХ СУММАТОРА МОЩНОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ МОЩНОСТЕЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ В ВЫХОДНЫХ КАСКАДАХ ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РЛС

А.С. Пшеничкин¹, И.В. Андреев², А.В. Варгасов³

Акционерное общество «Научно-производственное объединение «Лианозовский электромеханический завод»

(АО «НПО «ЛЭМЗ»)

¹+7(926) 195-62-55, pshe-aleksey@mail.ru, ²+7(905) 754-59-73, iandreev@lemz.ru,

³+7(926) 571-31-51, avargasov@lemz.ru.

Рассмотрены основные принципы суммирования мощностей усилителей в выходном каскаде твердотельного передающего устройства РЛС, представлены результаты компьютерного моделирования и измерений эффективности суммирования мощности от величины расфазировки, вносимой в каналы сумматора.

Ключевые слова: выходные каскады передающих устройств; суммирование мощностей усилителей; твердотельные передающие устройства.

The influence of the phase difference in the channels of the power combiner on the effectiveness of summation powers of solid state amplifiers in output stages of transmitters advanced radars. A.S. Pshenichkin, I.A. Andreev, A.V. Vargasov, Research & Production Corporation «Lianozovo electromechanical plant» (LEMZ)

This article discusses the basic principles of summing the power of amplifiers in the output stage of the solid-state radar transmitting device, presents the results of computer simulation and measurement of the efficiency of power summation from the value introduced into the channels of the adder the disphase.

Keywords: output cascades of transmitting devices, summation of amplifier power, solid state transmitting devices.

Введение

Современный радиолокатор представляет собой сложную радиоэлектронную систему, в которой используются практически все новейшие достижения в области радиоэлектроники, вычислительной техники и устройств СВЧ [1].

Выходная мощность передающего устройства является одним из важнейших параметров, определяющих потенциальные характеристики радиолокационной системы в целом. В зависимости от назначения радиолокационной станции (РЛС) мощность передатчика может меняться от десятков ватт, до десятков мегаватт.

Требуемые уровни выходной мощности передатчиков современных РЛС в некоторых случаях на

три-пять порядков превышает мощность, генерируемую электронными приборами. Этот разрыв между мощностью радиопередатчика и мощностью единичного генератора стал особенно ощутим при переходе к полупроводниковым приборам [3].

Основные методы суммирования выходных мощностей твердотельных усилителей

Мощность СВЧ-передатчиков построенных на основе полупроводниковых усилителей в непрерывном режиме работы может достигать нескольких киловатт. Требуемое значение выходной мощности передатчика достигается сложением мощностей нескольких идентичных полупроводниковых узлов выходных каскадов [3].

Известны три основных способа суммирования мощностей однотипных генераторов схематически изображенные на рис. 1:

- с помощью многополюсных сумматоров,
- суммирование в пространстве с помощью активных фазированных антенных решеток (АФАР),
- суммирование в общем резонаторе.

Рассмотрим подробнее особенности сложения мощностей с помощью многополюсного сумматора. Сложение мощностей в этом случае происходит в специальном сумматоре, имеющем несколько параллельных входов, число которых соответствующее числу усилителей, чьи мощности следует сложить, и один выход [4, 11]. Нарушение режима работы в одном из усилителей (короткое замыкание или разрыв на выходе) может привести к аварийному режиму работы всех остальных, поскольку импеданс нагрузки может стать близким к нулю или бесконечности, что соответствует режимам короткого замыкания или холостого хода. Поэтому, в современных передающих устройствах применяют более сложную, но в тоже время значительно повышающую надежность работы системы в целом, мостовую схему сложения мощностей [3]. Классическая мостовая схема изображена на рис. 2.

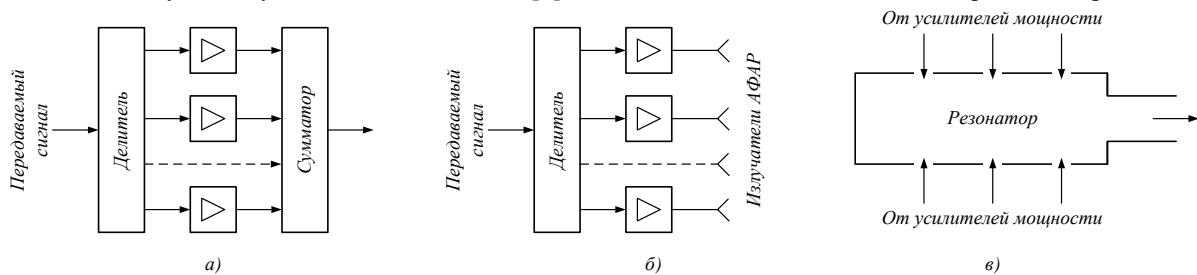


Рисунок 1 – Схемы способов суммирования мощностей в передатчиках:

а – с помощью многополюсных сумматоров;

б – сложение с помощью АФАР; в – в общем резонаторе.

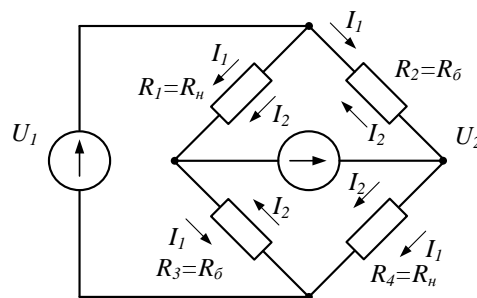


Рисунок 2 – Классическая мостовая схема сложения.

Принципы работы и свойства мостовой схемы подробно рассмотрены в [4, 5, 6].

При $R_1/R_3 = R_2/R_4$ выполняется условие баланса моста, т.е. сигнал с выхода одного усилителя не поступает на выход другого, и усилители работают независимо друг от друга.

КПД моста определяется соотношением:

$$\eta_M = P_H / (P_H + P_6) = (1 + k^2 + 2k \cos \varphi) / 2(1 + k^2) \quad (1)$$

где k – отношение амплитуд; φ – фазовый сдвиг.

На основании этого соотношения можно построить зависимости КПД от k и φ соответственно изображенные на рис. 3.

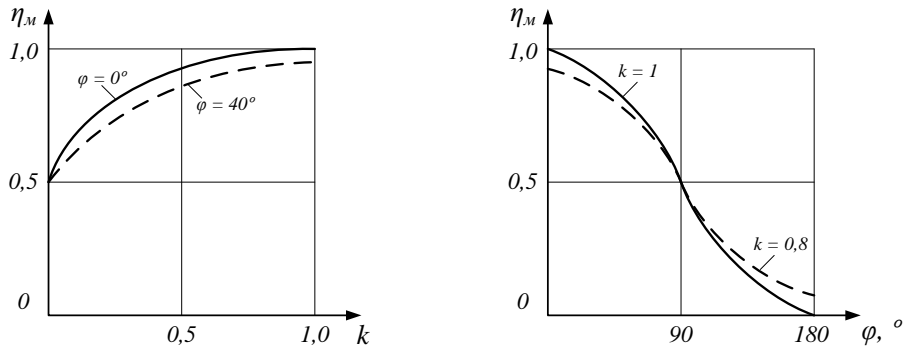


Рисунок 3 – Зависимости КПД моста от разности амплитуд и фаз для мостовой схемы сложения

КПД мостовой схемы остается высоким даже если токи неточно равны по амплитуде и неточно синфазны. Так, в случае различия амплитуд не более 20%, а сдвиг фаз не превышает 40° , КПД снижается только до 0,87, т.е. на балластном сопротивлении R_b теряется 13% суммарной мощности [4, 6, 12].

Следует отметить, что в случае $\varphi = 180^\circ$ – противофазной работе двух усилителей – сопротивления R_n и R_b меняются «ролями».

В диапазоне СВЧ наибольшее распространение получили резонансные мостовые схемы.

Четырехполосники, на которых выполняются мостовые резонансные схемы, обеспечивают поворот фазы на 90° и необходимую трансформацию сопротивлений только на фиксированной частоте ($\omega = \text{const}$). Практически полоса пропускания в таких мостовых схемах составляет не более 3...5 %.

Для расширения полосы пропускания до 10...30 % применяют многоступенчатые мостовые схемы с суммированием двух и большего числа усилителей ($N = 2, 3, 4, \dots$) либо осуществляют суммирование по два (бинарные сумматоры с $N = 2, 4, 6, 8, \dots$).

На рисунке 4 показаны примеры широкополосных мостов СВЧ на четвертьволновых линиях, построенных по многоступенчатой и с суммированием по два схемам сложения выходных мощностей при $N = 4$. В обеих схемах подбираются оптимальные волновые сопротивления отдельных линий, число ступеней, а также сопротивления балластных резисторов в зависимости от числа суммируемых усилителей и требований к полосе пропускания. Коэффициент перекрытия по частоте в таких схемах может достигать $K_f = 2 \dots 4$ и выше.

За счет своей эффективности, легкости проектирования (особенно при использовании соответствующих пакетов программ для ЭВМ), относительно простого конструирования и технологии изготовления, резонансные мостовые схемы, пожалуй, наиболее распространенный способ сложения мощностей в современных передающих устройствах РЛС. [4, 6].

При суммировании мощностей большого числа усилителей мощности необходимо поддерживать с определенной точностью амплитуды и фазы суммируемых сигналов. В целом потери при суммировании можно рассчитать с помощью следующего выражения [7]:

$$K_n = -20 \cdot \lg \left(\frac{P_i \cdot \exp(-j\varphi_i)}{N} \right) \quad (2)$$

где – P_i – относительное изменение амплитуды падающей волны в i -м канале; φ_i – отклонение фазы сигнала (расфазировка) в том же канале от номинального значения, $i = 1 \dots N$, N – число суммируемых каналов.

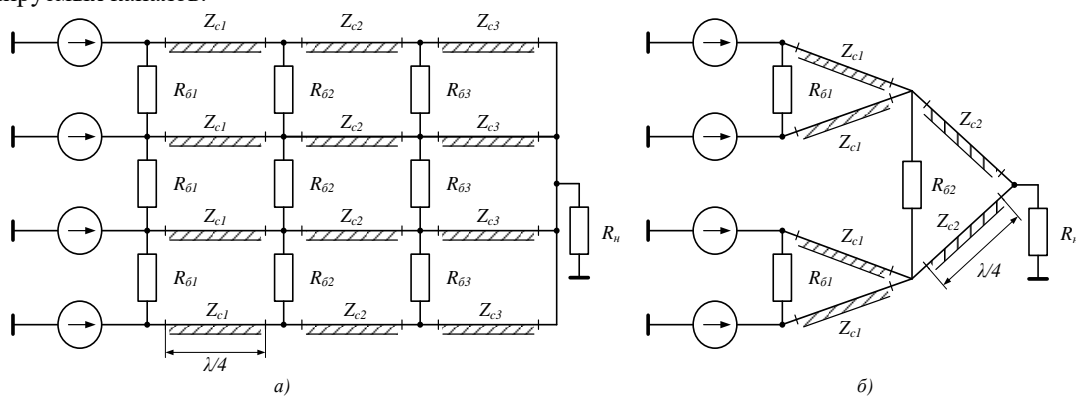


Рисунок 4 – Схемы суммирования мощностей с помощью широкополосных мостов СВЧ на четвертьволновых линиях:
а – многоступенчатые; б – с суммированием по два.

Для сведения к минимуму значения K_n следует поддерживать амплитуды суммируемых сигналов с погрешностью 10...20 %, а фазы – до 10...20°. Примерно такие же требования предъявляются к параметрам сигналов при их суммировании с помощью ФАР [7, 11].

Рассмотрим результаты моделирования суммирования двух одинаковых усилителей, с помощью резонансного сумматора.

Результаты моделирования

В качестве сумматора высокой мощности выберем кольцевой сумматор (делитель) Уилкинсона [8, 9], схема которого показана на рис. 5. Для увеличения ширины рабочей полосы частот в данной схеме применяется двухзвенный кольцевой сумматор мощности.

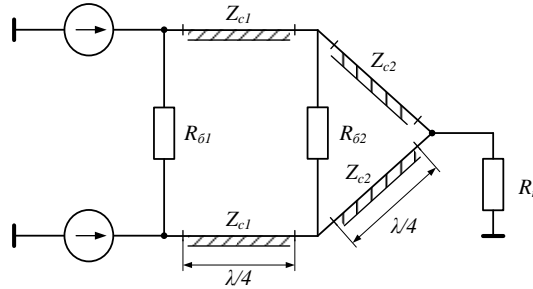


Рисунок 5 – Схема моделируемого сумматора высокой мощности на основе кольцевого сумматора Уилкинсона

Модель кольцевого сумматора высокой мощности для описанной схемы, построенная в Circuit Schematics пакета программ NI AWR Design Environment [10] приведена на рис. 6.

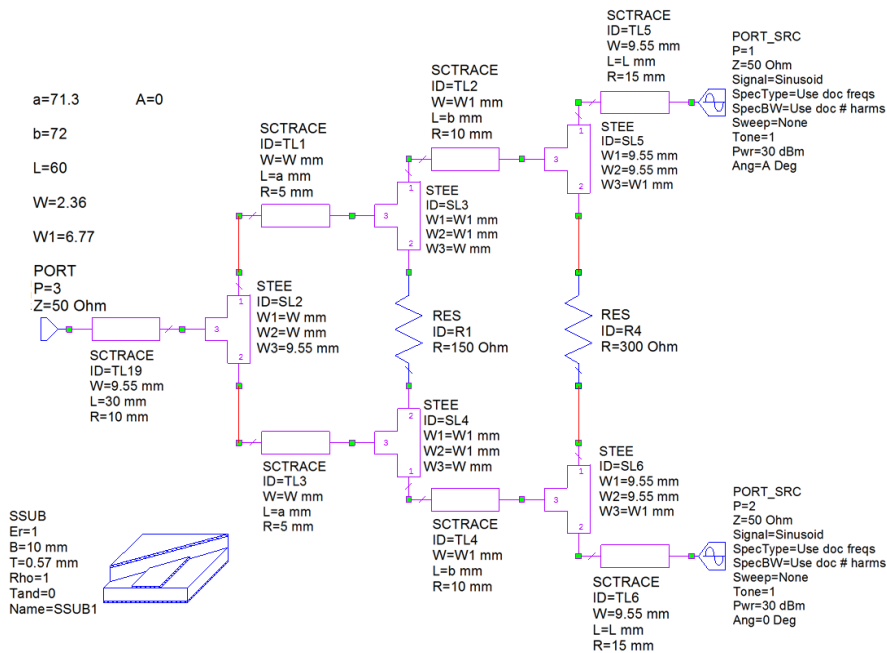


Рисунок 6 – Модель сумматора на два высокой мощности, реализованная в Circuit Schematics пакета программ NI AWR Design Environment

В качестве линии передачи выбрана высокочастотная симметричная полосковая линия с базой $B = 10$ мм. Суммируемые сигналы подаются на два входных порта, обозначенных на приведенной модели P1 и P2, соответственно нагрузка подключается к порту P3. Максимальный уровень средней мощности слагаемых сигналов составляет 20 Вт. При подаче этой мощности на одно из входных плеч сумматора, при условии, что другое плечо рассогласовано, нагрузочные резисторы не должны выйти из строя. В условиях моделирования, абсолютное значение мощностей на входных портах не влияет на результат (учитывается именно разница амплитуд между портами), поэтому в приведенной модели значения амплитуд входных сигналов выбрано по 30 дБм. В настройках входных портов имеется параметр Ang, который остается фиксированным для порта P2 ($Ang = 0$) и имеет возможность изменения в случае с портом P1 ($Ang = A$). Именно осуществляя изменение этого параметра, реализуем моделирование влияния величины вносимой расфазировки на эффективность суммирования. На рисунках 7 и 8

представлены характеристики сумматора, полученные по результатам моделирования для двух значений параметра Ang. Цифрой 1 на указанных рисунках обозначена линия суммарного сигнала двух портов получаемая на согласованной нагрузке, выраженная в дБм. Цифрами 2, 3 и 4 – S-параметры сумматора S13, S23 и S12 соответственно, выраженные в дБ. Из результатов моделирования (рис. 7) видно, что расчетная величина активных потерь составляет чуть более 0,3 дБ в диапазоне частот 90 ... 100 %.

После введения дополнительной расфазировки (рис. 8) значение суммарного сигнала уменьшилось, для данного случая на 3 дБ, поскольку величина расстройки порта P1 от P2 составляет 90° (четверть периода).

Таким образом, моделирование позволяет достаточно наглядно отразить степень влияния дополнительной расфазировки на эффективность сложения, а значит заранее (до изготовления образца) произвести необходимые корректировки. Далее рассмотрим результаты измерений сложения двух идентичных усилителей на сумматоре, изготовленном по представленной выше модели, и проведем сравнительный анализ результатов расчета и экспериментальных данных.

Результаты измерений на образце

Экспериментальные измерения проводились на установке, схема которой приведена на рис. 9. Многоканальный формирователь сигналов ФС, имеет встроенный управляемый фазовращатель с возможностью перестройки фазы в диапазоне от 0° до 360° с шагом 5,625°. Управление фазовращателем осуществляется командами от внешнего устройства управления УУ (ноутбук с соответствующим программным обеспечением). В качестве усилителей мощности использовалась пара одинаковых мощных выходных усилителей мощности ВУМ, работающих на фиксированной частоте. Мощность с выхода обоих модулей ВУМ поступает на входы сумматора Σ и далее через направленный ответвитель НО в нагрузку НАГР. Ответвленная в НО мощность поступает для контроля на измеритель импульсной мощности ИМ. Перед началом эксперимента, осуществляя перестройку фазовращателя ФВ, добились максимального уровня мощности по показаниям измерителя ИМ. Положение ФВ, при котором получился максимум мощности, служил отправной точкой в эксперименте. Изменяя положение фазовращателя с постоянным дискретом, что является внесением принудительной расфазировки, была получена зависимость эффективности суммирования от величины расфазировки. Результаты эксперимента и моделирования представлены в таблице 1 и на рис. 10.

Сравнивая результаты, полученные в ходе эксперимента и компьютерного моделирования, видно, что величина расхождений не превышает 11%.

Вероятно, ошибка образуется в результате имеющихся отличий изготовленного образца от модели, нелинейности фазовращателя ФВ при переходе от дискрета к дискрету, погрешности измерений мощности, а также следует учитывать наличие неидентичности амплитуд выходных сигналов складываемых усилителей (которая достигала 4,9 %).

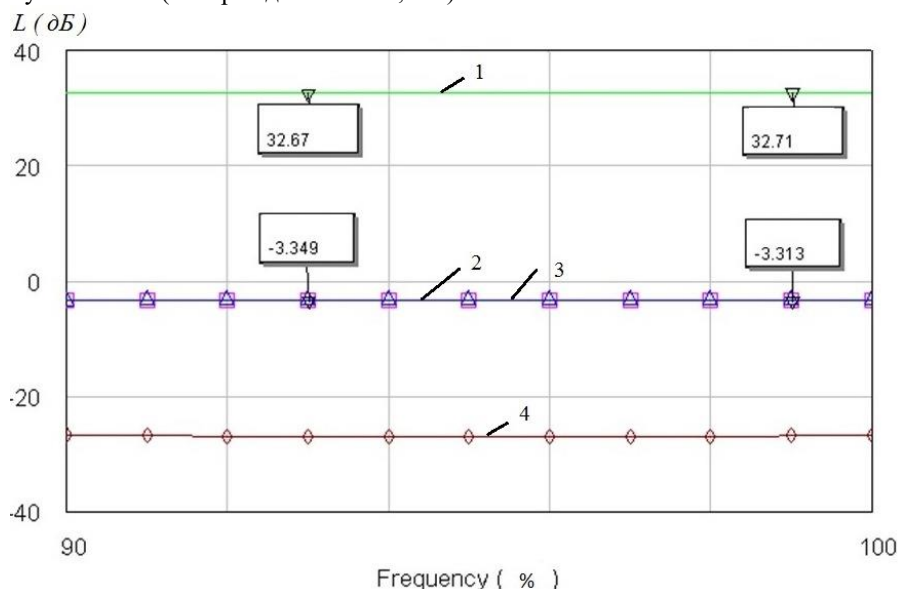


Рисунок 7 – Характеристики моделируемого сумматора и результат сложения синфазных сигналов

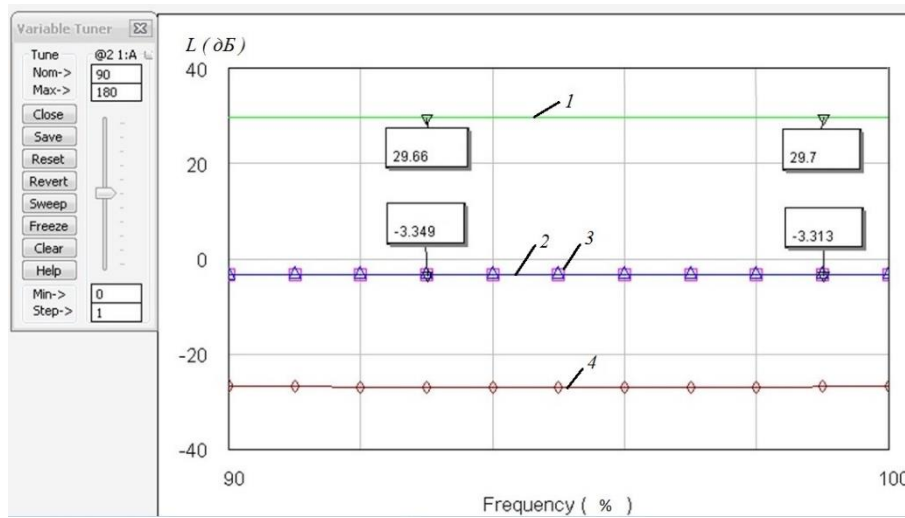


Рисунок 8 – Расчетное влияние расфазировки суммируемых сигналов в 90° на эффективность сложения

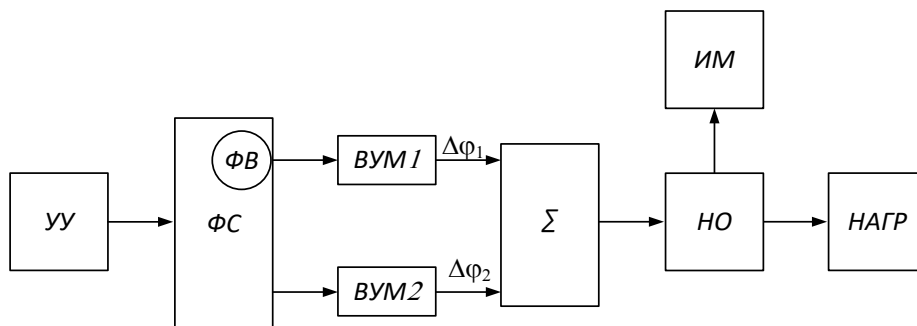


Рисунок 9 – Структурная схема экспериментальной установки

Таблица 1 – Результаты моделирования и эксперимента

Величина расфазировки, °	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Эффективность сложения модели, %	100	99,3	97	92,8	88,3	82,2	75	67,1	58,7	50	41,3	32,9	25	17,9	11,7	6,7	3	0,7	0,3
Эффективность сложения эксперимент, %	100	99,9	97,7	94,3	88,6	81,8	76,1	62,5	54,5	44,3	33	25	15,9	11,4	6,8	3,4	2,3	0,8	0,57

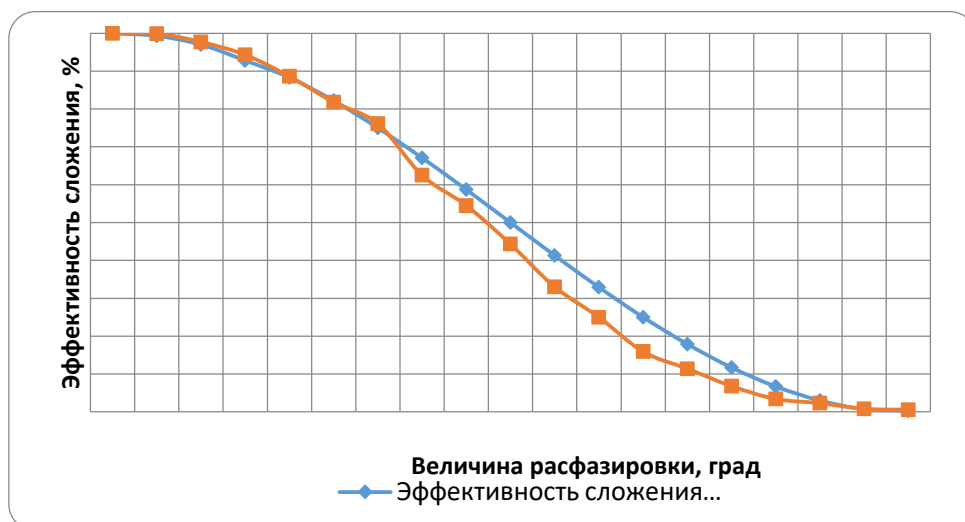


Рисунок 10 – Зависимость эффективности сложения от величины расфазировки

Несмотря на имеющиеся расхождения, полученный в ходе данного моделирования сумматор, возможно достаточно точно воспроизвести. Сам принцип, описанный в данной модели, позволяет заранее просчитать возможные потери мощности, а наличие управляемого фазовращателя позволяет реализовать систему компенсации возможных паразитных фазовых набегов при сложении нескольких твердотельных усилителей в выходных каскадах передающих устройств РЛС.

Литература

- Ефремов В. С. Новое поколение радиолокаторов управления воздушным движением. // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, Сер. «Приборостроение», 2007, № 1. - сс. 3-8.
- Верба В. С. Авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения. Принципы построения, проблемы разработки и особенности функционирования. М.: Радиотехника, 2014. – с.528.
- Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи: Учеб. Пособие /В.И. Нефедов, А.С. Сигов; Под ред. В.И. Нефедова. – М.: Высш. Шк., 2009. – с.735.
- Шахгильдян В.В., Козырев В.Б., Ляховкин А.А. и др.; По ред. В.В. Шахгильдяна. – 3-е изд., перераб. и доп. Радиопередающие устройства. – М.: Радио и связь, 2003. – с. 560.
- Хельзайн Дж. Пассивные и активные цепи СВЧ: Пер. с англ./Под ред. А.С. Галина. – М.: Радио и связь, 1981. – с. 200.
- Н.А. Малков, А.П. Пудовкин. Устройства сверхвысоких частот: учеб. пособие/ – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – с. 92.
- Ворона В.А. Радиопередающие устройства. Основы теории и расчета: Учебное пособие для вузов — Электрон. дан. — Москва: Горячая линия-Телеком, 2011. — с. 418.
- Wilkinson E. J., "An N-Way Hybrid Power Divider," IRE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 8 Issue 1, pp. 116-118, 1960.
- Малорацкий Л.Г., Явич Л.Р., Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. – М.: Советское Радио, 1972, с. 232.
- <http://www.awcorp.com> (дата обращения 01.08.2018).
- Пшеничкин А.С. Радиолокация, навигация, связь: Сборник трудов XXIV Международной научно-технической конференции (17-19 апреля 2018г.). Том 5.-Воронеж: ООО«Вэлборн», 2018. – сс. 243-250.
- Pshenichkin A.S., Information Innovative Technologies: Materials of the International scientific – practical conference. /Ed. Uvaysov S. U., Ivanov I.A. – М.: Association of graduates and employees of AFEA named after prof. Zhukovsky, 2018, pp. 400-406.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ КИНЕМАТИКИ ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОКОВКИ ФЛАНЦА СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Архипов А.А., Беспалов А.А., Гвоздарев Р.С., Сосенушкин Е.Н.*
АО «Научно-производственное объединение «Лианозовский электромеханический завод», ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»*
+7 (905) 538-46-98, andy.arkhipov@gmail.com

В статье выполнен анализ напряженно-деформированного состояния поковки фланца сложной формы при его изготовлении по технологии закрытой объемной штамповки. Для этого проведено теоретическое исследование методом конечных элементов и сравнение результатов для двух вариантов технологического процесса.

Ключевые слова: фланец, закрытая штамповка, напряженно-деформированное состояние, кинематика течения металла, метод конечных элементов, теоретические исследования.

Analysis of simulation results of metal flow and stress-strain state of complex shape forged flange. Arkhipov A.A., Bepalov A.A., Gvozdaryov R.S., Sosyonushkin E.N.*, JSC "LEMZ R&P Corp.", FSBEI HPE MSTU «STANKIN»*

The article analyzes stress-strain state of complex shape flange manufactured by closed-die forging. For this purpose, a theoretical research by finite element method and comparison of the results for two variations of technological process were carried out.

Keywords: flange, closed-die forging, stress-strain state, kinematics of metal flow, finite element method, theoretical research.

При традиционных способах изготовления фланцев для волноводов и волноводных блоков устройств сверхвысоких частот (СВЧ) открытой горячей объемной штамповкой в молотовом штампе коэффициент использования материала составляет не более 0,5...0,6, что приводит к значительному

расходу металла. Кроме того, при открытой штамповке быстро остывающей заготовки на падающем молоте за несколько ударов создаются условия для повышенного процента брака среди получаемых поковок. Фланцы волноводов относятся к составным частям радиоэлектронной аппаратуры. Высокие требования к точности их размеров и формы также плохо сочетается с молотовой штамповкой.

Для снижения расхода металла и уменьшения процента брака, вместо открытой молотовой штамповки, предлагается применение технологического процесса закрытой объемной штамповки. Дополнительно предлагается подвергнуть изменению форму заготовки на цилиндрическую, вместо прямоугольной. Цилиндрическая форма заготовки позволяет обеспечить более точную ее установку в полости штампа за счет его конструкции [1].

Моделирование технологического процесса изготовления прямоугольного фланца сложной формы с ребрами жесткости (рис. 1) закрытой объемной штамповкой из цилиндрической заготовки было произведено методом конечных элементов в программном комплексе DEFORM-3D. Трехмерная модель поковки была разбита на 60000 конечных элементов – тетраэдров второго порядка.

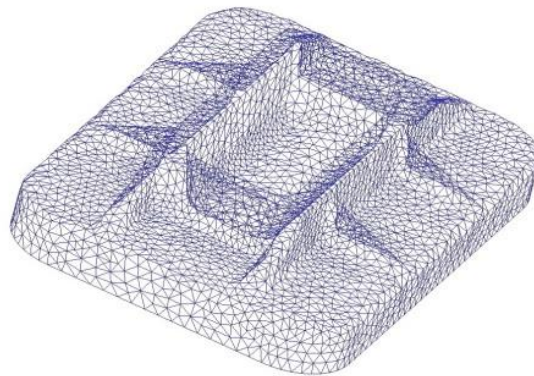


Рисунок 1 – Трехмерная модель фланца, разбитая на конечные элементы

Результаты моделирования процесса показали высокую вероятность возникновения проблемных зон при заполнении металлом торца основания фланца в местах расположения ребер жесткости. В процессе деформирования происходит неполное заполнение материалом заготовки зон торца фланца, соответствующих широкой стенке волноводного канала, находящихся напротив ребер жесткости.

В качестве решения проблемы и для устранения причин возникновения брака при производстве поковок таких фланцев было предложено изменение формы штамповой оснастки в части внесения в конструкцию пуансона выступа. Назначение данного выступа - изменение течения металла заготовки на окончательных этапах ее пластического деформирования таким образом, чтобы создавались условия для полного заполнения полости матрицы и придания поковке необходимой формы в процессе закрытой объемной штамповки. [2]

Схемы процесса для двух вариантов конструкции штампа приведены на рис. 2.

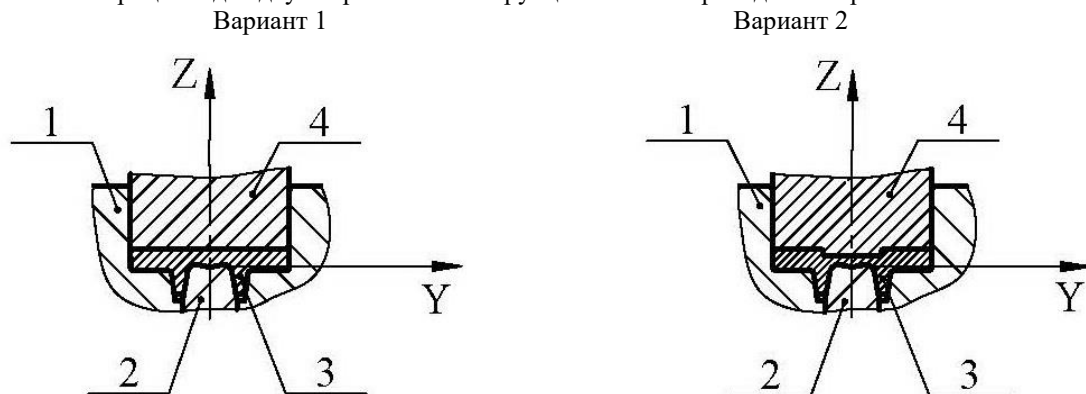


Рисунок 2 – Схема процесса закрытой объемной штамповки фланца.

1 – матрица, 2 – контр-пуансон, 3 – заготовка, отштампованная поковка, 4 – пуансон.

В качестве исходной заготовки для моделирования процесса выбран цилиндрический пруткок диаметром $40,5_{-0,05}$ мм и длиной $130_{-0,05}$ мм из сплава алюминиевого АД00 ГОСТ 4784-97. Температура деформирования 450°C . Коэффициент трения $\mu = 0,4$. Рабочий ход пуансона составляет 30,7 мм и 33,7

мм для вариантов 1 и 2 соответственно. При деформировании материал заготовки перемещается в направлениях, перпендикулярных в плане оси Z и параллельных оси Y до полного заполнения объема основания фланца, после чего происходит затекание металла в труднодоступные полости матрицы, соответствующие ребрам жесткости и стенкам выступа фланца.

При моделировании получены значения силы деформирования для всех этапов процесса. Сравнение графиков зависимости силы процесса от рабочего хода пуансона представлена на рис. 3.

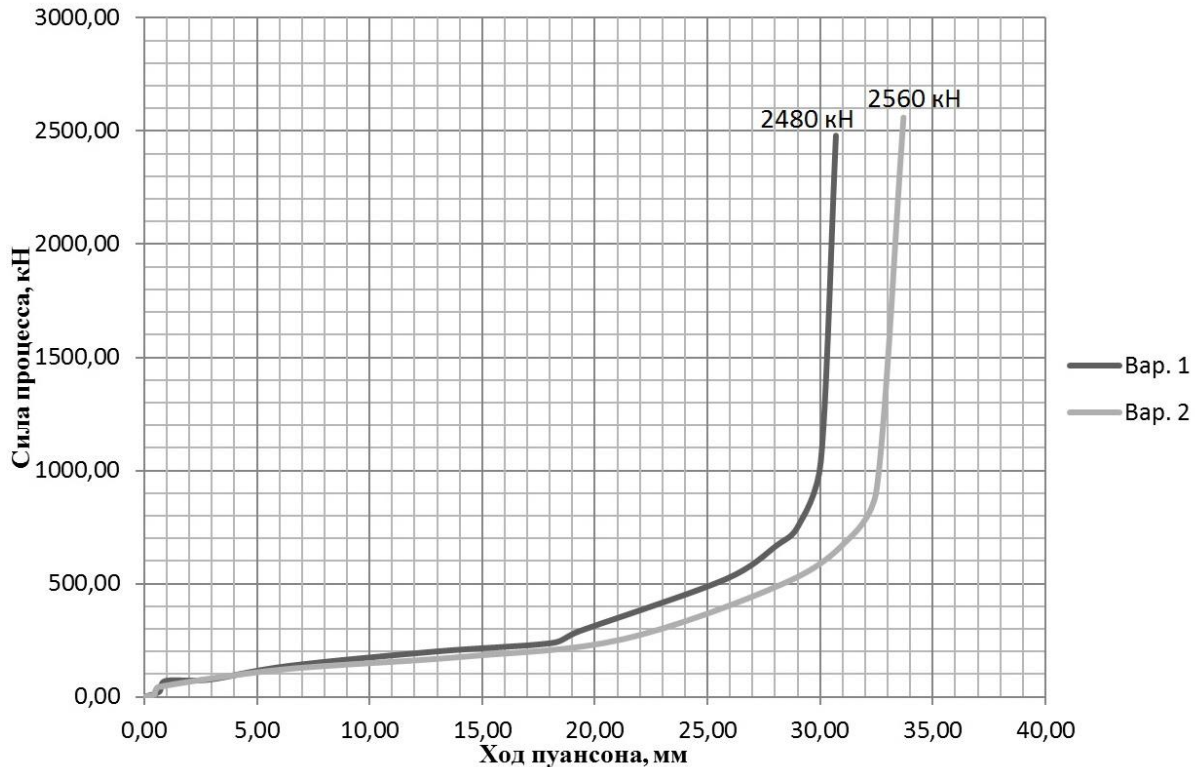


Рисунок 3 – Графики зависимости силы процесса от рабочего хода пуансона для двух вариантов технологического процесса

На графике видно, что для второго варианта технологического процесса (с дополнительным выступом на пуансоне) по сравнению с первым вариантом, сила деформирования выше на 80 кН, при этом отсутствуют резкие изменения силы при ходе пуансона до 30 мм, график изменяется более плавно. Для обоих вариантов сила значительно возрастает на последних этапах деформирования поковки, когда металл заготовки уже достиг стенок полости матрицы, и происходит заполнение труднодоступных полостей ребер жесткости и прямоугольного выступа, а также окончательное формирование плоской поверхности торца фланца.

Высокий уровень силовых факторов по сравнению со свободной осадкой заготовки сопоставимых габаритных размеров объясняется тем, что при закрытой штамповке не происходит образование облоя, заготовка полностью заполняет полость штампа. Следовательно, давление прессования очень велико, при этом необходим точный контроль объема заготовки для получения поковки с желаемыми размерами. Недостаточные размеры заготовки препятствуют заполнению полости штампа, ее избыточные размеры создают чрезмерное давление и могут приводить к разрушению штампа или заклиниванию оборудования [6].

Для определения полей напряжений (рис. 4) выбрано поперечное сечение YZ посередине ребра жесткости, как соответствующее наиболее проблемной зоне заполнения металлом заготовки полости матрицы. Компоненты напряжений определены по осям Y и Z для стадий процесса, соответствующих 75% и 100% рабочего хода пуансона.

Анализ полученных данных показывает, что в процессе деформирования в поковке преобладают растягивающие напряжения, которые имеют максимальное значение в основании фланца и в перемычке для варианта 2. Растягивающие напряжения уменьшаются в зоне выступа. В течение первых 85% всего процесса деформирования, в зонах, соответствующих ребрам жесткости, действуют сжимающие напряжения, которые затем сменяются напряжениями растяжения.

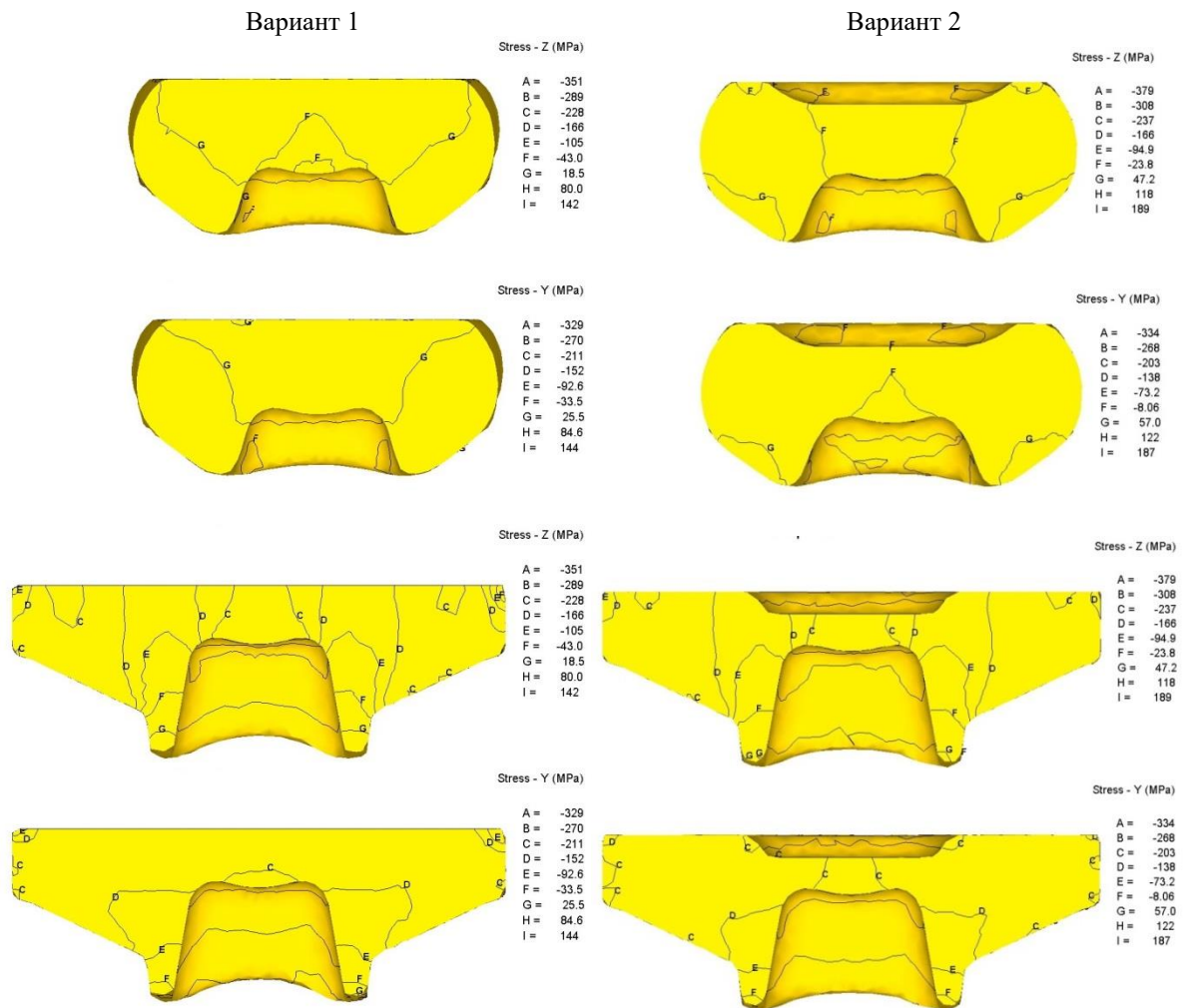


Рисунок 4 – Поля напряжений σ_z и σ_y в сечении YZ

Кинематика течения металла на окончательной стадии деформирования показана на рис. 5. На основе полученных данных моделирования можно сделать вывод, что зоны течения металла от плоской поверхности торца фланца, контактирующей с пуансоном, в направлении тыльной поверхности и ребер жесткости, во втором варианте технологического процесса, более смещены к краям заготовки по сравнению с первым вариантом. Это обуславливает более благоприятные условия заполнения полости матрицы для варианта 2. В остальном, изменение формы пуансона не оказывает значительного влияния на направление и скорость течения материала заготовки.

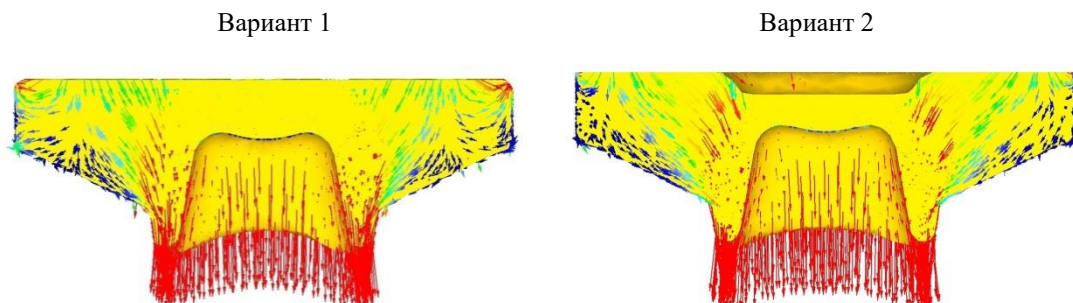


Рисунок 5 – Картина течения материала заготовки в конце процесса деформирования

В результате проведенного теоретического исследования были получены важные данные по напряженно-деформированному состоянию поковки детали типа фланец, а также кинематика течения металла в процессе деформирования. Была определена сила процесса для всех стадий деформирования и построена зависимость силы от величины рабочего хода пуансона. Проведено сравнение результатов моделирования для двух вариантов технологического процесса, различающихся формой пуансона.

Полученные данные подтверждают, что изменение формы пуансона в части внесения в его конструкцию выступа является эффективным способом улучшения заполнения металлом заготовки труднодоступных полостей штампа для закрытой объемной штамповки фланцев сложной формы с ребрами жесткости.

Литература

1. Сосенушкин Е.Н. Прогрессивные процессы объемной штамповки. М.: Машиностроение. 2011. – с. 287-293.
2. Сосенушкин Е.Н., Архипов А.А. Повышение эффективности технологического процесса изготовления волноводных фланцев. Рязань: Сборник научных статей и докладов XIII Конгресса «Кузнец-2017». 2017. – с. 99-103.
3. Сосенушкин Е.Н., Кадымов В.А., Яновская Е.А., Татаринцев А.А., Сосенушкин А.Е. Кинематическая и динамическая модели механики деформируемого твердого тела. Самара: Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 1-2. – с. 300-308.
4. Бильчук М.В., Сосенушкин Е.Н. Прогнозирование образования поверхностных дефектов фланцевой части поковок при горячей объемной штамповке. М.: Вестник МГТУ «Станкин». 2012. №4(23). – с. 44-48.
5. Сосенушкин Е.Н., Белокопытов В.В. Разработка ресурсосберегающей технологии производства фланцевых поковок на универсальном оборудовании. М.: Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2010. №3. – с. 30-38.
6. Kalpakjian S., Schmid S.R. “Manufacturing Engineering and Technology”, 6th ed. Prentice Hall, International. 2009. – с. 341.

О БОРЬБЕ СО СПЕЦИФИЧЕСКИМИ ПОМЕХАМИ В БИОТЕЛЕМЕТРИИ

Бакалов В.П., Субботин Е.А.
СибГУТИ
7(913)912-41-11, bvp@sibsutis.ru

Рассмотрены методы борьбы со специфическими помехами, обусловленными жизнедеятельностью живого организма и методикой медико-биологического эксперимента, исследуются методы повышения помехоустойчивости биотелеметрических систем (БТМС) от действия физиологических и артефактных помех.

Ключевые слова: физиологические, артефактные помехи, методы борьбы, помехоустойчивость БТМС.

About struggle with specific interference in biotelemetry, Bakalov V.P., Subbotin E.A., SibSUTIS.

The methods of struggle against specific interference caused by the vital activity of a living organism and the method of a medical and biological experiment are considered, methods for increasing the noise immunity of biotelemetric systems (BTMS) from the action of physiological, artifact interference are investigated.

Key words: physiological, artifact interference, methods of struggle, noise immunity of BTMS.

Введение

Биотелеметрия является наиболее эффективным и адекватным методом получения информации о биологических объектах, расположенных на расстоянии, не нарушая нормального процесса их жизнедеятельности. В этой связи она нашла широкое применение в авиации и космонавтике, в биологии и медицине, в экологии, в промышленности при создании различных человеко-машинных комплексов и др. [1].

Однако при создании БТМС разработчики сталкиваются с тем, что по сравнению с системами общетехнического назначения БТМС работает в гораздо более сложной помеховой обстановке, так как кроме внешних и внутренних помех и искажений, присущих всякой системе радиотелеметрии, на БТМС действует большая группа специфических помех, обусловленных непосредственно биообъектом, его жизнедеятельностью и методикой физиологического эксперимента. Эти помехи часто оказывают решающее влияние на такие важнейшие показатели как точность измерения, корректность постановки и решения обратных задач.

В данной статье рассматриваются методы повышения помехоустойчивости БТМС по отношению к специфическим помехам, действующим в биотелеметрии.

1. Борьба с физиологическими помехами

Первый метод борьбы с помехами этого вида основан на определении оптимального местоположения электродов, а также нахождении их оптимальной конструкции. При этом необходимо учитывать как мешающие действия физиологических сигналов, генерируемых соседними органами и тканями, так и взаимное влияние различных каналов БТМС через биообъект.

С математической точки зрения, задачу определения оптимальных отведений можно свести к задаче минимизации критерия среднего риска вида [2]:

$$R = \iint \prod_{x, \hat{x}} (x, \hat{x}) p(\hat{x}/x) p(x) dx d\hat{x}, \quad (1)$$

где x – измеряемая величина; \hat{x} – оценка измеряемой величины; $\prod(x, \hat{x})$ – функция потерь для различных областей $Q_j \subset Q$ -области отведения сигналов от биообъекта.

Вследствие того, что значение R в разных областях поверхности Q различно, необходимо осуществить усреднение критерия среднего риска по Q с весом $p(Q)$:

$$\bar{R} = \int_Q R_Q p(Q) dQ, \quad (2)$$

где R_Q – определяется формулой (1).

Оптимальные отведения будут соответствовать условию (в силу $p(Q) \geq 0$)

$$\bar{R}_{\min} = \min_Q R_Q. \quad (3)$$

Проблема уменьшения влияния отдельных каналов БТМС через объект, по существу, сводится к вышерассмотренной задаче. Действительно, поскольку на внутренние параметры и структуру биообъекта мы влиять не можем, т.е. не можем подобрать оптимальную передаточную функцию, минимизирующую R_Q от действия соседних каналов, то единственная возможность – отнести эти влияния к свойствам самого объекта и применить к ним вышеизложенный подход.

Вторым способом борьбы с физиологической помехой – использование каких-либо отличительных признаков информационных параметров и помехи.

Для сигналов и помех с различающимися спектрами могут быть использованы методы оптимальной фильтрации [2]. Выделение полезного сигнала можно при этом осуществить непосредственно в передатчике БТМС с помощью фильтра с передаточной функцией:

$$K(j\omega) = \frac{G_{xf}(j\omega)}{G_f(j\omega)}, \quad (4)$$

где спектральные характеристики определяются согласно

$$G_f(j\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} B_f(\tau) \cos \omega \tau d\tau, \quad (5)$$

$$G_{xf}(j\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} B_{xf}(\tau) \cos \omega \tau d\tau, \quad (6)$$

$B_f(\tau)$ – автокорреляционная функция смеси физиологического процесса и помехи; $B_{xf}(\tau)$ – взаимокорреляционная функция процесса и выделяемого физиологического процесса $x(t)$. В случае, если

$$f(t) = x(t) + N_\phi(t), \quad (7)$$

а полезный сигнал $x(t)$ и помеха $N_\phi(t)$, обусловленная мешающим воздействием других подсистем организма, некоррелированы, формула (4) примет вид

$$K(j\omega) = \frac{G_x(j\omega)}{G_x(j\omega) + G_N(j\omega)}. \quad (8)$$

Фильтр с передаточной характеристикой (8) обеспечивает минимум среднеквадратической ошибки (СКО):

$$\varepsilon^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{G_x(j\omega)G_N(j\omega)}{G_x(j\omega) + G_N(j\omega)} d\omega. \quad (9)$$

Тесно связан с оптимальной фильтрацией метод преобразования законов распределения, который также может быть применен для борьбы со специфическими помехами. Как следует из (8), фильтрация основана на различии в энергетических спектрах полученного сигнала и помехи. Значит, путем преобразования законов распределения отбираемого физиологического сигнала (а следовательно, трансформацией его спектра) можно увеличить это различие (обострить), а тем самым улучшить качество фильтрации.

Весьма эффективным методом борьбы с физиологическими помехами является использование принципа латеральных обратных связей, рассмотренный в [3].

2. Борьба с артефактными помехами

Артефактные помехи составляют вторую группу специфических помех в биотелеметрии.

В процессе движения объекта из-за изменения комплексного внутреннего сопротивления источника сигнала возникают импульсные помехи большой амплитуды, в десятки раз превышающие полезный сигнал.

Борьба с помехами этого типа может осуществляться как схемно-конструктивными методами, так и использованием специальных методик отведения биопотенциалов [1].

Рассмотрим эквивалентную схему БТМС, изображенную на рис. 1

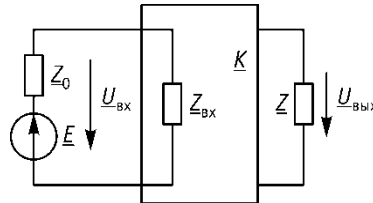


Рисунок 1- Эквивалентная схема БТМС

Для удобства анализ предположим, что E – источник гармонического колебания. Тогда нетрудно показать, что относительная нестабильность входного напряжения $\delta U_{\text{ВХ}}$ будет определяться равенством

$$\delta U_{\text{ВХ}} = \frac{\Delta U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = |\delta U_{\text{ВХ}}| e^{j\varphi},$$

где модуль

$$|\delta U_{\text{ВХ}}| = |\delta z_0| \frac{\sqrt{r_0^2 + x_0^2}}{\sqrt{(r_0 + r_{\text{ВХ}})^2 + (x_0 + x_{\text{ВХ}})^2}}; \quad (10)$$

$r_0, r_{\text{ВХ}}, x_0, x_{\text{ВХ}}$ – активные и реактивные составляющие z и $z_{\text{ВХ}}$; φ – фаза (аргумент) комплексной нестабильности входного напряжения:

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi_0 - \varphi_s; \quad (11)$$

$$\varphi_0 = \arctg \frac{x_0}{r_0}; \quad \varphi_s = \arctg \frac{x_0 + x_{\text{ВХ}}}{r_0 + r_{\text{ВХ}}}; \quad (12)$$

$\Delta\varphi_0$ – фаза комплексной нестабильности внутреннего сопротивления δz_0 источника. Из (10) нетрудно видеть, что максимальная нестабильность (при прочих равных условиях) будет при $x_0 = -x_{\text{ВХ}}$:

$$|\delta U_{\text{ВХ}}|_{\text{max}} = |\delta z_0| \frac{\sqrt{r_0^2 + x_0^2}}{r_0 + r_{\text{ВХ}}}. \quad (13)$$

Таким образом, для эффективной борьбы с артефактными помехами необходимо обеспечить выполнение следующих условий:

$$\left. \begin{array}{l} r_{\text{ВХ}} \gg r_0 \\ |x_{\text{ВХ}}| \gg |x_0| \\ \text{sign } x_{\text{ВХ}} = \text{sign } x_0 \end{array} \right\}, \quad (14)$$

где sign – знаковая функция.

Рассмотрим теперь методы подавления артефактных помех, базирующиеся на компенсации их действия в тракте БТМС. Идея подавления помех этого класса основывается на разложении артефактного выброса $N_a(t)$ в ряд Фурье.

В общем случае артефактные помехи описываются уравнением

$$N_a(t) = \sum_{i=1}^N N_a(t_i) = \sum_{i=1}^N A_i r_i(t - t_i), \quad (15)$$

где t_i – момент возникновения выброса; $r_i(\cdot)$ – функция, описывающая форму i -го импульса; A_i – амплитуда i -го выброса.

Если $A_i = A = \text{const}$ (ограничена), то

$$N_a(t) = A \sum_{i=1}^N r_i(t - t_i). \quad (16)$$

Если длительность выброса

$$\tau_a \ll \frac{2\pi}{k\omega} = \frac{T}{k},$$

то для коэффициентов a_k и b_k можно записать

$$\left. \begin{aligned} a_k &= \frac{2A}{T} \sum_{i=1}^N \cos k\omega t_i \int_0^T r_i(t-t_i) dt = \frac{2}{T} \sum_{i=1}^N \Delta S_i \cos k\omega t_i \\ b_k &= \frac{2A}{T} \sum_{i=1}^N \sin k\omega t_i \int_0^T r_i(t-t_i) dt = \frac{2}{T} \sum_{i=1}^N \Delta S_i \sin k\omega t_i \end{aligned} \right\}, \quad (17)$$

где $\Delta S_i = A \int_0^T r_i(t-t_i) dt$ – площадь i -го выброса. Так как при $\tau_a \ll t < \tau$, то зная a_k и b_k можно найти коэффициенты a_{k+1} и b_{k+1} :

$$\left. \begin{aligned} a_{k+1} &= a_k \cos \omega t_i - b_k \sin \omega t_i \\ b_{k+1} &= a_k \sin \omega t_i + b_k \cos \omega t_i \end{aligned} \right\}. \quad (18)$$

Таким образом, как следует из (17) и (18), между a_k и b_k существует жесткая связь, которую можно использовать в компенсационных методах для подавления артефактных помех.

На рис. 2 показана одна из схем, реализующая этот принцип. Причем поскольку артефактные помехи попадают в тракт вместе с сигналом непосредственно с датчика, то эти методы подавления желательно применять уже в передатчике БТМС.

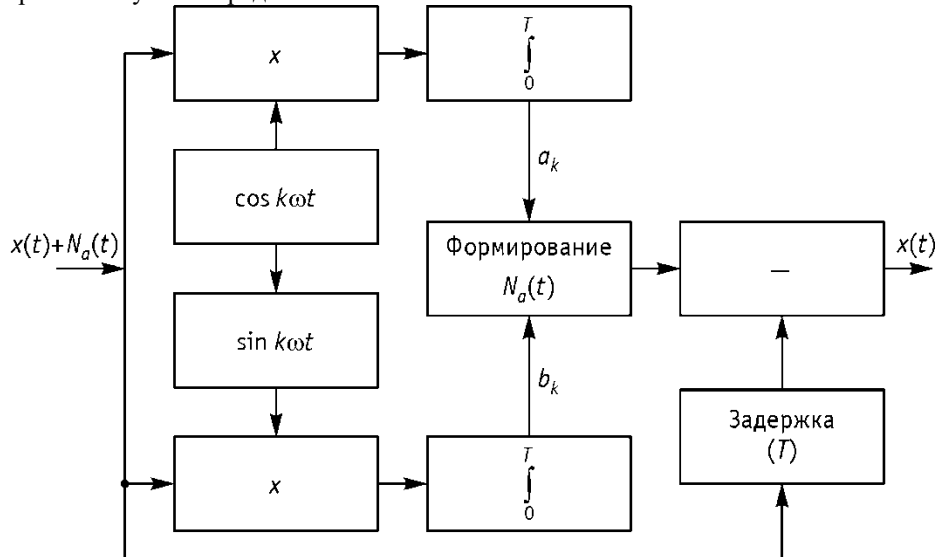


Рисунок 2 – Блок – схема компенсатора артефактных помех

Для подавления артефактной помехи, в частности вызванной электродными потенциалами, могут также использоваться различные конструктивные меры [4].

Заключение

Рассмотрены методы борьбы с физиологической помехой, основанные на нахождении оптимального отведения биопотенциалов, минимизирующие критерий среднего риска в различных областях измерения параметров биообъекта.

Для сигналов и физиологических помех с различающимися спектрами рассмотрены методы оптимальной фильтрации и нелинейного преобразования измеряемого сигнала и помех. Весьма эффективной методом борьбы с физиологической помехой является использования принципа латеральных обратных связей, рассмотренный в [3].

Борьба с артефактными помехами может вестись как схемно-конструктивными методами, так и путем их компенсации непосредственно в тракте БТМС. Найдены оптимальные условия (14), минимизирующие относительную нестабильность измеряемого сигнала от действия артефактных помех. Рассмотрены методы подавления артефактных помех, основанные на их разложении в ряд Фурье с последующей компенсацией в тракте БТМС.

Литература

1. Бакалов В.П. Основы биотелеметрии. М.: Радио и связь, 2001 – 352 с.
2. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Сов. радио, 1966 – 678 с.

3. Бакалов В.П., Субботин Е.А. Использование латеральных обратных связей для повышения помехоустойчивости телекоммуникационных систем. Инновационные и коммуникационные технологии, 2017. № 1, с. 635-639.

4. Тихомиров В.В. Биотелеметрические системы. М.: Наука, 1974 – 232 с.

ПОСТРОЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОЦЕДУРЫ МОНИТОРИНГА МИКРО- И МАКРОСРЕДЫ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Белевцев А.М., Дворецкий В.В.

ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

+7 (903) 769-17-88, ambelevtsev@yandex.ru

+7 (926) 520-14-18, v.dworetzkiy@yandex.ru

Активный рост объемов НИР в условиях смены технологических укладов и развития концепции «Индустрия 4.0» создают дополнительные угрозы стратегического развития высокотехнологичных промышленных предприятий. В первую очередь это обусловлено появлением новых конкурентов, обладающих техническими решениями на базе альтернативных технологий и имеющих значительные конкурентные преимущества. В этой связи проблемы создания эффективной методики мониторинга микро- и макросреды и её программной реализации приобретают особенное значение.

В статье приведены критерии эффективного мониторинга; показана онтологическая модель макро- и микросреды предприятия; предложена оригинальная общая методика и пятиступенчатая процедура проведения мониторинга научно-технической информации.

В заключении продемонстрирован образец практической реализации одного из этапов в информационно-аналитическом комплексе АРМ «Аналитика».

Ключевые слова: технологии мониторинга, макросреда предприятия, микросреда предприятия, индустрия 4.0, шестой технологический уклад

The automated procedure of micro and macro environment monitoring for high-tech industrial enterprises. Belevtsev A.M., Dworetzkiy V.V., Moscow Aviation Institute (National Research University).

Active R&D growth which is going jointly with the emergence of “new-wave” technologies and progress of «Industry 4.0» concept create new threats for high-tech industrial enterprises. Primarily these threats are caused by emerging of new competing companies based on the novel products and alternative technologies with significant advantages. In this regard, the issue of effective monitoring technique takes an overriding importance.

The key ideas that have been shown in the article: effective monitoring criteria, ontological model of micro and macro environment, general monitoring method and the 5-step procedure of monitoring.

In conclusion the example of real implementation in ARM “Analytics” system based on the developed method has been shown.

Keywords: monitoring technologies, macro environment, micro environment, «industry 4.0», the sixth technological wave.

Введение

В условиях перехода к шестому технологическому укладу и развития концепции «Индустрия 4.0» наблюдается рост участников и объемов проводимых НИР, а также старт-апов по созданию новых технологий и технических решений. Коммерциализация новых технологий и последующий переход их на стадию широкого промышленного освоения приводят к резкому возрастанию уровня конкуренции на рынке высоких технологий. Создание новых технологических базисов создает угрозы для компаний традиционно занимающих целевые рынки и занимающих лидирующие позиции.

В этой связи становится критически важным проведение непрерывного мониторинга состояния макро-, микросреды высокотехнологичных промышленных предприятий и текущего состояния конкурентного окружения в частности. Это позволит определить текущую структуру и содержание конкурентного окружения, определить новых, зарождающихся конкурентов, а также альтернативные технологии и технические решения с целью своевременной выработки адекватных стратегических решений для укрепления позиций крупной промышленной компании на занимаемом рынке.

При этом простой поиск информации в сети Интернет приводит к значительным затруднениям, таким как:

- непонятно как формулировать поисковые запросы,
- результаты ранжируются на основе характеристик популярности ресурса, что не свойственно большинству научно-технических порталов,

- в результате успешного поиска формируется большой объем неструктурированных данных, представляющий трудности его дальнейшего анализа.

Постановка проблемы

В этой связи необходима разработка оригинальной комплексной методики мониторинга микро- и макросреды высокотехнологичного промышленного предприятия, включая её математическое описание и структуризацию для последующей программной реализации в специализированной информационной системе.

Можно сформулировать следующие принципиально значимые критерии проведения эффективного мониторинга микро- и макросреды:

1. *Направленность на решение задач анализа микро- и макросреды*: проведение мониторинга должно осуществляться в соответствии с целями и задачами аналитического проекта. В результате мониторинга должны быть собраны все необходимые данные о различных факторах микро- и макросреды предприятия, используемые в дальнейшем для конкретных методов стратегического анализа.

2. *Структуризация полученной информации в виде информационных объектов*: применение механизма формализации данных: определения информационных объектов и взаимосвязей между ними - для их структурирования и дальнейшей обработки;

3. *Возможность автоматизации обработки больших объемов данных*: использование специальных алгоритмов обработки большого объема информационных объектов.

4. *Информационная поддержка операторов-аналитиков*: обеспечение возможности параллельного мониторинга группой аналитиков разного уровня компетенции.

5. *Обеспечение контроля входной информации* – разработка механизмов проверки найденной информации на предмет дублирования, релевантности, соответствия целям и задачам.

Для реализации мониторинга с учетом вышеизложенных критериев была разработана онтологическая модель микро- и макросреды предприятия. Целевое назначение данной модели - решение различных задач анализа микро- и макросреды: построение конкурентного окружения, поиска критических точек и др. задач [1].

Её можно представить в виде кортежа [2,3]:

$$M = \langle C, P, PJ, I, D, F, \gamma \rangle,$$

где: PJ – аналитический проект, имеющий целевое назначение, в рамках которого инициируется сеанс мониторинга,

C- вся совокупность предприятий (поставщики, потребители, конкуренты и др.),

P – совокупность продуктов, технических решений (в том числе НИР, ОКР)

I – физические лица (генеральные директора, ведущие разработчики, авторы статей и др.)

D – массив файлов документов,

F – тематические области,

γ – набор отношений между различными информационными объектами в виде заранее сформулированного набора семантических описаний. Система отношений позволяет выстроить модель для каждого конкретного предприятия или проекта.

Данная модель также определяет общую структуру информационно-аналитической системы (ИАС) и её СУБД в частности [3].

Для разработки процедуры мониторинга на основе представленной онтологической модели необходимо определить механизм формирования массивов UC, UP, UI, UD, U γ для заданных F_i (предметных областей) в рамках аналитического проекта PJ_k.

Подход может быть реализован на основе общей процедуры, состоящей из 5 этапов (рис.1).

Реализация всех этапов должна осуществляться в единой среде, обеспечивая возможность перехода на любой этап данной процедуры, с помощью создания соответствующего набора надстроек в специализированном браузере с открытым кодом.

Рабочее окно браузера представлено следующими сервисами: справочная поддержка, справочники соответствия терминов, онлайн переводчик, «навигация мониторинга», текущие закладки, мастер ввода новых данных, структура анализа проекта (САП) и др.

Рассмотрим отдельно каждый этап.



Рисунок 1 - Этапы проведения мониторинга макро- и микросреды предприятия и варианты программной реализации

Этап 1 Конфигурация сеанса. Аналитик создает или выбирает конкретный проект PJ, а также задаёт его атрибуты, к которым можно отнести:

- определение целей и задач мониторинга
- задание совокупности тематических областей F , в рамках которых будет осуществляться мониторинг

Этап 2 Вспомогательное обеспечение. В силу того, что большая часть информации представлена на английском языке, необходимо использование следующих инструментов:

- 1) Справочник соответствия англоязычных и русскоязычных терминов
- 2) Справочник аббревиатур
- 3) Онлайн переводчик (как фиксированное окно поверх рабочего)

Этап 3. Определение направлений мониторинга. С целью данного этапа является преодоление существующих ограничений использования традиционных поисковых систем (Yandex, Google, Yahoo и др.), описанных выше, предлагая оператору-аналитику наиболее релевантные и научно-технические источники информации. С этой целью решаются две крупные задачи:

- 1) поиск информационных объектов уже содержащихся в базе данных по заданной тематике.
- 2) определение направлений проведения мониторинга для вновь задаваемой тематической области среди предприятий, где сосредоточены крупнейшие мировые исследования и разработки,

В результате должно обеспечиваться автоматизированное построение следующих перечней с учетом заданной тематической области F :

- 1) Формирование предприятий UC_j на основе заданных тематических направлений F_i
- 2) Перечень ведущих высокотехнологичных предприятий (федеральных центров, университетов и др.) UC_h , проводящих исследования по различным тематическим направлениям ($\max UF$)
- 3) Перечень конференций и научно-технических библиотек,

При этом обеспечивается возможность поиска в сети Интернет по заданным IP-адресам, полученным из сервиса навигации мониторинга.

Этап 4. Ввод новых информационных объектов – осуществляется с помощью «Мастера ввода новых информационных объектов», который обеспечивает ввод:

- 1) новых документов
- 2) новых предприятий
- 3) новых продуктов (НИР, ОКР)

- 4) новых физических лиц
и установление связей между ними.

На данном этапе также создаются закладки по данному проекту с целью их дальнейшей отработки.

Этап 5. Первичная кластеризация данных

Основная задача этого этапа - фиксирование ключевых терминов, возможных научно-технических направлений, трендов с привязкой к информационным объектам с целью дальнейшего построения онтологической модели уже изучаемой предметной области.

Её решение осуществляется с помощью сервиса «Структура анализа проекта», который позволяет создавать вероятные ключевые узлы в рамках исследуемой тематики, и осуществлять привязку к ним различных информационных объектов (в первую очередь документов и технических решений)

Предложенный подход был частично в ИАС анализа микро- и макросреды АРМ «Аналитика» [2]. Рабочее окно Мастера ввода информации в АРМ «Аналитика», описанный на четвертом этапе настоящей методики, приведено на рис.2.

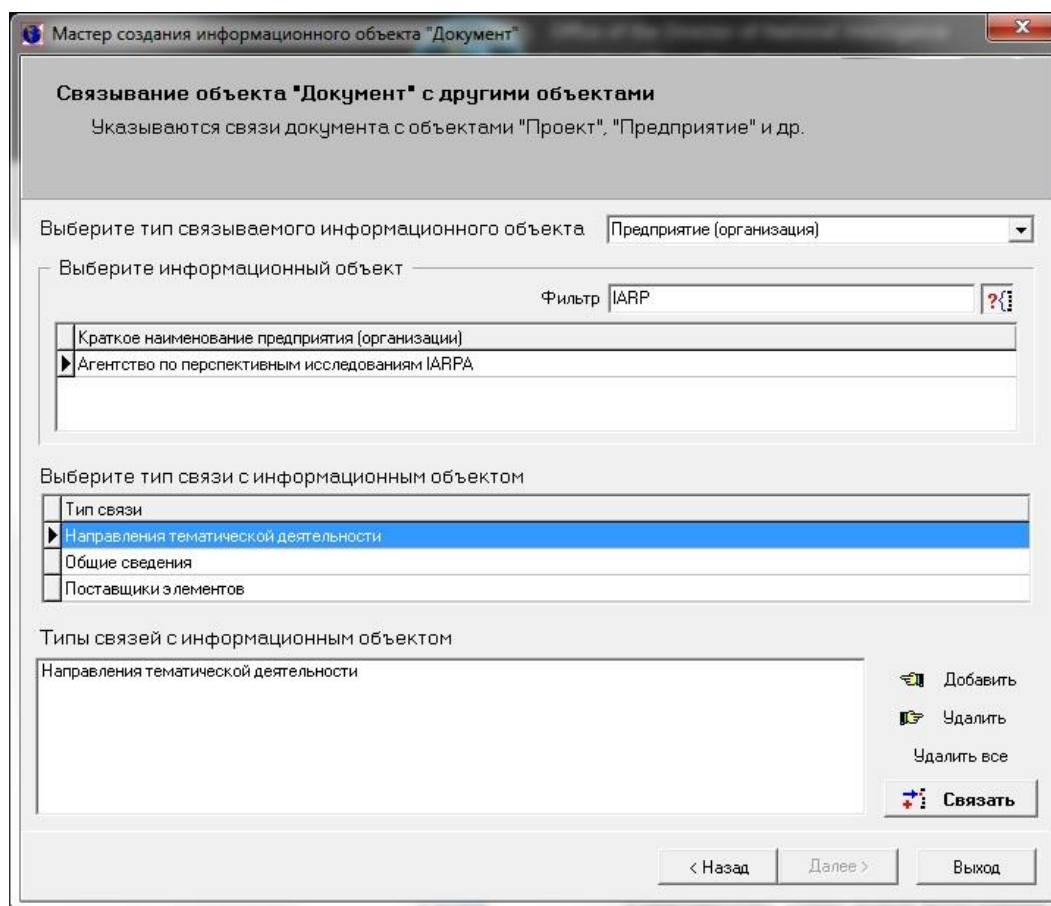


Рисунок 2 - Окно Мастера ввода информации в АРМ «Аналитика»

Заключение

В заключении следует отметить, что предлагаемый подход представляет собой оригинальное комплексное решение, в результате которого на основе полученного массива данных обеспечивается построение конкурентного окружения, его анализ, а также выявление зарождающихся конкурентов, альтернативных технологий и новых технических решений [5,6].

Кроме того последовательный характер методики мониторинга в ИАС позволяет привлекать к аналитическим проектам специалистов различных отраслей и разного уровня квалификации, обеспечивая тем самым наиболее полное и интенсивное наполнение базы знаний и как следствие, наиболее объективные результаты последующего анализа.

Литература

1. Белевцев А.М., Балыбердин В.А., Бендерский Г.П. Прикладные методы оценки и выбора решений в стратегических задачах инновационного менеджмента М.: Дашков и Ко, 2014г. 239 с.

2. Белевцев А.М., Садреев Ф.Г., Пахомов С.Н. Организация параллельного мониторинга направлений развития науки, техники и технологий в открытых источниках информации. Южный федеральный университет «Издания» №5 Тематический выпуск Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении, 2013г.

3. Белевцев А.М., Дворецкий В.В. Общая методика проведения мониторинга научно-технической информации. Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. 2017. № 1. С. 649-653.

4. Белевцев А.М., Дворецкий В.В., Садреев Ф.Г. Навигация мониторинга как инструмент стратегического анализа. Сборник материалов пятнадцатой Международной научно-практической конференции «Управление качеством», 2016г.

5. Белевцев А.М., Дворецкий В.В. Разработка общей методики анализа микросреды предприятия. Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении» («КомТех-2017»), 2017г.

6. Белевцев А.М., Дворецкий В.В. об одном алгоритме автоматизированной оценки уровня конкуренции. Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. 2016. № 1. С. 132-133.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГРАММООБРАЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МНОГОЛУЧЕВОЙ АКТИВНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Гежа Д.С.

Общество с ограниченной ответственностью «Метриктест»

Dmitry_ge@mail.ru

Приведены результаты электродинамического моделирования СВЧ-распределительной системы оптического типа многолучевой АФАР: частотные характеристики КСВ входов, развязки, картины распределения полей. Приведена схема и результаты расчетов диаграмм направленностей многолучевой АФАР, в состав которой входит рассмотренная диаграммообразующая система оптического типа.

Ключевые слова: электродинамическое моделирование, АФАР.

Electrodynamic simulation of beam forming system for multi-beam active phased antenna array. Gezha D.S, OOO Metrictest.

In this article the research of optical type microwave distribution system of multi-beam active phased antenna array is made. The results of numerical simulation in the software package Ansoft HFSS frequency characteristics of VSWR, isolation between inputs and active losses are given. Shown the distribution of magnetic field intensity module, the amplitude and phase distribution and the radiation patterns.

Keywords: electrodynamic simulation, optical system, АРАА.

Введение

В настоящее время существует достаточно большое количество АФАР, в том числе многолучевых [1- 5]. Одним из важнейших элементов многолучевой АФАР является диаграммообразующая система (ДОС), предназначенная для создания требуемых амплитудно-фазовых распределений. Существуют различные варианты построения ДОС: матричные (матрицы Батлера и Бласса), многомодовые (на основе линий передач с несколькими типами распространяющихся волн) и оптического типа. Достоинствами оптических систем, по сравнению с другими схемами построения распределительных систем является большая простота и как следствие дешевизна. Недостатком распределительных систем оптического типа являются большие потери, что является существенным для пассивных фазированных решеток. Однако в случае АФАР потери в распределительной системе являются менее критичным фактором, поскольку основная энергетика АФАР сосредоточена в оконечных каскадах.

Постановка проблемы

Рассмотрим многолучевую АФАР, структурная схема которой изображена на рис. 1. Многолучевая АФАР состоит из распределительной системы оптического типа и излучающей апертуры.

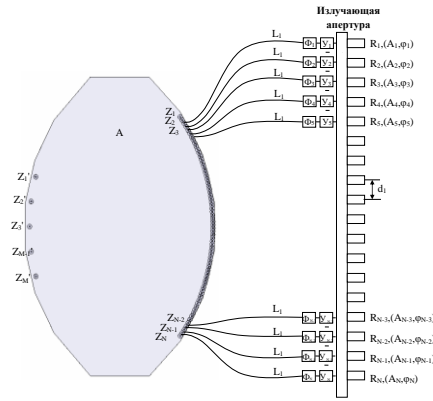


Рисунок 1 - Структурная схема многолучевой АФАР

Распределительная система оптического типа показана на рис. 2 и состоит из полости в металле A , M излучающих зондов $Z_{1'} \div Z_{M'}$, N приёмных зондов $Z_1 \div Z_N$, расположенных на расстоянии R и N коаксиальных кабелей длиной L_1 (см. рис. 1. и 2.) и является Н-плоскостной системой [6, 7]. Приемные зонды $Z_1 \div Z_N$ расположены инверсно, расстояние между центрами четных и нечетных зондов d выбрано для максимального уплотнения каналов без изменения габаритов. Излучающая апертура состоит из N излучателей $R_1 \div R_N$ (см. рис. 1.) к каждому из которых подсоединены усилители мощности $Y_1 \div Y_N$ и фазовращатели $\Phi_1 \div \Phi_N$ (см. рис. 1). N коаксиальных кабелей распределительной системы длиной L_1 соединяют зонды $Z_1 \div Z_N$ с фазовращателями $\Phi_1 \div \Phi_N$ так, как показано на рис. 1. Расстояние между соседними излучателями распределительной системы равно d_1 .

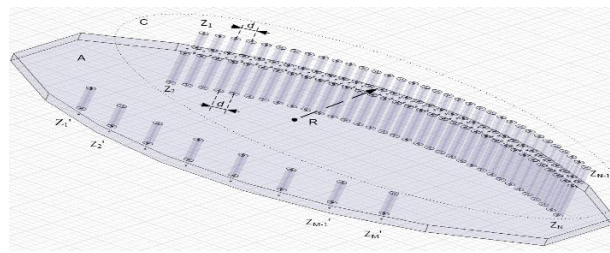


Рисунок 2 - Геометрия распределительной системы оптического типа многолучевой АФАР

Входами многолучевой АФАР являются зонды $Z_{1'} \div Z_{M'}$. Принцип построения РСОТ многолучевой АФАР рассмотрен в работе [8]. Положение зондов $Z_{1'} \div Z_{M'}$, варьируется для получения оптимального фазового распределения на излучателях $R_1 \div R_N$ [8].

Использование кабелей $L_1 \div L_N$ позволяет ввести дополнительную степень свободы и геометрически разделить задачу получения фазового распределения и излучения.

Заданный уровень КСВ в диапазоне частот от $f_0 - \Delta f$ до $f_0 + \Delta f$ на передающих $Z_{1'} \div Z_{M'}$, не должен превышать уровень 1.4. Уровень развязки между каналами $Z_{1'} \div Z_{M'}$, не должен превышать -22 дБ. Активные потери в каналах $Z_{1'} \div Z_{M'}$, исследуемой геометрии должны быть не выше -2 дБ.

Проведем численное электродинамическое моделирование в рабочем диапазоне частот от $f_0 - \Delta f$ до $f_0 + \Delta f$, рассчитаем частотные характеристики КСВ, развязки, потерь, распределений электрических и магнитных полей. По полученным результатам построим диаграммы направленности многолучевой АФАР для каждого канала.

Результаты моделирования

Для выбранной модели распределительной системы (рис. 3) были проведены расчеты частотных зависимостей КСВ, потерь, разности фаз и картины распределения полей при помощи программы электродинамического моделирования Ansoft HFSS 15 [9]. Расчет проводили в диапазоне частот от $f_0 - \Delta f$ до $f_0 + \Delta f$ со значением параметра сходимости $\Delta S = 0.02$ на компьютере с четырехъядерным процессором Intel Core i7 и тактовой частотой 2.93 ГГц, оперативной памятью 12 Гб. Расчет был проведен за 7 часов 46 минут 55 секунд при этом геометрия была разбита на 670561 тетраэдр и использовано 4.6 Гб оперативной памяти.

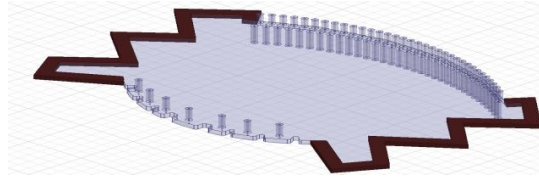


Рисунок 3 - Геометрия задачи при моделировании распределительной системы оптического типа в программе HFSS 15

В результате моделирования многолучевой АФАР получены графики частотной зависимости КСВ, развязки между входами и активных потерь в диапазоне частот от $f_0 - \Delta f$ до $f_0 + \Delta f$. Рассчитаны амплитудные и фазовые распределения, картины полей и диаграмма направленности на частотах $f_0 - \Delta f$, f_0 и $f_0 + \Delta f$.

На рис. 4а) изображено мгновенное распределение в плоскости XOY напряженности магнитного поля вдоль оси X H_x с максимальным значением напряженности 2 А/м при возбуждении зонда Z_2 , сигналом мощностью 1 Вт на частоте $f_0 + \Delta f$. Различным величинам напряженности магнитного поля на рис. 4 соответствуют различные оттенки серого цвета.

Магнитная составляющая напряженности H_x , попадающая на остальные излучающие входы, составляет менее 3.65×10^{-4} А/м, что говорит о достаточно хорошей развязке между входами. Такому распределению напряженности соответствуют фазовое и амплитудное распределения, показанные на рис. 5а) и рис. 5б) соответственно. Линейный наклон фазового фронта обусловлен наклоном луча. Фазовая ошибка получается достаточно хорошей. Амплитудное распределение также довольно равномерно. Часть доли мощности не попадающая на приемные зонды $Z_1 \div Z_N$ идет в потери. Распределение магнитной составляющей напряженности H_x , попадающая на приемные зонды $Z_1 \div Z_N$, достаточно равномерно и его величина составляет порядка 1 А/м. Подобная картина может быть приведена и для передающих зондов распределительной системы $Z_{1'} \div Z_{M'}$.

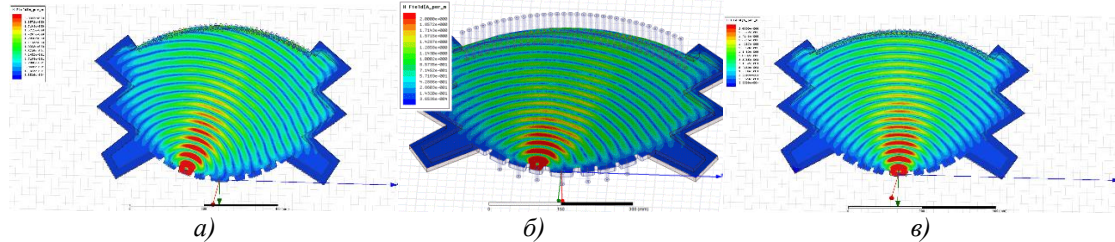


Рисунок 4 - Мгновенное распределение амплитуды напряженности магнитного поля на частоте $f_0 + \Delta f$ при запитке зондов Z_2 , Z_3 и Z_4

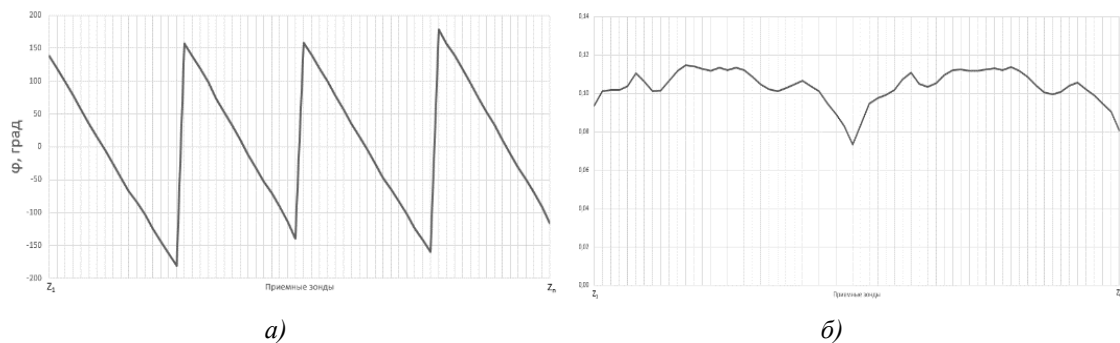


Рисунок 5 - Рассчитанные фазовое и амплитудное распределения при запитке зонда Z_2 , распределительной системы оптического типа при моделировании

Картины распределения напряженности составляющих магнитных полей при возбуждении зондов Z_3 и Z_4 , представлены на рис. 4б) и рис. 4в) соответственно.

В силу симметрии распределительной системы картины распределения полей для зондов Z_5 и Z_6 , будут зеркальным отображением представленных на рис. 4. На зондах Z_6 и Z_7 , используются согласованные коаксиальные нагрузки для создания симметричных условий на зондах $Z_{2'} \div Z_{6'}$. Фазовые и амплитудные распределения для луча 3 изображены на рис. 6а) и рис. 6б), а для луча 4 на рис. 7а) и рис. 7б). Как видно из данных графиков, наибольший наклон фазового фронта соответствует наибольшему углу наклона луча. Кроме того, чем меньше угол наклона луча, тем более равномерно амплитудное распределение.

На рис. 8 представлены графики частотной зависимости КСВ на передающих зондах РСОТ: на зонде Z_2 , – кривая 1, на зонде Z_3 , – кривая 2, на зонде Z_4 , – кривая 3. В силу симметрии распределительной системы значения КСВ на зондах Z_5 и Z_6 , будут аналогичны значениям на зондах Z_2 и Z_3 . Из представленной на рис. 8 частотной зависимости КСВ следует, что в рабочем диапазоне частот КСВ на входах не превышает значение 1.2 в диапазоне частот от $f_0 - \Delta f$ до $f_0 + \Delta f$. Несмотря на то, что приемные и передающие зонды по отдельности были настроены на минимальный уровень КСВ на центральной частоте f_0 , минимальный уровень КСВ всей системы на зондах Z_3 и Z_4 , смещен в область более низких частот на 2%, а для зонда Z_2 , в область более высоких частот на 2%. Стоит отметить, что поскольку КСВ не превышает требуемый уровень 1.4 в более широком диапазоне частот, предлагаемый вариант построения системы в целом получается достаточно работоспособен и геометрия не требует доработки.

На рис. 9 представлены графики частотной зависимости развязки L в дБ между каналами 5 и 6 – кривой 1, между каналами 2 и 3 – кривой 2, между каналами 6 и 7 – кривой 3, между каналами 3 и 6 – кривой 4, между каналами 2 и 7 – кривой 5, между каналами 4 и 5 – кривой 6, между каналами 3 и 4 – кривой 7.

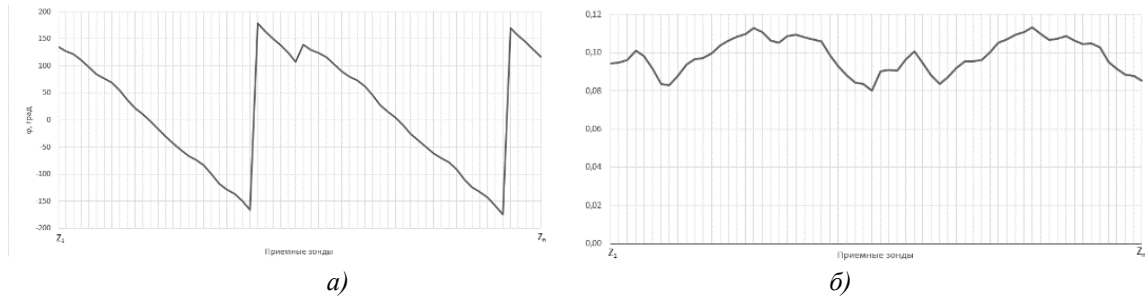


Рисунок 6 - Рассчитанные фазовое и амплитудное распределения при запитке зонда Z_3 , распределительной системы оптического типа при моделировании

Как видно из графиков на рис. 9 наихудшая развязка в рабочем диапазоне частот от $f_0 - \Delta f$ до $f_0 + \Delta f$ возникает между соседними каналами 5 и 6, но и она не превышает требуемый уровень – 22 дБ.

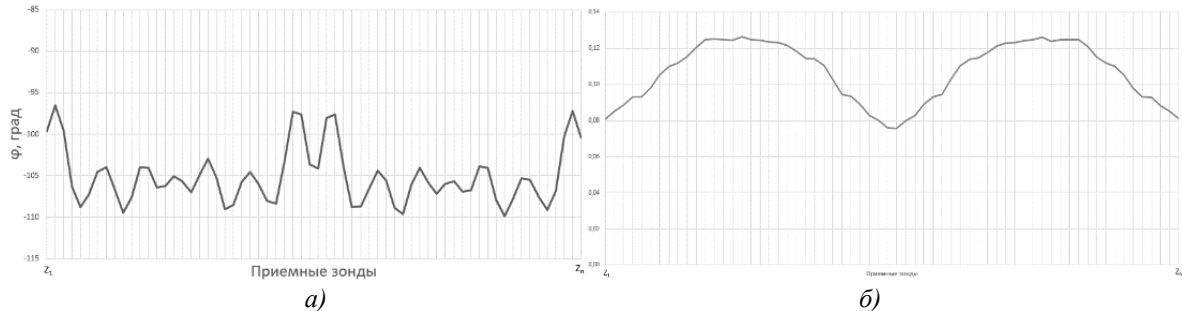


Рисунок 7 - Рассчитанные фазовое и амплитудное распределения при запитке зонда Z_4 , распределительной системы оптического типа при моделировании

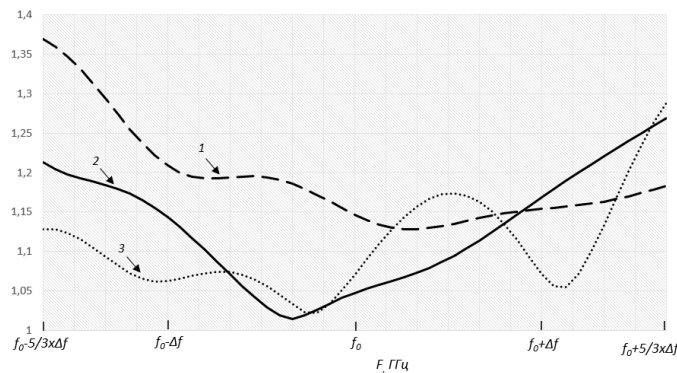


Рисунок 8 - Рассчитанная частотная зависимость КСВ на передающих зондах распределительной системы оптического типа при моделировании

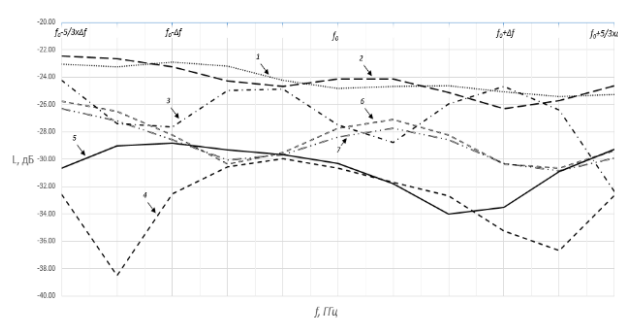


Рисунок 9 - Рассчитанные частотные зависимости коэффициентов прохождения между каналами распределительной системы оптического типа при моделировании

Активные потери в канале Z_2 , исследуемой геометрии могут быть рассчитаны, воспользовавшись следующей формулой:

$$L = 10 \log_{10}((S_{Z_2, Z_1})^2 + (S_{Z_2, Z_2})^2 + \dots + (S_{Z_2, Z_N})^2) \quad (1)$$

Аналогичным образом рассчитаем активные потери в каналах Z_3, \dots, Z_6 . На рис.10 отображены графики частотной зависимости активных потерь в каналах Z_2, \dots, Z_4 , распределительной системы. В силу симметрии распределительной системы активные потери в каналах Z_5 и Z_6 , будут аналогичны соответствующим значениям в каналах Z_2 и Z_3 .

Как следует из графиков, в диапазоне частот от $f_0 - \Delta f$ до $f_0 + \Delta f$ минимальное значение величины активных потерь достигается в канале Z_4 , и составляет менее -1.2 дБ. Чем больше отклонен луч, тем больше активные потери, при отклонении на 1 градус потери растут на 0.3 дБ. Тем не менее на других входах потери не превышает -1.8 дБ.

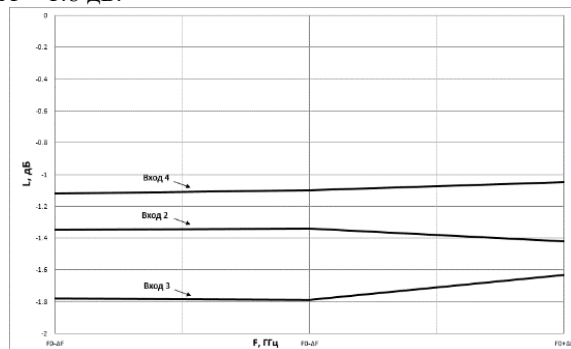


Рисунок 10 - Рассчитанная частотная зависимость активных потерь в каналах при моделировании распределительной системы оптического типа

На графике рис. 11 по оси абсцисс отложен угол θ в градусах, по оси ординат ненормированная диаграмма направленности $F(\theta)$ в дБ при подаче на зонды Z_4, \dots, Z_6 , сигнала мощностью 1 Вт. Расстояние между передающими зондами выберем равным 42 мм. Представим на графике диаграммы направленности АФАР при запитке канала Z_4 , обозначив цифрой 1, канала 5 – цифрой 2, канала 6 – цифрой 3. В силу симметрии распределительной системы диаграммы направленности АФАР при запитке каналов Z_2 и Z_3 , будут аналогичны соответствующим диаграммам в каналах Z_5 и Z_6 . Как видно из рис. 11 уровень боковых лепестков без аподизации составляет -8.5 дБ, это обусловлено тем, что в амплитудном распределении находятся 2 максимума. При запитке центрального канала Z_4 , уровень боковых лепестков симметричен и составляет -11 дБ. При запитке остальных зондов уровень боковых лепестков становится несимметричным. Это вызвано перекосом фазового и амплитудного распределения. Использование усилителей мощности и фазовращателей в данной многолучевой АФАР позволяет скорректировать амплитудно-фазовое распределение и уменьшить уровень боковых лепестков. Такое свойство рассмотренной распределительной системы позволяет использовать ее в диапазоне частот от $f_0 - \Delta f$ до $f_0 + \Delta f$.

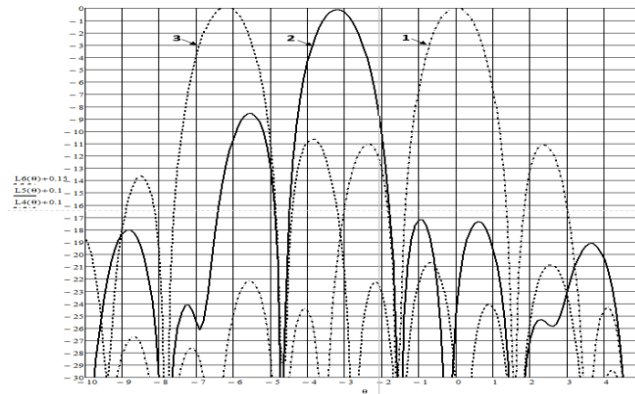


Рисунок 11 - Рассчитанная диаграмма направленности многолучевой АФАР при моделировании

Заключение

Рассмотрена СВЧ-распределительная системы оптического типа многолучевой АФАР. Приведены результаты численного моделирования в программном комплексе Ansoft HFSS частотных характеристик КСВ, развязки между входами и активных потерь. Приведена также картина распределения модуля напряженности магнитного поля, амплитудного и фазового распределения, а также диаграмма направленности.

В предложенном варианте СВЧ-распределительной системы оптического типа многолучевой АФАР удалось достичь значений КСВ не хуже 1.4, активных потерь не превышающего – 1.8 дБ и развязки между каналами не выше – 22 дБ в рабочем диапазоне частот. Полученные искажения амплитудно-фазового распределения в диаграммообразующей системе обуславливают применение фазовращателей и усилителей мощности с усреднением по каналам. Это требует отдельного исследования.

Литература

1. Перегонов С.А.// «Многолучевая СВЧ антенная решётка с параллельным контролем обзораемого пространства» Журнал “Электронная техника. серия 1: СВЧ-техника”, 2014, №1, с.54-62.
2. Грибков В.Ф.// «РЛС с ФАР/АФАР: вчера, сегодня, завтра» Журнал “Авиационные системы”, 2011, №5, с.10-18.
3. Тушнов П.А., Бердыев В.С., Левитан Б.А. // «Аспекты развития технологий приемопередающих модулей АФАР» Журнал “Радиотехника”, 2015, №4, с.91-98.
4. Пономарёв Л.И., Вечтомов В.А., Милосердов А.С. // «Многолучевая антенная решётка для системы спутниковой связи» Журнал “Антенны”, 2012, №5, с.52-65.
5. Кашин В.А., Туманская А.Е., Шумилов В.Ф. // «Особенности формирования диаграмм направленности моноимпульсной активной фазированной антенной решетки с купольной линзой» Журнал “Радиотехника и электроника”, 2012, том 57, №9, с.957-967.
6. Гежа Д.С., Годин А.С., Климов К.Н.// «Электродинамическое моделирование возбудителя для СВЧ-распределительной системы оптического типа многолучевой ФАР» Журнал “Антенны”, 2015, №4, с.9-14.
7. Гежа Д.С., Годин А.С., Климов К.Н.// «Электродинамическое моделирование приемных зондов СВЧ-распределительной системы оптического типа многолучевой ФАР» Журнал “Антенны”, 2015, №3, с.48-53.
8. Фирсов-Шибяев Д.О. Диаграммообразующая система оптического типа для многолучевых АФАР// Диссертация. М. МИЭМ НИУ ВШЭ, 2013. – 216с.
9. ANSYS HFSS User’s Guide. SAS, 2014 [Электронное издание].

МЕТОДИКА РАСШИРЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПОЛОСЫ АНТЕННОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПЕДАНСНОСОГЛАСОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Годин А.С.*
НПО «ЛЭМЗ», *АО
+7 (967) 018-51-44, andrey.godin@gmail.com

Предложена методика использования импедансносогласованных материалов для расширения рабочей частоты существующих излучателей. Приведены результаты численного электродинамического моделирования и экспериментального исследования волноводного щелевого излучателя, рабочая частота которого была расширена.

Ключевые слова: импедансносогласованный материал; импеданс среды; излучатель; расширение полосы частот; диэлектрическая и магнитная проницаемость.

Technique for expanding the working band of an antenna radiator using impedance-matched materials. Godin A.S., *LEMZ R&P Corp., *JSC

A technique is proposed for using impedance-matched materials to expand the operating frequency of existing radiators. The results of numerical electromagnetic modeling and experimental investigation of a waveguide slit radiator are given, the operating frequency of which has been extended.

Keywords: impedance-matched materials, impedance of the medium, radiator, bandwidth expansion, dielectric and magnetic permeability.

Введение

Термин импеданс среды был введён в работе Щелкунова (Schelkunoff) [1, 2]. Вопрос о распространении понятия импеданса на электромагнитные поля рассмотрен также в работе Дж. А. Стрэттона [3]. Стрэттон приводит решение задачи о согласовании импедансов сред и оказывается, что для отсутствия отражения плоской волны от границы раздела двух сред, необходимо равенство волновых сопротивлений данных сред.

Импедансносогласованные материалы используются для уменьшения рабочей частоты для уже существующих патчевых излучателей. В работе Буелла (Buell, 2005) [4], в числе прочих, рассматривается излучатель, помещаемый в прямоугольный параллелепипед из импедансносогласованного материала при различных значениях относительных диэлектрических и магнитных проницаемостей.

В работе Карилайнена (Karilainen, 2012) [5] рассматривается возможность уменьшения рабочего диапазона частот излучателя меандрового типа с помощью вставок из импедансносогласованного материала.

В патенте Парше (Parsche, 2009) [6] импедансносогласованный материал используется для уменьшения габаритов спирального излучателя на сфере. В качестве импедансносогласованного материала Парше предложил использовать никель-цинковый феррит (Light Nickel Zinc (High Curie Temperature) Ferrite).

Импедансносогласованные материалы на основе шпинелей и гексаферритов за рубежом производятся компаниями Skyworks Solutions Inc. и Fair-Rite Products Corp.

Методика использования импедансносогласованных материалов для расширения рабочей длины волны существующих излучателей

Импедансносогласованные материалы для переноса рабочих частот уже изготовленных излучателей в более длинноволновые диапазоны должны обладать следующими свойствами [7, 8]:

- 1) малыми потерями (необходимо для сохранения КПД антенны);
- 2) отношение относительных диэлектрической и магнитной проницаемостей должно лежать в интервале от 1/2 до 2 (необходимо, чтобы КСВ антенны не ухудшалось из-за отражения от границы с вакуумом).

Использование импедансносогласованных материалов позволяет провести уменьшение рабочей частоты f_0 уже существующих излучателей без изменения их габаритных размеров [7, 8]. Такой эффект достигается за счет того, что излучатель помещается в шар из импедансносогласованного с вакуумом материала, у которого действительная часть диэлектрической проницаемости в ϵ_r раз больше диэлектрической проницаемости вакуума и действительная часть магнитной проницаемости в μ_r раз больше магнитной проницаемости вакуума. В результате, согласно принципу электродинамического подобия [1-3, 9, 10], из-за уменьшения длины волны в импедансносогласованном материале в $\sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r}$ раз, происходит уменьшение рабочей частоты f_0 в $\sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r}$ раз без изменения габаритов излучателя. Следует отметить, что относительная полоса рабочих частот $\frac{2\Delta f}{f_0}$ при этом не изменится [7, 8].

Для подтверждения справедливости предложенного подхода проведем электродинамическое моделирование излучателя с использованием программного комплекса ANSYS HFSS v. 18.2 [11]

Численное электродинамическое моделирование волноводного щелевого излучателя

Для подтверждения справедливости предложенного подхода проведем электродинамическое моделирование излучателя с использованием программного комплекса ANSYS HFSS v. 18.2 [11].

В качестве примера рассмотрим антенну, построенную на основе щелевого излучателя, возбуждаемого прямоугольным металлическим волноводом, у которого нижняя частота рабочего

диапазона частот имеет значение f_0 . Рассмотрим топологию и характеристики волноводного щелевого излучателя [12, 13].

Топология волноводного щелевого излучателя (ВЩИ) показана на рис. 1.

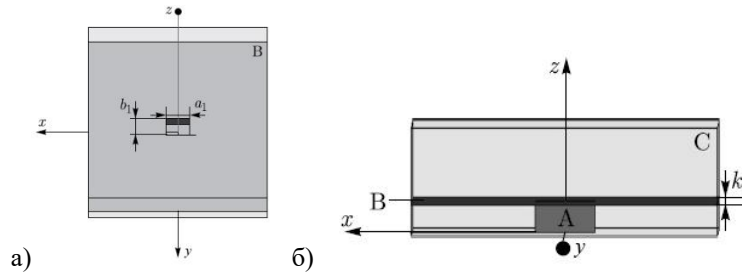


Рис. 1. Топология волноводного щелевого излучателя

На рис. 2 изображен ВЩИ, который находится в листе металла B . Щель имеет размеры по ширине – $a_1 = \frac{7}{15}\lambda_0$, по высоте – $b_1 = \frac{95}{355}\lambda_0$ (см. рис. 1 а) и по длине – $k_1 = \frac{1}{150}\lambda_0$ (см. рис. 1 б), где λ_0 – длина волны в свободном пространстве для заданной f_0 – нижней частоты рабочего диапазона частот излучателя. Щель запитывается прямоугольным металлическим волноводом A , размеры которого составляют по ширине – $a = \frac{7}{15}\lambda_0$, по высоте – $b = \frac{1}{5}\lambda_0$ и по длине – $k = \frac{7}{15}\lambda_0$ (рис. 2).

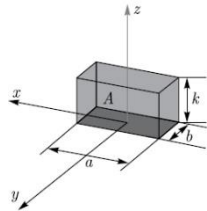


Рис. 2. Прямоугольный металлический волновод A

ВЩИ размещен в вакуумной коробке C . Его размеры будут равны: $a_2 = 2.8\lambda_0$, $b_2 = 2.8\lambda_0$ и $k_2 = 4\lambda_0$ (рис. 3 а). На внешних сторонах вакуумной коробки C устанавливается условие излучения (Radiation) [11]. Таким образом, моделируется излучение ВЩИ в открытое пространство. На рис. 3 (б) показан полученный макет ВЩИ.

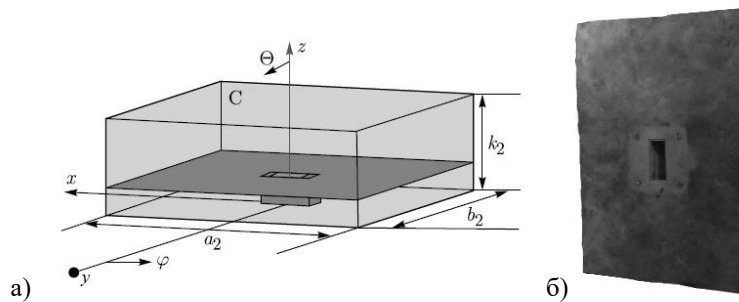


Рис. 3. а) Волноводный щелевой излучатель в вакуумной коробке C с условием излучения (Radiation);
б) Макет волноводного щелевого излучателя

Приведем экспериментальную и рассчитанную частотную характеристику КСВ данного ВЩИ на рис. 4. На рис. 5 показана экспериментальная и рассчитанная частотная характеристика коэффициента усиления ВЩИ.

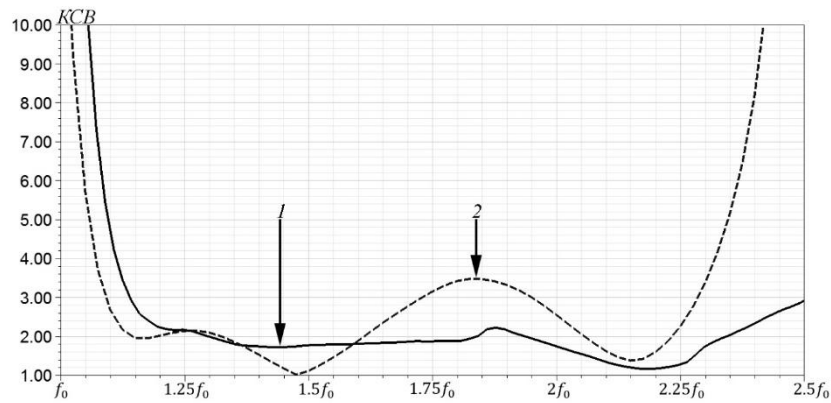


Рис. 4. Экспериментальная (кривая 1) и рассчитанная (кривая 2) частотная характеристика КСВ волноводного щелевого излучателя для частот от f_0 до $2.5f_0$

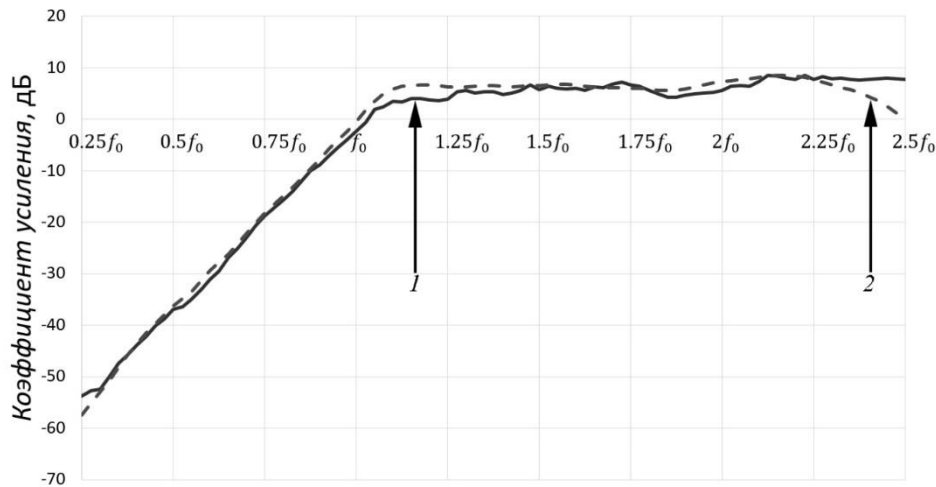


Рис. 5. Экспериментальная (кривая 1) и рассчитанная (кривая 2) частотная характеристика коэффициента усиления K_y волноводного щелевого излучателя для частот от $0.25f_0$ до $2.5f_0$

Численное электродинамическое моделирование волноводного щелевого излучателя с расширением рабочей частоты с f_0 до $0.75f_0$

Рассмотрим топологию антенны, построенной на основе рассмотренного выше излучателя. Для этого исходный излучатель помещаем в полушар радиусом R из материала с относительными диэлектрической и магнитной проницаемостями равными 1.5. Рассмотрим вариант полученной антенны с величиной радиуса полушара $R = 0.4\lambda_0$.

На рис. 6 (а) показана топология ВЦИ с полушаром из импедансногласованного материала. Такой излучатель был назван «излучатель Година» [9, 10].

«Излучатель Година» представляет собой излучатель, помещенный в полушар радиусом $R = 0.4\lambda_0$ из материала с относительными диэлектрической и магнитной проницаемостями равными 1.5. Центр полушара из импедансногласованного материала совмещен с фазовым центром щелевого излучателя. При этом рабочая частота исходного ВЦИ уменьшилась в 1.5 раза. При этом геометрические размеры волновода и щели остались прежними. Возбуждающий щель волновод также заполнен материалом с относительными диэлектрической и магнитной проницаемостями равными 1.5.

При расчете «излучатель Година» размещается в вакуумной коробке C . Размеры коробки задаются следующим образом: $a_2 = 2.8\lambda_0$, $b_2 = 2.8\lambda_0$ и $k_2 = 4\lambda_0$. На внешних сторонах вакуумной коробки C устанавливается условие излучения (Radiation), таким образом, моделируется излучение в открытое пространство.

На рис. 6 (б) показан изготовленный по предложенной методике экспериментальный макет «излучателя Година».

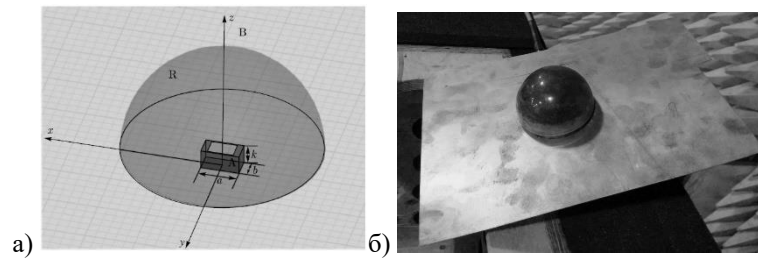


Рис. 6. а) Топология «излучателя Година»;
б) Экспериментальный макет «излучателя Година»

Приведем на рис. 7 полученные экспериментальную и рассчитанную частотные характеристики КСВ «излучателя Година» для частот $0.25f_0$ до $2.5f_0$.

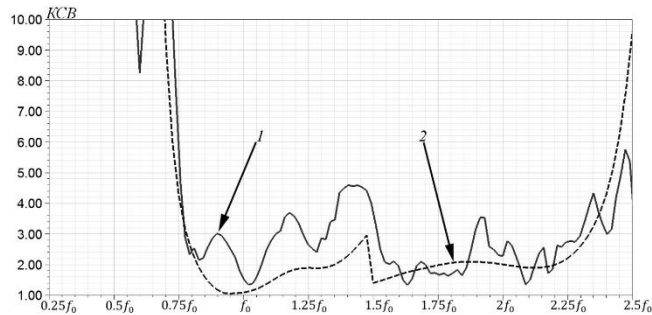


Рис. 7. Экспериментальная (кривая 1) и рассчитанная (кривая 2) частотные характеристики КСВ «излучателя Година» для частот $0.25f_0$ до $2.5f_0$

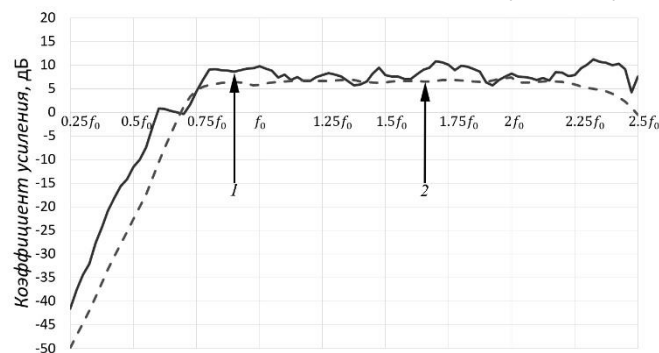


Рис. 8. Экспериментальная (кривая 1) и рассчитанная (кривая 2) частотные характеристики коэффициентов усиления K_y «излучателя Година» для частот от $0.25f_0$ до $2.5f_0$

На рис. 8 приведены экспериментальная (кривая 1) и рассчитанная (кривая 2) частотные характеристики коэффициентов усиления K_y «излучателя Година» для частот от $0.25f_0$ до $2.5f_0$.

Как видно из рис. 7 и рис. 8 значение частотной характеристики КСВ «излучателя Година» меньше 3 при таких частотах: $0.77f_0 - 1.12f_0$; $1.13f_0 - 1.32f_0$; $1.52f_0 - 1.89f_0$; $1.94f_0 - 2.3f_0$. Во всем диапазоне частот от $0.75f_0$ до $2.5f_0$ значение коэффициента усиления K_y превышает 5 дБ. Рабочий диапазон частот «излучателя Година» составляет $0.77f_0 - 2.5f_0$.

На рис. 9 приведем сравнение частотных характеристик коэффициента усиления K_y «излучателя Година» (кривая 1) и исходного волноводного щелевого излучателя (кривая 2).

Как видно из рис. 9, частота на которой значение коэффициента усиления K_y равно нулю, сместилось с частоты f_0 на частоту $0.6f_0$. По уровню -3 дБ значение коэффициента усиления K_y сместилось с частоты $0.98f_0$ на частоту $0.57f_0$. По уровню 3 дБ значение коэффициента усиления K_y сместилось с частоты $1.09f_0$ на частоту $0.73f_0$. По уровню 5 дБ значение коэффициента усиления K_y сместилось с частоты $1.26f_0$ на частоту $0.75f_0$. Практически во всем частотном диапазоне до $2.5f_0$ коэффициента усиления K_y «излучателя Година» больше коэффициента усиления исходного излучателя. Таким образом у «излучателя Година» по сравнению с исходным излучателем не только смещен диапазон рабочих частот, но и увеличено значение коэффициента усиления.

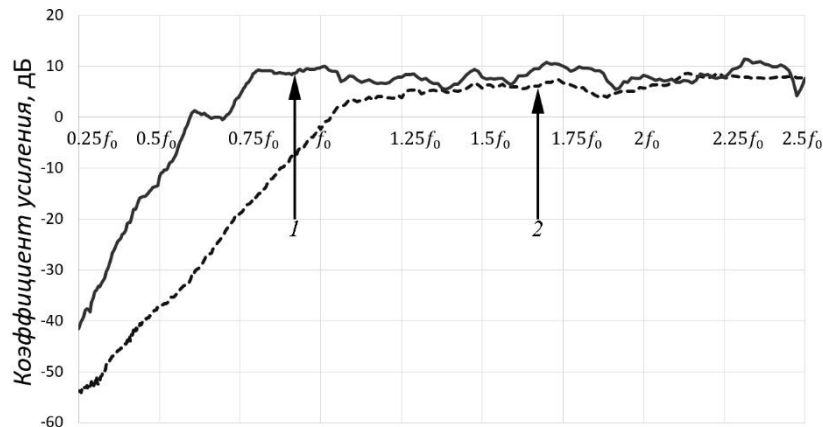


Рис. 9. Сравнение частотных характеристик коэффициента усиления K_y «излучателя Година» (кривая 1) и исходного волноводного щелевого излучателя (кривая 2)

Заключение

Предложена методика использования импедансногласованных материалов для расширения рабочей частоты существующих излучателей. Приведены результаты численного электродинамического моделирования. Был изготовлен экспериментальный макет «излучателя Година». Основным результатом заключается в том, что полученный «излучатель Година» не только сдвигает рабочую полосу частот, но и увеличивает значение коэффициента усиления.

Литература

1. Климов К.Н. Определение, параметры и области применения импедансногласованных материалов // Сборник докладов. XIII Международная научно-практическая конференция «Инновационные, информационные и коммуникационные технологии». 1-10 октября 2016 г. Россия, Сочи. С. 516-518.
2. S.A. Schelkunoff, The Impedance Concept and Its Application to Problems of Reflection, Refraction, Shielding and Power Absorption. Bell System Technical Journal, vol. 17, no. 1, pp. 17-48, January 1938.
3. J.A. Stratton, Electromagnetic Theory, Mcgraw Hill Book Company, NY and London, 1941.
4. Kevin Buell, Development of engineered magnetic materials for antenna applications, dissertation of Ph.D, University of Michigan, USA, 2005, P. 183.
5. Antti Karilainen, Magnetic materials and responses in antenna applications, Doctoral dissertations, Aalto University, Finland, 2012, P. 70.
6. Патент США № 7573431, 2009, Broadband polarized antenna including magnetodielectric material, isoimpedance loading, and associated methods, Francis Eugene Parsche.
7. Годин А.С., Климов К.Н. Излучатель Година. Патент РФ на полезную модель RU № 170118. ОБ «Изобретения. Полезные модели». 2017. №11.
8. Климов К.Н., Годин А.С. Излучатель Климова. Патент РФ на полезную модель RU № 169311. ОБ «Изобретения. Полезные модели». 2017. №8.
9. Федоров Н.Н. Основы электродинамики. - М. : Высш.Школа, 1980. - С. 399.
10. Марков Г.Т., Сазонов Д.М. Антенны, М. Энергия, 1975, С. 528.
11. Климов К.Н., Гежа Д.С., Фирсов-Шибяев Д.О. Практическое применение электродинамического моделирования, LAP-Lambert, 2012, С. 216.
12. Годин А.С. Численное электродинамическое моделирование электрически малых антенн с использованием импедансногласованных материалов и элементарных излучателей: кубов Гюйгенса и Сестрорецкого. // Сборник докладов. XIII Международная научно-практическая конференция «Инновационные, информационные и коммуникационные технологии». 1-10 октября 2016 г. Россия, Сочи. С. 498-501.
13. Годин А.С., Степанов Е.И., Мацаян М.С., Климов К.Н. Электрически малые излучатели для перспективных систем РЛС. // Сборник трудов III Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы СВЧ электроники». Т.1. №3. 2017. С. 74-78.

ДВУХДИАПАЗОННАЯ АНТЕННАЯ СИСТЕМА АВИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Измайлов А.А.
АО НПО «ЛЭМЗ»
+7 (916) 694-78-06, yustas1993@yandex.ru

В работе рассмотрена реализация совмещения низкопрофильной антенной решётки с использованием искусственных композитных структур (АМС). АМС структуры впервые предложены D.F. Sievenpiper в статье «High-impedance electromagnetic surfaces with a forbidden frequency band» [5] в 1999 году и с тех пор являлись объектом исследований многих научных коллективов.

Ключевые слова: совмещенная антенна, низкопрофильная антенна, искусственный магнитный проводник, мониторинг земной поверхности, коэффициент усиления.

Double band antenna array for aviation monitoring of the Earth's surface. Izmaylov A.A., JSC RPC Lianozovo Electromechanical Plant.

The paper presents the realization of combined low-profile antenna array using artificial magnetic conductors (AMCs). AMC structures were first proposed D.F. Sievenpiper in article «High-impedance electromagnetic surfaces with a forbidden frequency band» [5] in 1999 year and since then have been the object of research a lot of scientific collective.

Keywords: combine antenna array, low – profile antenna, artificial magnetic conductor (AMC), monitoring of the Earth's surface, directivity pattern.

Введение

Анализ способов эффективного решения основных классов задач радиолокационного землеобзора показал, что в случае необходимости ограничиться созданием одночастотной аппаратуры наблюдения, выбор наиболее коротковолнового (X) диапазона с длиной волны $\lambda \approx 3,1$ см из возможных в космических приложениях является оптимальным. Тем не менее, обширный сегмент актуальных задач наблюдения требует реализации радиолокационной диагностики в более длинноволновых (дециметровых) диапазонах: L ($\lambda \approx 23$ см) и P ($\lambda \approx 67$ см) или комплексного анализа информации, синхронно полученной в двух или трёх существенно разнесенных (X, L и P) диапазонах. В перспективе – по мере совершенствования методов обработки первичных радиолокационных данных, номенклатура эффективно решаемых задач может быть дополнительно расширена за счет освоения метрового (ОВЧ, $\lambda \approx 210\div 220$ см) диапазона зондирующего излучения. Проникающая способность радиолокационного сигнала, возрастая по мере увеличения длины волны, позволяет в этих диапазонах выявлять и дешифровать объекты различного назначения под маскирующими их покровами и в подповерхностном слое Земли. Высокая целевая отдача от применения радиолокационных данных, полученных в нескольких, существенно разнесенных диапазонах зондирующего излучения, убедительно подтверждена к настоящему времени в процессе опытной эксплуатации авиационных радиолокаторов как зарубежных, так и отечественных, а также результатами штатной эксплуатации многочастотного радиотехнического комплекса МРК-411 на борту Ту-214Р, с радиолокационными станциями бокового и кругового обзора, а также оптико-электронную систему высокого разрешения «Фракция».

Можно выделить три подхода к комплексированию АС:

Первый состоит в использовании широкополосных или двухдиапазонных излучателей, объединённых с полосно-пропускающими СВЧ фильтрами в каждом элементе или диплексерами. Примером такого элемента является щелевой металлический излучателя продольного излучения со ступенчатой формой щели (щелевой металлический ступенчатый излучатель–щелевой МСИ) или излучателя типа Вивальди (щелевой металлодиэлектрический неоднородный излучатель – МНИ) и др. Расстояние между излучателями (период d решетки) вблизи нижней границы рабочей полосы частот $f_{\min} \Leftrightarrow \lambda_{\max}$ оказывается менее $0,1\lambda_{\max}$, что приводит к сильному взаимному влиянию малогабаритных (по сравнению с λ_{\max}) излучателей. Верхняя же граница рабочей полосы частот и сектор сканирования ограничиваются, в первую очередь, появлением дифракционного лепестка в диаграмме направленности (ДН) при сканировании лучом. Параметр широкополосности, определяемый как отношение f_{\max} / f_{\min} , составляет 2:1...5:1 при КСВ в тракте питания не хуже 2,0 и сканировании лучом в секторе $\pm 55^\circ$ [4].

Второй подход использует межэлементное (чередующееся) расположение элементов (многослойное, однослойное) с различными техническими решениями, например, волноводная реализация для X диапазона и вибраторная – для L [5, 6–9].

Третий подход состоит в комплексировании ФАР и частотно-селективных структур (ЧСС) с различными свойствами (например, частично отражающей поверхности–ЧОП; поверхности с высоким импедансом) [10–13].

Различные подходы к построению антенных систем (АС) различных диапазонов, совмещённых в одной апертуре, в частности X, L, UHF и VHF, разрабатываются в интересах радиолокации, систем с синтезированной апертурой, связных систем; радиолокационного дозора и наведения [1–4].

В частности, в [5] приведены схемы совмещения и результаты анализа вибраторно-вибраторных ФАР, однако не рассматривается возможность комплексирования антенных систем с композитными структурами обладающими свойствами искусственных магнитных проводников, а также достоинства и особенности таких схем построения. В [6] предлагается использовать композитные искусственные магнитные структуры, с целью сокращения поперечного размера антенной системы. В результате поперечный размер антенной системы ОБЧ диапазона составил 81 мм. Однако в работе не рассмотрена возможность совмещения такой АС с другими частотными диапазонами, а также не уделено внимание сканированию такой системы. В [7] предлагается интегрировать микрополосковые (печатные вибраторные, щелевые) элементы различных размеров в перфорированную структуру для совмещения диапазонов L и X, а в [8] для совмещения диапазонов С и X используется межэлементное расположение элементов. В [9] исследуется принцип и реализация комплексированных ФАР X и С диапазонов на основе двухслойных частотно-селективных структур–ЧСС с частично отражающими поверхностями–ЧОП. Обоснован выбор типа и размера структур, число и размера ячеек. Теоретически и экспериментально подтверждена возможность достижения значений коэффициента усиления 20 дБ и 16,4 дБ в двух поляризациях для X и С диапазонов соответственно, полосы частот 7.5% и 4.5% , развязка в кроссполяризационных каналах -25 дБ и сектора сканирования ± 15 градусов для совмещенной антенной системы (АС), объединяющей ФАР и ЧСС с ЧОП. Отметим, что АС [8, 8] разрабатываются как двухдиапазонные с двумя независимыми поляризациями.

Принципы комплексирования антенных систем в единой апертуре

На первом этапе анализа структуру со свойствами искусственного магнитного проводника можно рассматривать как эффективную среду с поверхностным импедансом, определяемым сосредоточенными параметрами, зависящими от геометрии структуры. Указанный подход позволяет на предварительном этапе рассматривать структуру, как параллельный контур, а поверхностный импеданс Z_s представить в виде [4, 5, 13, 20]:

$$Z_s = \frac{i\omega L}{1 - \omega^2 LC}, \quad (1)$$

где ёмкость C определяется между торцами соседних электрических пластин и перекрывающейся части параллельных пластин, а индуктивность L – длиной пути тока внутри ячейки.

Фаза коэффициента отражения для искусственной магнитной структуры в случае нормального падения плоской электромагнитной волны определяется по формуле: $\Phi = \text{Im} \left\{ \ln \left[\frac{Z_s - \eta}{Z_s + \eta} \right] \right\}$, где $\eta = 120\pi$, а Z_s определяется по формуле (1).

Резонансная частота определяется выражением $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ и соответствует равенству нулю фазы коэффициента отражения $\Phi(f) = 0$. Рабочая полоса АМС структуры соответствует изменению фазы от $\pi/2$ до от $-\pi/2$ и оценивается по формуле [13, 20]:

$$\Delta\Pi = \frac{\Delta\omega}{\omega_0} = \frac{\sqrt{L/C}}{\sqrt{\mu_0/\epsilon_0}} = \frac{2\pi}{\lambda_0} h, \quad (2)$$

при этом предполагается, что толщина структуры $h \ll \lambda_0$, где λ_0 – длина волны в свободном пространстве на резонансной частоте.

На рисунке 1 приведена зависимость фазы коэффициента отражения от частоты для АМС структуры на основе прямоугольного печатного элемента с параметрами: период АМС $d = 20.59$ мм, ширина проводящего патча $w = 18$ мм, расположенного на диэлектрической подложке толщиной $h_2 = 1$ мм и диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4.3$ (FR-4). Толщина диэлектрического основания $h_1 = 13$ мм с $\epsilon \sim 1$. Рабочая полоса АМС структуры в виде печатного прямоугольного элемента составляет 46%.

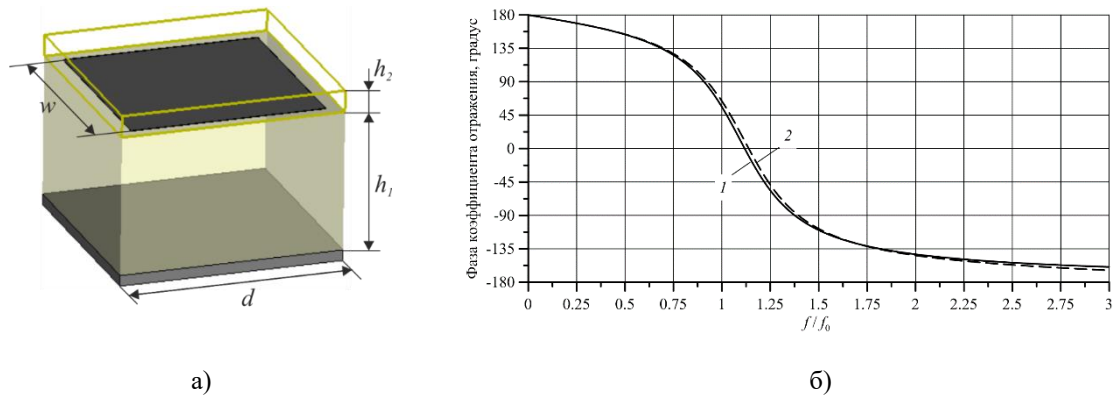


Рисунок 1 – Единичная ячейка AMC структуры на основе печатного прямоугольного элемента:
а) – общий вид; б) – фаза коэффициента отражения, 1 – аналитическая оценка, 2 – полноволновое моделирование AMC структуры.

На рисунке 3 (а,б) схематично представлены две схемы комплексирования антенной системы ОВЧ и УВЧ диапазонов. Характерной особенностью такого принципа, является использование ЧСС, обладающих свойствами поверхности с высоким импедансом, часто определяемые как искусственные магнитные проводники (АМС), поскольку касательная компонента магнитного поля равна нулю реализующие коэффициент отражения +1 для ОВЧ диапазона. В свою очередь для УВЧ диапазона АМС структуры должны выполнять роль металлического экрана (рис.3а), при этом излучатели УВЧ располагаются на высоте $\lambda_{УВЧ}/4$ над ним, с другой стороны использование двухрезонансных АМС структур (рис.3б), позволяет снизить высоту профиля всей АС, при этом они должны быть прозрачными для излучателей высокочастотного диапазона.

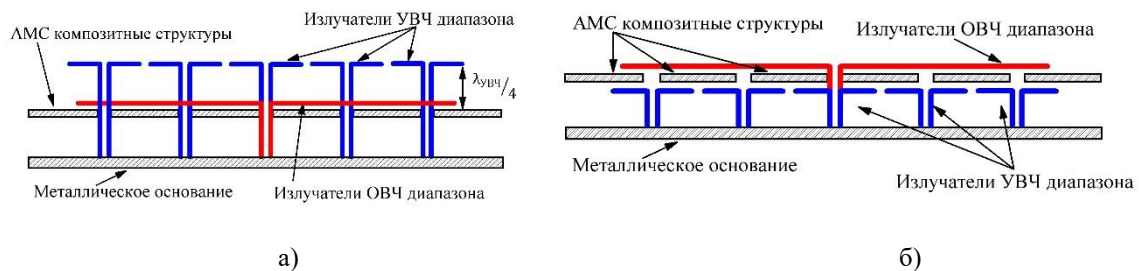
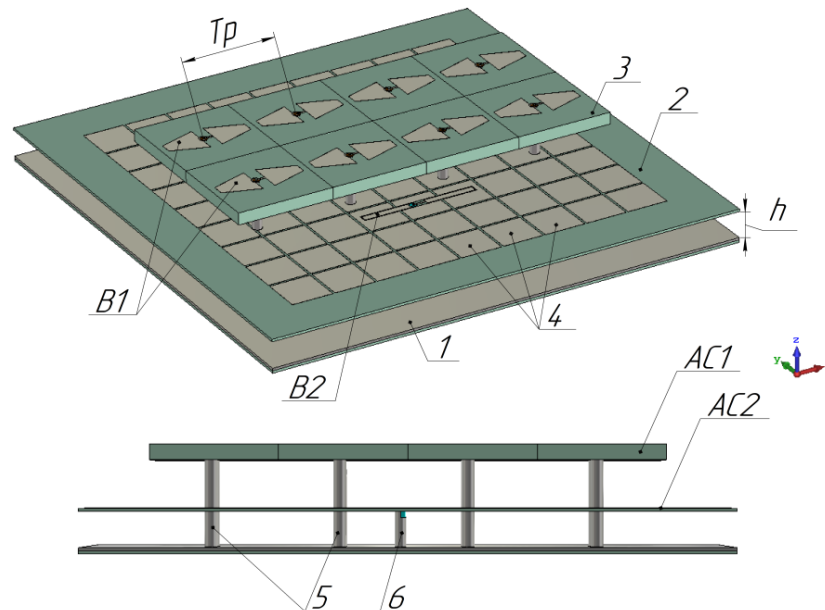


Рисунок 3 – Схемы построения совмещенных АС.

К достоинствам таких схем построения можно отнести получение низкого профиля АС, что позволяет сохранить аэродинамику носителя, увеличить полосу рабочих частот и развязку, а также снизить эффективную поверхность рассеяния. Однако основными сложностями схемы показанной на рис. 3а является соблюдение высоты профиля АС УВЧ диапазона $\lambda_{УВЧ}/4$, а также появление провала в ДН ОВЧ диапазона. Однако следует отметить, что данный недостаток компенсируется добавлением второго симметрично расположенного излучателя [18]. Недостатком схемы на рис. 3б – является сильное затенение высокочастотного диапазона излучателями низкочастотного диапазона

Совмещение двух диапазонов в единой апертуре

На рисунке 4 приведен общий вид совмещенной антенной системы для авиационного мониторинга земной поверхности. Антенная система УВЧ диапазона, состоит из 8 печатных излучателей. Излучатели ОВЧ диапазона (В2), расположены в плоскости АМС структур (4), а для возбуждения излучателей, на нижнем слое проводящего экрана (1) расположена полосковая система распределения. Высота рассчитанной антенной системы составила ≈ 32 мм. Высота h антенной системы ОВЧ диапазона равна $\lambda_{ОВЧ}/8$.



1 – проводящий экран; 2 – диэлектрический слой с ϵ_1 ;
3 – диэлектрический слой с ϵ_2 ; 4 – металлические пластины;
AC1 – антенная система 1; AC2 – антенная система 2;
B1 – вибратор 1; B2 – вибратор 2; 5,6 – питающая коаксиальная линия
Рисунок 4 – Совмещенная АС для авиационного мониторинга земной поверхности.

На рисунке 5 приведена зависимость КСВ от частоты для совмещенной антенной системы. Рабочая полоса структуры по уровню КСВ < 2 составляет 35% для ОВЧ диапазона и 14% для УВЧ диапазона.

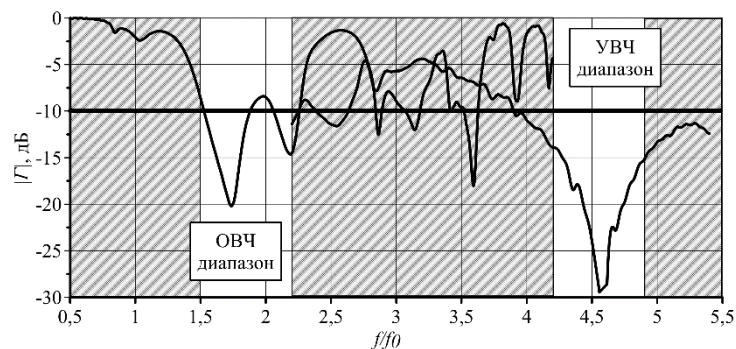
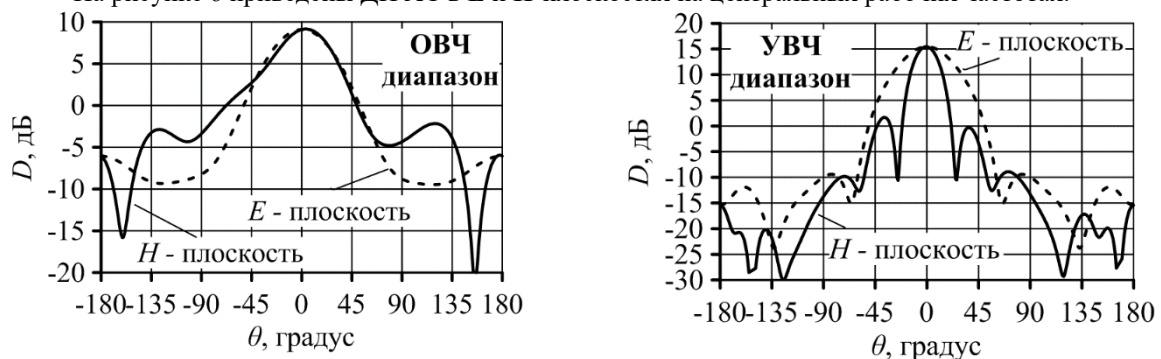


Рисунок 5 – Зависимость модуля коэффициента отражения $|\Gamma|$ от частоты.

На рисунке 6 приведены ДН АС в Е и Н-плоскостях на центральных рабочих частотах.



а)

б)

Рисунок 6 – Диаграмма направленности совмещенной АС, а) ОВЧ диапазон $1.7 f/fo$ б) УВЧ диапазон $4.6 f/fo$

Заключение

Рассмотренные частотно-селективные структуры являются полезным инструментом, внедрение которого в АС может улучшить их характеристики: сократить высоту профиля, увеличить полосу рабочих частот и развязку, снизить эффективную поверхность рассеяния, снизить уровень кросс-поляризационного излучения микрополосковых антенн, реализовать совмещение двух диапазонов в единой апертуре и т.п.

Литература

1. Радиолокационные системы специального и гражданского назначения / под ред. Ю.И. Белого. М.: Радиотехника. 2016.
2. Антенно-фидерные и оптоэлектронные устройства / под ред. В.С. Вербы и А.П. Курочкина. М.: Радиотехника. 2014.
3. Theory and Phenomena of Metamaterials / ed. Capolino F. CRC Press. 2009. P. 974.
4. Applications of Metamaterials / ed. Capolino F. CRC Press. 2009. P. 762.
5. Sievenpiper D.F., Zhang L., Broas R.F.J., Alexopolous N.G., Yablonovitch E. High-impedance electromagnetic surfaces with a forbidden frequency band // IEEE Trans. on microwave theory and techniques. 1999. V. 57. No.11. 1999. P. 2059-2074.
6. А.Ю. Гринев, Е.В. Ильин, А.П. Волков. Расчет параметров поверхности с высоким импедансом для низкопрофильных вибраторных антенн // Антенны. 2012. №10. С. 57–62.
7. Alexander P. Volkov, Kirill.V. Kozlov, Alexander.Yu. Grinev, Alexander.P. Kurochkin. "Enhanced Directivity of Low-Profile Wideband Antenna Based on Artificial Magnetic Conductor", Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW) 2017, International Conference on, pp. 353-356.
8. Munk B.A. Frequency-Selective Surfaces: Theory and Design. N.Y.: John Wiley & Sons. 2000. P. 440.
9. А.Ю. Гринев, А.П. Волков, А.И. Синани, Г.Ф. Мосейчук. Полосно-заграждающие частотно-селективные структуры для контроля диаграммы обратного рассеяния линейной АФАР L-диапазона // Антенны. 2016. №10. С. 96–101.
10. A. Yu. Grinev; A. P. Volkov; I. I. Krasnolobov; K. M. Baskov; V. V. Kakshin, "Stop-band frequency-selective structures for controlling back-scattering pattern of L-band linear antenna arrays", Progress In Electromagnetics Research Symposium – Spring (PIERS) 2017, International Conference on, pp. 2179-2184.
11. А.Ю. Гринев, Е.В. Ильин, Д.А. Евсеев. Улучшение поляризационных характеристик микрополосковых фазированных антенных решеток с линейной поляризацией // Антенны. 2017. №10. С. 3–10.
12. Space antenna handbook. Edited by Imbriale W. A., Gao S., Boccia L. 2012. John Wiley & Sons. P. 744.
13. Foged L. J., Giacomini A., Saccardi F., et.all. Miniaturized array antenna using artificial magnetic materials for satellite-based AIS system // IEEE Trans. on Antennas Propag. 2015. V. 63. №. 4. P. 1276–1287.
14. Измайлов А.А, Волков А.П. Низкопрофильная широкополосная антенная система с улучшенной формой диаграммы направленности на основе магнитного проводника конечного размера // Труды МАИ, 2017. №94.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНО- И ДВУХРЕЗОНАНСНЫХ СВЧ ФИЛЬТРОВ НА ВОЛНОВОДНО-ЩЕЛЕВЫХ МЕМБРАНАХ С УГЛОВЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ РЕЗОНАНСНЫХ ЩЕЛЕЙ

Копылова Н.А., Копылов А.Ф., Саломатов Ю.П.
Сибирский федеральный университет
+7 (983) 287-24-93, kopaph@yandex.ru

Рассмотрены и проанализированы результаты экспериментального исследования амплитудно-частотных характеристик фильтра сантиметрового диапазона волн, выполненного с использованием двухрезонансной волноводно-щелевой мембраны, имеющей две резонансные щели, расположенные в противоположных друг другу углах мембраны. Полученные экспериментальные амплитудно-частотные характеристики двухрезонансного фильтра сравнены с соответствующими характеристиками двух однорезонансных фильтров на волноводно-щелевых мембранах, каждый из которых имеет по одной резонансной щели, идентичной по конструктивным параметрам соответствующим щелям двухрезонансной системы.

Ключевые слова: СВЧ фильтр; двухрезонансная волноводно-щелевая мембрана.

Comparative experimental amplitude-frequency characteristics of one- and two-resonance microwave filters on waveguide-slot membranes with angular position of resonance slots. Kopylova N.A., Kopylov A.F., Salomatov Y.P. SibFU.

The results of an experimental study of the amplitude-frequency characteristics of a centimeter-wave filter made using a two-resonance waveguide-slot membrane having two resonant slots located at opposite corners of the membrane are considered and analyzed. The obtained experimental amplitude-frequency characteristics of the two-resonance filter are compared with the corresponding characteristics of two single-resonance filters on waveguide-slotted membranes, each of which has one resonant gap identical in design parameters to the corresponding slots of the two-resonance system.

Keywords: microwave filter; two-resonance waveguide-slot membrane.

Введение

Несмотря на широкое использование техники построения фильтров СВЧ на микрополосковых структурах [1], в настоящее время наблюдается определенный интерес исследователей к фильтрам на основе волноводов, в частности, выполненным на основе волноводно-щелевых мембран (ВЩМ) [1, 2, 3]. При этом при построении таких фильтров используют как одиночные резонансные щели, выполненные в волноводно-щелевых мембранах (ВЩМ) [2], так и двух и более резонансные ВЩМ [3], а также многокаскадные структуры на комбинациях ВЩМ и волноводных вставок с различными геометрическими параметрами [4]. В настоящем исследовании мы провели сравнение амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) фильтра на основе двухрезонансной ВЩМ и АЧХ двух фильтров на основе однорезонансных ВЩМ, резонансные щели которых идентичны резонансным щелям фильтра на двухрезонансной ВЩМ.

Конструкции фильтров

Фильтр на двухрезонансной ВЩМ представляет собой тонкую (около 0,2 мм) металлическую мембрану, зажатую между двумя волноводно-коаксиальными переходами (ВКП). Топология двухрезонансной ВЩМ представлена ниже на рис. 1.

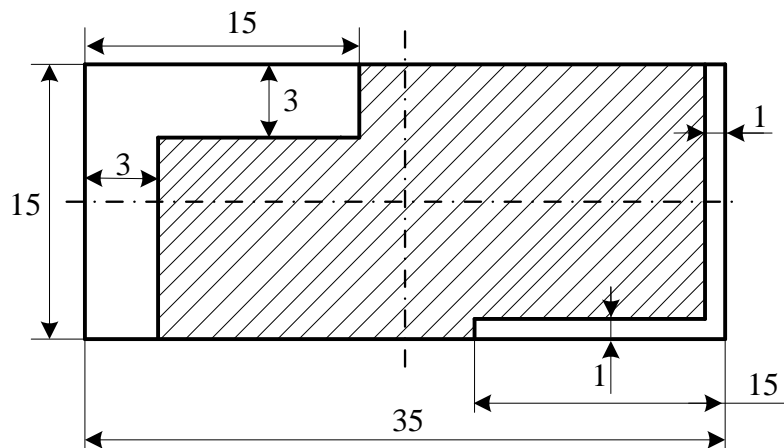


Рисунок 1 – Топология двухрезонансной волноводно-щелевой мембраны

Таким образом, ВЩМ оказывается расположенной перпендикулярно направлению распространения электромагнитных волн в волноводе. Рабочее сечение волновода было нами взято 35x15 мм из-за простоты технического выполнения резонансных щелей фильтров.

ВЩМ содержит две резонансные щели, выполненные в виде угловых структур, расположенных во взаимно противоположных углах мембраны. Резонансные щели имеют различную ширину: левая верхняя (по рис. 1) щель имеет ширину 3 мм, нижняя правая – 1 мм. Длины обеих щелей одинаковы: как вдоль широких стенок рабочего сечения волновода, так и вдоль узких стенок волновода они взяты по 15 мм. Выбор ширины резонансных щелей ВЩМ с существенным различием их величин обусловлен нашим желанием заметить наибольшие различия в параметрах резонансных кривых, соответствующих каждой из щелей, которые ожидаются в общей АЧХ фильтра.

На рис. 2 а показана топология однорезонансной ВЩМ с угловой резонансной щелью шириной 1 мм, аналогичной правой нижней угловой щели двухрезонансной ВЩМ. На рис. 2 б показана топология однорезонансной ВЩМ с угловой резонансной щелью шириной 3 мм, аналогичной левой верхней угловой щели двухрезонансной ВЩМ. Длины щелей вдоль широких стенок рабочего сечения волновода равны длинам узких стенок волновода и составляют 15 мм так же, как и для двухрезонансной ВЩМ, показанной на рис. 1.

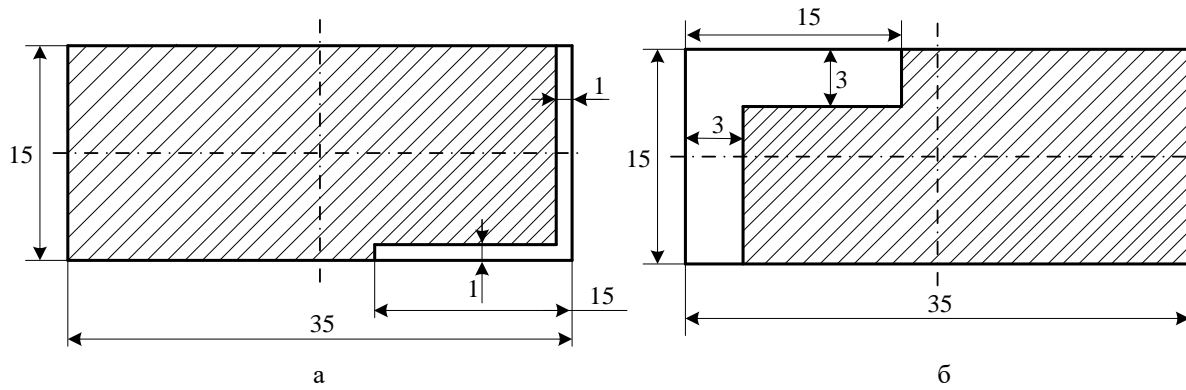


Рисунок 2 а, б – Топологии однорезонансных волноводно-щелевых мембран:
а) с угловой резонансной щелью шириной 1 мм, аналогичной правой нижней угловой щели двухрезонансной ВЦМ;
б) с угловой резонансной щелью шириной 3 мм, аналогичной левой верхней угловой щели двухрезонансной ВЦМ.

Результаты исследования и их обсуждение

Измерения амплитудно-частотных характеристик проводились по стандартной методике на скалярном измерителе модулей коэффициентов передачи по напряжению $|K_U|$ и КСВН аналогового типа. На рис. 3 представлены результаты измерения величины $|K_U|$ фильтра с двухрезонансной ВЦМ в диапазоне частот 5...9 ГГц.

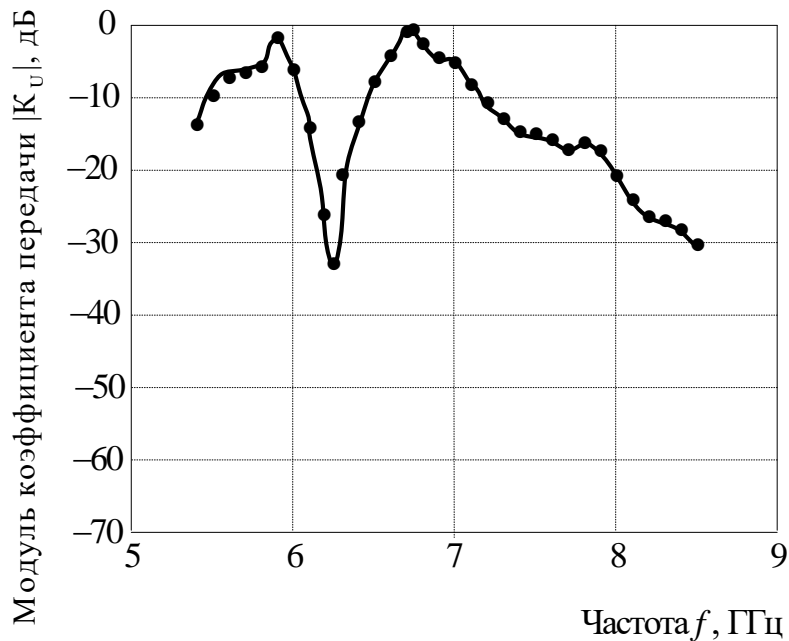


Рисунок 3 – Амплитудно-частотные характеристики фильтра с двухрезонансной ВЦМ.

На рис. 4 а представлены результаты измерения величины $|K_U|$ фильтра с однорезонансной 1-но миллиметровой ВЦМ угловой формы, расположенной в правом нижнем углу мембраны (рис. 2 а), в диапазоне частот 5...9 ГГц.

На рис. 4 б представлены результаты измерения величины $|K_U|$ фильтра с однорезонансной 3-х миллиметровой ВЦМ угловой формы, расположенной в левом верхнем углу мембраны (рис. 2 б), в диапазоне частот 5...9 ГГц.

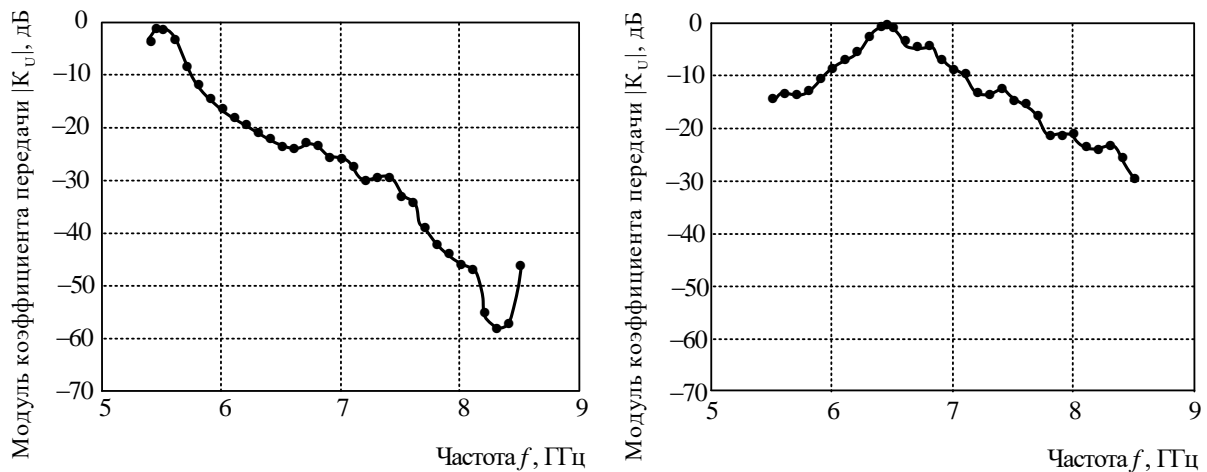


Рисунок 4 – Амплитудно-частотные характеристики фильтров с однорезонансными ВЦМ:
а) с угловой резонансной щелью шириной 1 мм, аналогичной правой нижней угловой щели двухрезонансной ВЦМ;
б) с угловой резонансной щелью шириной 3 мм, аналогичной левой верхней угловой щели двухрезонансной ВЦМ.

Анализ частотной характеристики величины модуля коэффициента передачи $|K_U|$ фильтра с двухрезонансной ВЦМ (рис. 3) показывает, что эта частотная характеристика имеет вид трехгорбой кривой, причем первый и третий “горбы” АЧХ представляют собой полосы пропускания, а расположенный между ними “провал” АЧХ – полосу задерживания (режекции). В то же время, ход частотных зависимостей $|K_U|$ фильтров с однорезонансными ВЦМ является плавным во всем диапазоне частот от 5,5 ГГц до 8,5 ГГц и не содержит режекционных частотных полос (рис. 4 а, б). Таким образом, выполнение двух щелей в мембране вместо одной приводит к образованию некоторой полосы режекции с достаточно высокой крутизной скатов частотной зависимости $|K_U|$ (полоса частот режекции примерно от 6 ГГц до 6,7 ГГц по уровню затухания 5 дБ с максимумом затухания около 32 дБ на частоте 6,3 ГГц), а плавные АЧХ, характерные для однорезонансных систем, при этом “разваливаются”. Мы полагаем, что резонансные щели двухрезонансной ВЦМ представляют собой систему двух сильно связанных резонансных контуров, коэффициент связи которых существенно выше критического, и демонстрируют характерную для таких систем АЧХ. Это соответствует и конструкции фильтра с двухрезонансной ВЦМ, в которой отдельные резонансные щели равноценны с точки зрения прохождения в системе электромагнитных волн.

Первый максимум пропускания двухрезонансной ВЦМ (первый “горб” АЧХ) расположен на частоте 5,89 ГГц и обеспечивает передачу сигнала на уровне потерь 0,85 дБ. Второй максимум пропускания двухрезонансной ВЦМ (второй “горб” АЧХ) расположен на частоте 6,72 ГГц и обеспечивает передачу сигнала на уровне потерь 0,3 дБ. В то же время, максимум пропускания для фильтра с однорезонансной ВЦМ шириной 1 мм (рис. 4 а) расположен на частоте 5,45 ГГц и имеет затухание 0,8 дБ, а максимум пропускания для фильтра с однорезонансной ВЦМ шириной 3 мм (рис. 4 б) расположен на частоте 6,43 ГГц и имеет затухание 0,15 дБ. Мы полагаем, что выполнение двух резонансных щелей с сильной электромагнитной связью в одной ВЦМ привело к тому, что максимум пропускания на АЧХ однорезонансной 1-но миллиметровой щели сместился с частоты 5,45 ГГц на частоту 5,89 ГГц при практически неизменных потерях, а максимум пропускания на АЧХ однорезонансной 3-х миллиметровой щели сместился с частоты 6,43 ГГц на частоту 6,72 ГГц, при этом потери выросли с 0,15 дБ до 0,3 дБ.

Если обратить внимание на величины затуханий за полосами пропускания в системе двухрезонансной ВЦМ, то можно констатировать следующее:

-на верхних крайних частотах 8...8,5 ГГц величины затухания в системе двухрезонансной ВЦМ оказываются либо существенно меньше, чем в однорезонансных ВЦМ, либо имеют примерно тот же уровень. Так, для фильтра на одиночной ВЦМ с угловой 1-но миллиметровой щелью (рис. 4 а) наибольшие затухания на частотах 8...8,5 ГГц составляют 45...60 дБ, тогда, как в двухрезонансной систем на тех же частотах эти значения составляют лишь около 30 дБ. Для фильтра на однорезонансной ВЦМ с угловой 3-х миллиметровой щелью (рис. 4 б) наибольшее затухание на частотах 8...8,5 ГГц составляет около 30 дБ, что соответствует тем же значениям этой величины для двухрезонансной ВЦМ;

-на нижних крайних частотах 5,45...5,5 ГГц величина затухания в фильтре с двухрезонансной ВЦМ оказывается существенно больше, чем в фильтре с однорезонансной 1-но миллиметровой щелью: для двухрезонансной системы затухание на этих частотах составляет около 15 дБ, для фильтра с

однорезонансной 1-но миллиметровой щелью на тех же частотах затухание составляет около 4 дБ. Для фильтра на однорезонансной ВЦМ с угловой 3-х миллиметровой щелью наибольшее затухание на частотах 5,45...5,5 ГГц составляет около 15 дБ, что соответствует тем же значениям этой величины для двухрезонансной ВЦМ.

Заметим, что отмеченные выше “уходы” величин затухания как на верхних, так и на нижних частотах не являются абсолютными и могут быть обусловлены сдвигами АЧХ фильтров на основе однорезонансных ВЦМ по оси частот, а не объективным и абсолютным ухудшением или улучшением избирательных свойств фильтров на основе двухрезонансных или однорезонансных ВЦМ. Рассмотрение вопросов изменения величин затуханий на характерных частотах является прерогативой разработчика СВЧ аппаратуры в каждом конкретном случае исходя из попытки получения оптимального решения поставленной задачи разработки.

Заключение

Проведенные экспериментальные исследования показали следующее:

- использование двухрезонансных волноводно-щелевых мембран позволяет реализовывать сложные по форме амплитудно-частотные характеристики фильтров на ВЦМ. При этом в АЧХ полосно-пропускающего фильтра на двухрезонансной волноводно-щелевой мембране появляется полоса режекции с высоким значением подавления режектируемых частот;
- для получения оптимальных АЧХ фильтров на двухрезонансных ВЦМ следует разработать конструкцию, которая позволяла бы предусмотреть элементы подстройки связи между резонансными щелями системы, а также элементы подстройки характерных частот полос пропускания и задерживания;
- подстроечные элементы фильтров на основе двухрезонансных ВЦМ должны обеспечивать возможность реализации малых величин связи между резонансными щелями ВЦМ;
- использование фильтров на основе двухрезонансных ВЦМ (и, вероятнее всего, многорезонансных ВЦМ) нецелесообразно при реализации фильтров с простой монотонно убывающей (возрастающей) амплитудно-частотной характеристикой;
- интересным с точки зрения возможности получения тех или иных амплитудно-частотных характеристик являясь бы реализация многокаскадных фильтров с многорезонансными ВЦМ по типу представленных ранее в [4].

Литература

1. Snyder R. V., Mortazawi A., Hunter I., Bastioli S., Macchiarella G., Wu K. Present and Future Trends in Filters and Multiplexers, *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, 2015, 10, 3324-3360.
2. Kopylova N.A., Kopylov A.F., Salomatov Y.P. Experimental Investigation of Frequency Characteristics of Bandpass Microwave Filters on Waveguide Slots Membranes with Angular Geometry of Slots // Proc. of “Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIcon Rus)”, 2018 IEEE Conference of Russian, St.Petersburg Electrotechnical University “LETI”, 29 Jan.-1 Feb., 2018. P. 206-208.
3. Leal-Sevillano C. A., Montejo-Garai J. R., Ruiz-Cruz J., A., Rebollar J. M. Wideband Equivalent Circuit for Multi-Aperture Multi-Resonant Waveguide Irises, *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, 2016, 3, 724-732.
4. Kopylova N., Kopylov A., Salomatov Y. Experimental investigation of frequency characteristics of the multistage slot membranes waveguide filters, *V International Forum for Young Scientists "Space Engineering"*, Tomsk, Russia, April 18-20, 2017, MATEC Web of Conferences **102**, 01025 (2017). DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710201025>.

ДЕМОДУЛЯЦИОННЫЙ МОДУЛЬ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Кулагин В.П., Кузнецов Ю.М., Оболяева Н.М.
МИРЭА - Российский технологический университет, Москва, Россия
+7 (985) 999-86-80, kulagin@mirea.ru

В статье рассматриваются вопросы создания цифровых устройств демодуляции и декодирования, используемых в составе интеллектуальных телекоммуникационных систем спутниковой связи, для обеспечения территориальной связанности за счет внедрения высокоскоростных приемных демодуляционных модулей цифровой обработки сигналов.

Ключевые слова: спутниковая радиосвязь, приемно-передающее устройство, демодулятор, цифровая обработка сигнала, наземная космическая станция.

Demodulation module for digital processing of signals for satellite communication systems. Kulagin V.P. Kuznetsov Y.M., Obolyaeva N.M., MIREA - Russian Technological University, Moscow, Russia.

The paper deals with the creation of digital devices for demodulation and signal decoding devices as part of intelligent telecommunications satellite communications systems to ensure territorial connectivity by using of high-speed reception demodulation modules for digital signal processing.

Keywords: satellite radio communication, transfer-receiving device, demodulator, digital signal processing, earth-based space station.

Введение

Обеспечение связанности территории Российской Федерации в рамках приоритетов научно-технологического развития России реализуется преимущественно за счет создания перспективных образцов интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, важной составляющей которых являются наземные приемные комплексы и станции спутниковой связи, а также новые и усовершенствованные устройства цифровой обработки сигналов космической связи. При этом помехоустойчивость, качество и скоростные параметры передачи интегрированных цифровых потоков по беспроводным каналам связи во многом определяются устройствами демодуляции [1-3], которые работают в высокочастотном диапазоне со сложными видами модуляции на высоких скоростях передачи сигналов. Разработка и реализация подобных устройств связана с обеспечением повышенных требований к архитектуре и исполнению демодуляционного модуля цифровой обработки радиосигналов как интегрального устройства в составе комплекса оборудования систем спутниковой связи. Такой модуль, а также его функциональные радиоэлектронные блоки (узлы), должны обладать расширенными техническими характеристиками и иметь унифицированные массогабаритные параметры для компактного размещения в наземных командно-информационных комплексах спутниковых систем связи.

Постановка задачи

Анализ современных тенденций развития цифровых систем спутниковой связи и используемых технических решений показывает, что до сих пор имеют место ограничения их применения в современных системах спутниковой связи, касающиеся, в частности, повышения эффективности передачи сигналов. Существующие в настоящее время устройства демодуляции и декодирования в значительной мере устарели, и не обеспечивают максимальную скорость передачи информации для сигналов со сложными видами модуляции, такими как:

- BPSK (Binary Phase-Shift Keying),
- QPSK (Quadrature Phase Shift Keying),
- OQPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying),
- 8-PSK, 16QAM, 16APSK, 32QAM

Дальнейшее развитие телекоммуникационных систем спутниковой связи, в особенности имеющих интеллектуальную компоненту, связано с использованием цифровых технологий высокоскоростной обработки полезного сигнала [2-5]. В условиях дефицита ширины полосы канала связи, повышение скорости передачи информации возможно только за счет перехода от бинарных видов модуляции к модуляции более высоких порядков, таких как квадратурная фазовая манипуляция (QPSK) различных модификаций, или амплитудно-фазовой манипуляции (APSK) и квадратурной амплитудно-фазовой манипуляции (QAM). Повышение скорости передачи информации может быть достигнуто также за счет увеличения битовой скорости при использовании бинарных видов модуляции, таких как BPSK или MSK (Minimum Shift Key). При этом увеличение битовой скорости влечет за собой не только повышенные требования к быстродействию элементов демодулятора, но и неизбежному увеличению ширины спектра занимаемой модулированным сигналом и как следствие увеличению ширины канала связи.

Схемотехнические принципы разработки демодуляционного модуля

Для решения поставленных задач проведено макетирование, где использован ряд новых схемотехнических решений, программных средств и конструктивно-технологических подходов, основанных на применении специализированных сигнальных процессоров, предназначенных для построения высококачественных высокоскоростных демодуляторов сигналов. Для обеспечения демодуляции сигналов со сложными видами модуляции в широком диапазоне скоростей передачи информации предлагаются следующие пути решения:

- проведение расчетов схемотехнических и конструктивных решений в отношении архитектуры цифровых и аналоговых узлов и подсистем демодуляционного модуля;
- схемотехническое и конструктивное проектирование цифровых и аналоговых блоков, включая использование для них серии специализированных сигнальных процессоров;

- разработка оригинального математического обеспечения для задания и обеспечения функционирования необходимых алгоритмов работы аппаратной и программных частей демодуляционного модуля и функциональных устройств, обеспечивающих его работу;
- разработка алгоритмов работы аппаратной и программных частей демодуляционного модуля цифровой обработки сигналов.

Интегральным результатом работ является создание приемного демодуляционного модуля для цифровой обработки сигналов (далее – демодуляционный модуль), что предусматривает разработку встроенных средств интеллектуального управления сложными процессами демодуляции и декодирования сигналов в зависимости от ситуации и помеховой обстановки. Хотя кодирование и не является процессом демодуляции, тем не менее, помехоустойчивые декодеры обычно встраивают в демодуляторы.

Устройство предназначено для демодуляции сигналов с фазовой и квадратурно-амплитудной и амплитудно-фазовой манипуляцией в широком диапазоне скоростей передачи информации. Такой подход позволяет обеспечить оптимальный выбор режимов демодуляции и декодирования сигналов, механизмы обеспечения корректности данных при цифровой обработке сигналов.

В состав демодуляционного модуля цифровой обработки сигналов должны входить (рисунок 1) следующие функциональные блоки (узлы):

- блок аналоговой обработки сигнала (1);
- демодулятор (2);
- блок вывода данных (3),
- блок управления и контроля (4);
- блок питания (5).

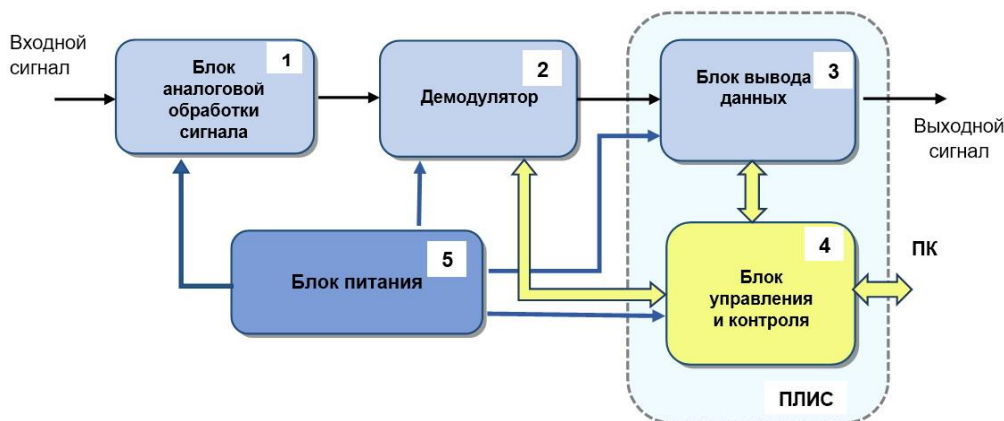
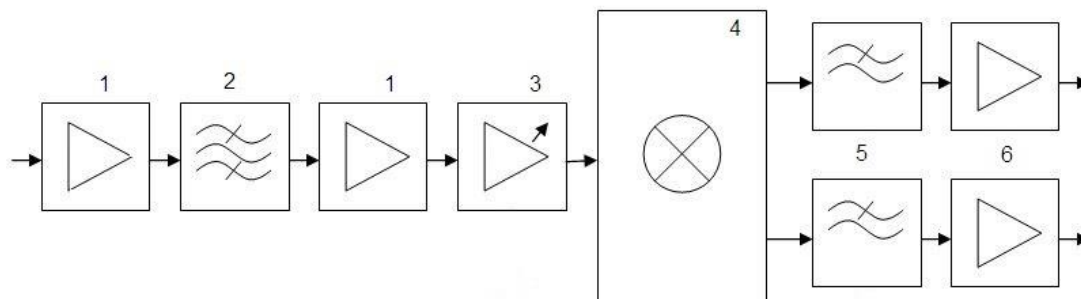


Рисунок 1 – Блок-схема демодуляционного модуля цифровой обработки сигналов

Блок аналоговой обработки сигнала (1) обеспечивает усиление входного сигнала и предварительную частотную селекцию. Блок может быть реализован (см. рисунок 2) в виде цепочки усилителей, полосового фильтра, усилителя с переменным коэффициентом усиления, охваченного петлей автоматической регулировки усиления (APУ), квадратурного смесителя для выделения огибающих квадратурных компонент входного сигнала, фильтров низкой частоты (НЧ).



- 1 – усилитель, 2 – полосовой фильтр, 3 – усилитель с АРУ,
4 – квадратурный смеситель, 5 – фильтр НЧ, 6 – буферный усилитель

Рисунок 2 – Блок аналоговой обработки сигнала

Для уменьшения мощности шума при приеме узкополосных сигналов целесообразна установка фильтра с регулируемой полосой пропускания, а для согласования амплитуд по входу аналого-цифрового преобразователя возможно применение буферных усилителей.

Демодулятор (рисунок 1, поз. 2) является самой важной частью устройства и обеспечивает демодуляцию предварительно оцифрованных сигналов. Ввиду большого количества схем канального кодирования в демодуляторе целесообразно реализовывать независимые модули демодуляции для каждого вида модуляции, формируя тем самым создание универсального ядра демодуляционного модуля цифровой обработки сигналов. Данный узел целесообразно строить на цифровых сигнальных процессорах, либо на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС).

Блок вывода данных (рисунок 1, поз. 3) обеспечивает вывод данных и тактового сигнала. Блок управления и контроля (рисунок 1, поз. 4) необходим для управления и настройки отдельных составных частей устройства, таких как частоты гетеродинов, частоты среза фильтров, коэффициентов усиления тракта промежуточной частоты, выбора конкретного вида входных сигналов, выбора конкретного вида канального кодирования, связи демодулятора с внешним миром. Связь с внешними устройствами (персональным компьютером – ПК) целесообразно организовать по протоколу Ethernet. Реализацию системы управления (рисунок 1, блоки 3, 4) целесообразно осуществить в составе ПЛИС. Подобное решение позволит разрабатывать и отлаживать систему управления независимо от других составных частей демодуляционного модуля. В дальнейшем при модернизации возможно совместить систему управления с демодулятором в микросхеме ПЛИС.

Программное обеспечение (ПО) для управления демодулятором является существенным компонентом устройства, поскольку реализует алгоритмы работы демодуляционного модуля в широком диапазоне скоростей передачи информации с заданными характеристиками. Программное обеспечение, включая протоколы взаимодействия различных узлов между собой и оператором, устанавливается на управляющий ПК. Реализация в ПО интеллектуальных алгоритмов цифровой обработки сигнала позволяет увеличить тактовую частоту сигналов для демодуляторов до десятков мегагерц, а также снизить массу, габариты и цену устройства, существенно повысить его надёжность.

На этапе макетирования предусмотрено создание экспериментального образца демодуляционного модуля цифровой обработки сигналов со следующими основными техническими характеристиками:

- несущая частота входного сигнала – от 900 МГц до 1500 МГц;
- полоса входного сигнала – не менее 300 МГц;
- виды модуляции BPSK, QPSK, OQPSK;
- скорость передачи символов при демодуляции сигналов – до 100 Мсим/с.
- масса – не более 5 кг.

Форм фактор конструктивного исполнения экспериментального образца не должен превышать высоту 1U с размещением его в стойке 19" комплекса оборудования станции космической связи.

Заключение

Предложенные подходы позволят преодолеть технические и технологические ограничения в процессе создания и внедрения высокоскоростных демодуляторов в системах спутниковой связи, что в итоге обеспечит их конкурентные преимущества на потенциальных целевых рынках в таких секторах, как системы телекоммуникации и спутниковая связь. Исследования по созданию приемных демодуляционных модулей цифровой обработки сигналов, работающих со сложными видами модуляции в широком диапазоне скоростей передачи для использования в системах спутниковой связи, включая наземные приемные комплексы и станции спутниковой связи, направлены на решение ключевых проблем территориальной связанности. Кроме того, создание интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем позволит обеспечить качественную связь и развитие международных транспортно-логистических систем.

Благодарности

Исследование проводится при финансовой поддержке Министерства науки Российской Федерации (уникальный идентификатор RFMEFI57418X0190).

Литература

1. Богатский С.В., Кравченко М.С., Засорин М.А. Демодулятор широкополосных сигналов низкоорбитальных систем дистанционного зондирования земли / XX Международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация и связь», Воронеж, 2014, с.930-936.
2. Глушков А.Н., Бокова О.И., Хохлов Н.С. Цифровая демодуляция сигналов с относительной фазовой манипуляцией / Телекоммуникации, ISSN: 1684-2588, Москва, 2016, №9, с.22-26.

3. Глушков А.Н. Цифровой когерентный демодулятор сигналов с фазовой манипуляцией / Т-СОММ: Телекоммуникации и Транспорт, ISSN: 2072-8735, 2015, том 9, №3, с. 16-19.

4. Макаров С.Б., Завьялов С.В. Реализация цифровых модуляторов и демодуляторов спектрально-эффективных неортогональных многочастотных сигналов / Радиотехника, ISSN: 0033-8486, Москва, 2015, №9, с.4-12.

5. Глушков А.Н., Колбов Б.Н., Литвиненко В.П. Цифровой демодулятор сигналов с относительной фазовой манипуляцией / Вестник Воронежского Государственного Технического Университета, ISSN: 1729-6501, Воронеж, 2016, Том 12, №2, с. 94-96.

РАЗДЕЛЕНИЕ СМЕСИ ВЕРОЯТНОСТНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ

Митягин К.С., Львович Я.И.

Московский физико-технический институт (государственный университет)

mityagin@phystech.edu

При работе широкого класса цифровых систем связи практический интерес представляет оценка текущего отношения сигнал/шум (ОСШ) на входе системы. Данный параметр используется при решении ряда задач, например, при адаптивной модуляции и кодировании, при оценке вероятности битовой ошибки, канальном декодировании, а также при выборе решающей схемы разнесенного приема. В данной работе рассматривается класс методов слепой оценки ОСШ, основанный на статистическом анализе значений амплитуды комплексной огибающей принимаемого сигнала. В частности, предлагается новый алгоритм оценки ОСШ, основанный на разделении смеси вероятностных распределений Райса с помощью метода минимума хи-квадрат. В ходе имитационного моделирования показано, что разработанный метод эффективно работает для многоуровневых сигнальных созвездий в широком диапазоне значений ОСШ.

Ключевые слова: цифровые системы связи, отношение сигнал-шум, слепая оценка, канала Гаусса, смесь распределений Райса, метод минимума хи-квадрат, имитационное моделирование.

Separating mixtures of probability distribution at signal-to-noise ratio estimation in digital communication systems. Mityagin K.S., Lvovich Y.I., Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

Signal-to-noise ratio (SNR) estimation is an important practical task in many digital communication systems. The knowledge of SNR is required in various applications such as adaptive coding and modulation, channel decoding, bit error rate estimation and antenna diversity, just to name a few. In this paper, a class of non-data-aided envelope-based SNR estimators are discussed. In particular, we propose a new algorithm for SNR estimation, which is based on parameter estimation of a mixture Rician distribution using minimum chi-square estimation. The simulation showed an advantage of proposed method, which works effectively for multilevel signal constellation in wide range of SNR.

Keywords: digital communication systems, signal-to-noise ratio, blind estimation, Gaussian channel, mixed Rician distribution, minimum chi-square estimation, simulation.

Введение

Определение текущего отношения сигнал/шум (ОСШ) представляет наибольшую значимость при оценке качества функционирования цифровых систем связи. Данный параметр используется в качестве основного критерия для принятия решений в различных адаптивных системах, например, при выборе оптимальной решающей схемы разнесенного приема, при использовании адаптивной модуляции и кодировании или регулировке мощности передатчика. Численная оценка ОСШ используется в приложениях когнитивного радио для динамического изменения параметров передачи сигнала, в задачах идентификации видов модуляции для определения порогового значения работы системы, а также при выборе схемы оптимального декодирования [1].

В настоящее время существует большое число работ, посвященных описанию различных методов оценки отношения сигнал/шум и анализу их эффективности [2-5]. Среди традиционных методов можно выделить два класса: неслепые (data-aided) и слепые (non-data-aided or blind). Первый класс демонстрирует высокую эффективность, однако требует встраивания в структуру сигнала различных пилотных последовательностей, применение которых снижает скорость передачи полезной информации. Принцип работы слепых методов основывается на статистическом анализе распределения дискретных значений принятого комплексного модулирующего сигнала, при этом для анализа используются либо синфазные и квадратурные компоненты, либо значения амплитуды огибающей. Последний подход

наиболее интересен для применения, т.к. не требует фазовой синхронизации сигнала и устойчиво работает при частотной расстройке гетеродина приемного устройства.

Материалы и методы

Рассмотрение класса методов слепой оценки ОСШ проводится на основе упрощенной модели цифровой системы связи, представленной на рис. 1. Предполагается, что на входе системы осуществляется посимвольный прием данных, а также выполняется согласованная фильтрация сигнала. Канал передачи является неселективным и квазистационарным в ходе приема всего блока (фрейма) данных. Основным источником искажений является белый гауссовский шум (АБГШ), на приеме выполняется идеальная символьная синхронизация сигнала. Перенос на промежуточную радиочастоту и возможные сопутствующие искажения в данной модели не учитываются.

На демодулятор приемного устройства поступает смесь комплексного модулирующего сигнала с шумом:

$$y_k = \sqrt{S}x_k + w_k, \quad k = 0, 1, \dots, K-1 \quad (1)$$

где y_k и x_k – принятые и переданные модулирующие символы, w_k – дискретные отсчеты АБГШ с мощностью N , S – мощность сигнала, K – размер фрейма данных.

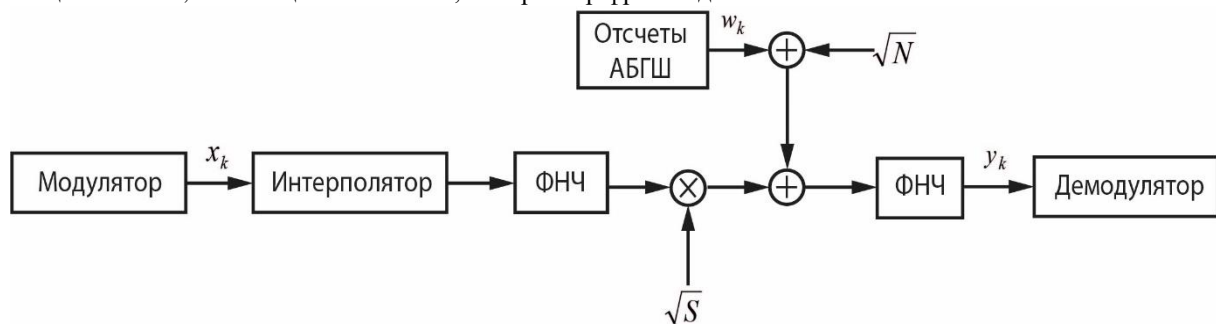


Рисунок 1 – Упрощенная модель цифровой системы связи

Распределение значений синфазных и квадратурных компонент принятых модулирующих символов при когерентном приеме представляет собой смесь комплексных гауссовских распределений. При анализе распределения значений амплитуды комплексной огибающей модулирующего сигнала наблюдается смесь частных распределений Райса, число компонент смеси соответствует количеству амплитудных уровней сигнального созвездия (рис. 2 и 3).

В подобном рассмотрении распределение значений амплитуды последовательности принятых модулирующих символов представляет собой некоторую выборку из смеси вероятностных распределений с функцией плотности:

$$f(S, R, N) = \sum_{q=0}^{Q-1} w_q f_q(R, A_q, S, N) \quad (3)$$

где A_q – амплитудный уровень сигнального созвездия, w_q – нормированный весовой коэффициент, $f_q(R, A_q, S, N)$ – функция плотности вероятности распределения Райса, имеющая вид:

$$f_q(R, A_q, S, N) = \frac{2R}{N} \exp\left(-\frac{R^2 + SA_q^2}{N}\right) I_0\left(\frac{2R\sqrt{S}A_q}{N}\right) \quad (4)$$

где $I_0(\bullet)$ – модифицированная функция Бесселя первого рода нулевого порядка.

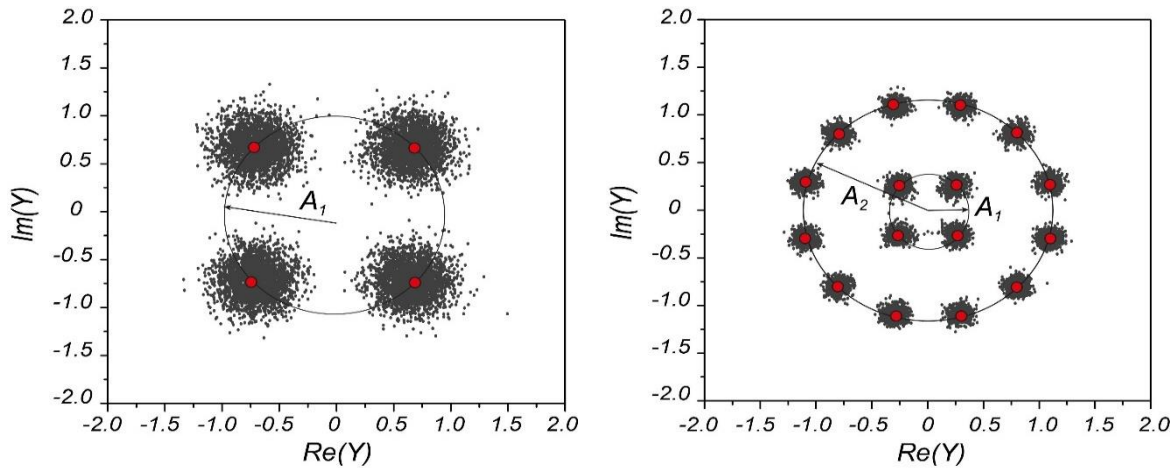


Рисунок 2 – Конституционная диаграмма принятых модулирующих символов:
а) созвездие 4-КАМ, ОСШ = 14 дБ; б) созвездие 16-АФМ, ОСШ = 22 дБ

Неизвестными параметрами смеси распределений (3) являются мощность сигнала S и дисперсия аддитивного шума N . С учетом принятых обозначений текущее значение ОСШ на выходе согласованного фильтра можно выразить тогда следующим образом:

$$\rho = \frac{S}{N} \quad (2)$$

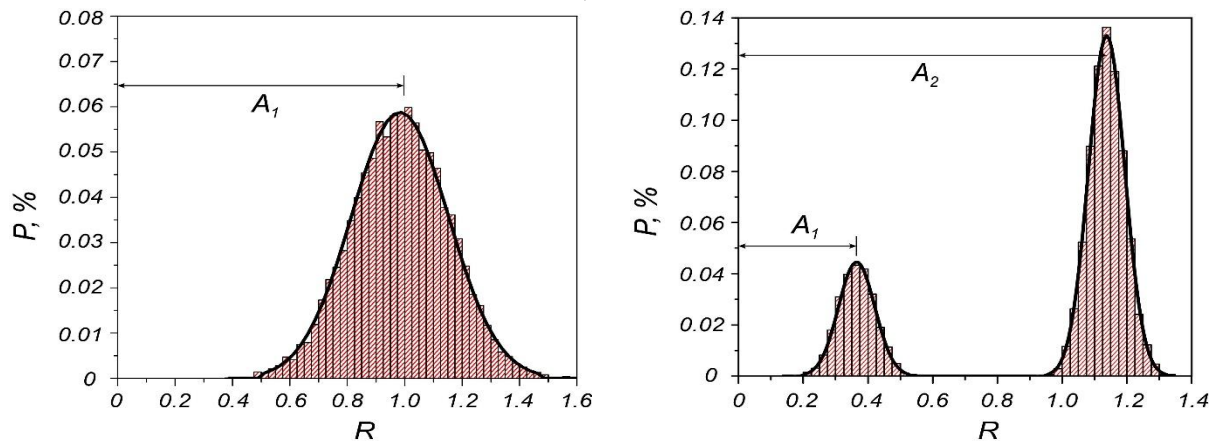


Рисунок 3 – Гистограмма распределения амплитуды принятых модулирующих символов:
а) созвездие 4-КАМ, ОСШ = 14 дБ; б) созвездие 16-АФМ, ОСШ = 22 дБ

Задача оценки неизвестных параметров относится к математической статистике и носит название разделение смеси вероятностных распределений. Традиционным подходом решения данной задачи является метод моментов [2]. Принцип данного подхода заключается в том, что к выборочным моментам распределения приравниваются соответствующие теоретические моменты, представляющие собой аналитические функции неизвестных параметров. Решая полученную систему уравнений, можно получить искомую оценку ОСШ.

В работе [2] для оценки ОСШ используются метод моментов M_2M_4 , основанный на численном расчете выборочных моментов второго и четвертого порядков. Данный подход обладает наименьшей вычислительной сложностью и дает несмещенные оценки, близкие к оптимальным для одноуровневых сигнальных созвездий, т.е. при модуляции с постоянной огибающей. Однако для сигналов с непостоянной огибающей среднеквадратическая ошибка значительно ухудшается в области средних и высоких значений ОСШ. Подобная деградация связана с разнесением частных вероятностных распределений друг относительно друга и является характерной проблемой для данного метода. В работах [3,4] показывается, что путь к получению более точных оценок лежит в сторону увеличения порядка используемых моментов, однако это не приводит к существенному повышению точности работы алгоритма в области высоких ОСШ.

Методы, основанные на максимизации функции правдоподобия дают слабо несмещенные и эффективные оценки, близкие к границе Рао-Крамера, но характеризуются высокой вычислительной

сложностью, нелинейно возрастающей пропорционально объему выборки [5]. Для упрощения расчетов по методу максимального правдоподобия часто на практике применяется итерационный EM-алгоритм.

В данной работе предлагается новый алгоритм слепой оценки ОСШ, основанный на статистическом разделении смеси распределений Райса с помощью метода минимума хи-квадрат [6]. Метод минимума хи-квадрат близок по универсальности к методу максимального правдоподобия, дает несмещенные оценки и имеет меньшую вычислительную сложность, не зависящую от объема выборки.

Для получения численных оценок неизвестных параметров смеси (3) область распределения значений амплитуды последовательности принятых модулирующих символов разбивается на $J \ll K$ непересекающихся интервалов. Значения неизвестных параметров рассчитываются при минимизации функционала хи-квадрат:

$$\chi^2(S, N) = \sum_{j=0}^{J-1} \left(\frac{(\hat{P}_j - P_j(S, N))^2}{P_j(S, N)} \right) \quad (5)$$

где \hat{P}_j и $P_j(S, N)$ – реальное и ожидаемое число наблюдений элементов выборки в каждом интервале разделения.

При поиске минимума функционала (5) можно использовать различные численные градиентные методы оптимизации. Проведенный нами анализ показал, что для улучшения процесса сходимости целесообразно использование метода скорейшего спуска с укрупненными шагами. Стоит отметить также, что точность полученных оценок зависит от количества интервалов разделения и выбора их границ. При увеличении числа интервалов точность оценки повышается, однако при этом возрастает

возрастает вычислительная сложность алгоритма. В качестве границ целесообразно использовать выборочные квантили эмпирической функции распределения.

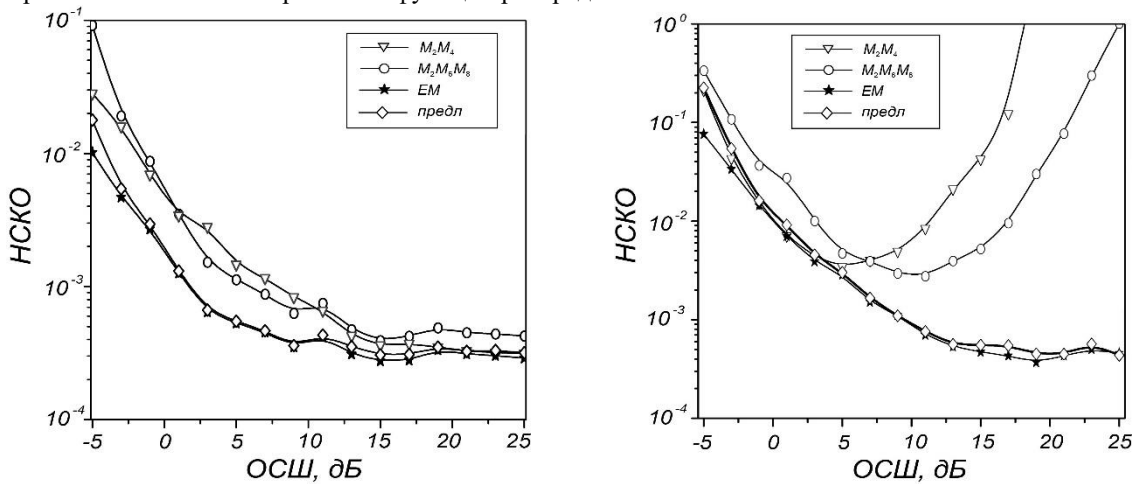


Рисунок 4 – Результаты имитационного моделирования:
а) созвездие 4-КАМ; б) созвездие 16-АФМ

Анализ эффективности работы рассматриваемого класса методов проводился на основе имитационной модели цифровой системы связи, разработанной в среде Matlab. Основные параметры моделирования представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Параметры моделирования

Параметр	Значение
Тип сигнального созвездия	4-КАМ, 16-АФМ
Число амплитудных уровней сигнального созвездия	$Q = 1, 2$
Размер фрейма данных	$K = 5000$
Число интервалов разделения	$J = 50$
Число итераций EM-алгоритма	$L = 100$

Оценка эффективности работы предлагаемого метода проводилась путем сравнительного анализа с методом моментов M_2M_4 , методом моментов высоких порядков $M_2M_6M_8$ и методом максимального правдоподобия с реализацией в виде EM-алгоритма. В качестве критерия точности исследуемых методов использовалась метрика нормированного среднеквадратического отклонения (НСКО), которая рассчитывалась по формуле:

$$e = \frac{E\{(\hat{\rho} - \rho)^2\}}{\rho^2} \quad (6)$$

Результаты имитационного моделирования представлены на рис. 4. Для сигналов с постоянной огибающей (созвездие 4-КАМ) все сравниваемые методы дают несмещенные оценки ОСШ. Стоит отметить, что разработанный алгоритм превосходит по эффективности методы моментов M_2M_4 и $M_2M_6M_8$ и близок по точности к методу максимального правдоподобия. При использовании сигнального созвездия 16-АФМ наблюдается смещение средних оценок для методов моментов из-за чего возникает характерный рост дисперсии ошибки в области средних и высоких значений ОСШ. В свою очередь, разработанный алгоритм дает несмещенные оценки и демонстрирует эффективность, близкую к методу максимального правдоподобия в широком диапазоне значений ОСШ.

Заключение

Проведенный экспериментальный анализ показал состоятельность предлагаемого метода слепой оценки ОСШ, который демонстрирует высокую эффективность работы в широком диапазоне значений ОСШ для сигнальных созвездий различного порядка. План дальнейших исследований направлен на оценку вычислительной сложности разработанного алгоритма и сравнение его точности с оптимальными границами Рао-Крамера.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-00396.

Литература

1. Goldsmith A. Wireless communications. – Cambridge university press, 2005.
2. Gao P., Tepedelenlioglu C. SNR estimation for non-constant modulus constellations //Wireless Communications and Networking Conference, 2004. WCNC. 2004 IEEE. – IEEE, 2004. – Т. 1. – С. 24-29.
3. Gappmair W., Koudelka O. Moment-based SNR estimation of signals with non-constant envelope //Proceedings of the 3rd Advanced Satellite Mobile Systems Conference. – 2006.
4. Lopez-Valcarce R., Mosquera C. Sixth-order statistics-based non-data-aided SNR estimation //IEEE communications letters. – 2007. – Т. 11. – №. 4.
5. Lopez-Valcarce R., Mosquera C., Gappmair W. Iterative envelope-based SNR estimation for nonconstant modulus constellations //Signal Processing Advances in Wireless Communications, 2007. SPAWC 2007. IEEE 8th Workshop on. – IEEE, 2007. – С. 1-5.
6. Миленский А. Определение статистических характеристик распознаваемых образов в режиме самообучения // Кибернетика. – 1967.

ОРГАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Филатов С.Е.

АО «НПО «ЛЭМЗ», ФБГОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
+7(925) 370-79-27, lab421polus@mail.ru

Аннотация. В докладе представлены методические принципы по внедрению и адаптации современного высокотехнологического оборудования под отечественное производство СВЧ модулей на примере спроектированного участка автоматизированных монтажных технологий. Разработан технологический маршрут и процесс сборки многокристальных модулей. Проведен сравнительный анализ существующих технологических процессов с использованием автоматизированного оборудования.

Ключевые слова: автоматизация, биполярный транзистор с изолированным затвором (БТИЗ), сверхвысокая частота (СВЧ), радиолокационная станция (РЛС), микроэлектроника, микросборка.

Organization and automation production of microelectronics. Filatov S.E., LIANOZOVO ELECTROMECHANICAL PLANT, Moscow State Technological University Stankin

Abstract. In the report the methodical principles of adaptation of the modern high-tech equipment for the domestic production of microwave modules are presented on the example of a sector of automated assembly technologies. A technological route and the process of assembling multi-crystal modules have been developed. A comparative analysis of existing technological processes with the use of automated equipment is carried out.

Keywords: automation, insulated-gate bipolar transistor (IGBT), super-high frequency (SHF), radar station, microelectronic, microassembly.

В современном производстве технология сборки СВЧ и БТИЗ является очень трудоемким и сложным процессом, включающим в себя особые требования по взаимному расположению компонентов цепи, минимальные потери в передаточных характеристиках СВЧ сигналов и обеспечению качественного теплового рассеивания при максимальных нагрузках. Микросборки имеют широкое применение в приемных и передающих устройствах телекоммуникационных линий, а также в аэрокосмической аппаратуре. Особое внимание при производстве модулей уделяется микросварке проволочных соединений с кристаллов на подложку и монтажу микрополосковых плат в корпус, качественное выполнение этих операций позволяет значительно повысить выход годных изделий. Но с высоким темпом развития радиоэлектронной промышленности и непрерывной миниатюризацией РЭА, использование ручного монтажа и методов ручной сборки СВЧ и БТИЗ модулей, при высокой потребности в массовом производстве, теряет свою актуальность. В свою очередь массовое производство подразумевает необходимость перехода от ручного производства к человеко-машинному, или автоматизированному машинному производству. Большинство отечественных предприятий, производящих довольно сложную радиоэлектронную аппаратуру, при сложности конструкции своих изделий, миниатюрности применяемых компонентов и использования широкой номенклатуры элементной базы имеют малую программу выпуска.

Также стоит отметить, что при ручном монтаже в большинстве случаев качество сборки не соответствует современному уровню, предъявляемому к радиоэлектронной аппаратуре из-за таких факторов как:

1. Применение устаревших технологических процессов;
2. Низкая повторяемость технологических операций из-за применения ручного монтажа;
3. Низкое качество применяемых технологических материалов;
4. Низкая воспроизводимость процессов монтажа;
5. Высокая стоимость оплаты труда высококвалифицированного персонала в сфере радиоэлектронной промышленности.

Для более детального анализа современного рынка РЭА отечественного производства, в диаграмме (рис. 1) приведены результаты используемых технологий изготовления и сборки модулей, на основании которой можно сделать вывод о существующей необходимости перехода на монтаж с использованием современного высокотехнологичного автоматизированного оборудования для сборки ответственных изделий.



Рис.1 Диаграмма используемых технологий монтажа РЭА отечественного производства

Производство полупроводниковых приборов и модулей ответственных изделий включает в себя массу сложных технологических операций с применением высокоточного прецизионного оборудования. При этом внимание уделяется не только к качеству сырья и расходных материалов, но и условиям труда и чистоте производственных помещений, являющиеся неотъемлемой частью современного производства с высокими требованиями к качеству выпускаемой продукции. Создание монтажных участков, осуществляющих серийное и мелкосерийное производство, позволяет существенно снизить стоимостной

показатель электронных изделий. Автоматизация технологических процессов современного производства достигает высочайших уровней и в перспективе приведёт к полному исключению человека из производственного процесса.

В целях освоения технологии автоматизированного монтажа было принято решение о создании участка микромонтажа как основы для дальнейшего создания гибкой производственной ячейки и впоследствии на его базе создать автоматизированное производство микросборок на основе многокристалльных модулей и полупроводниковых силовых модулей авиационной и аэрокосмической промышленности.

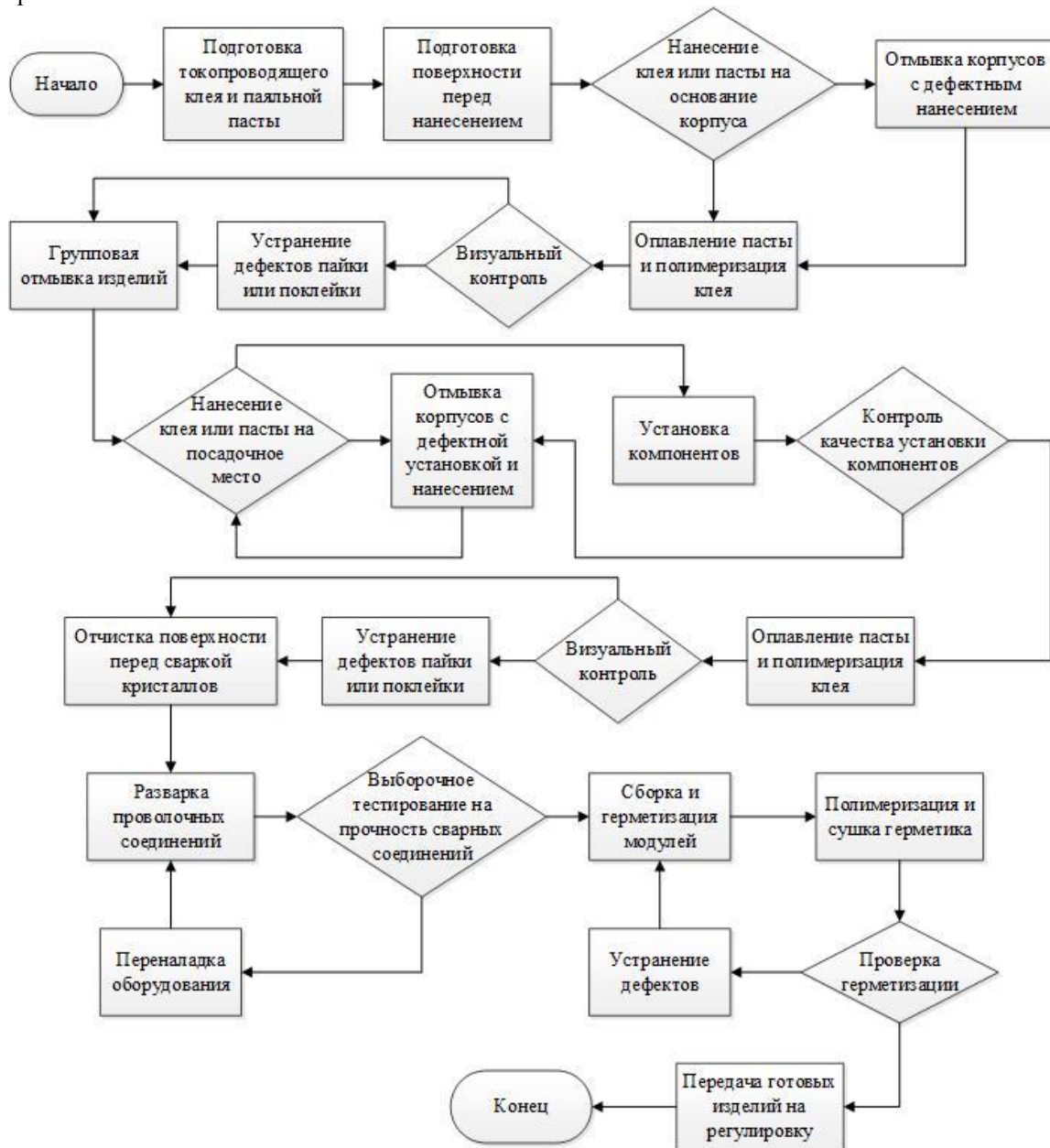


Рис. 2 Схема технологического маршрута производства СВЧ и БТИЗ модулей

Стандартными данными для выбора оборудования и расчета участка являются:

1. Годовая программа выпуска изделий;
2. Сроки и трудоемкость производства изделия, с учетом использования нового автоматизированного оборудования;
3. Выбор оборудования под требования производства (тип, цена, наработка на отказ);
4. Расчет операторов на производственную линию (количество, разряд).

Годовая программа выпуска составляет в среднем 2 тысячи изделий при номенклатуре равной 150 наименований, в то время как ручная сборка каждой единицы продукции занимает от 18 до 25 часов рабочего времени. Для сравнения и дальнейшего вычисления сроков и такта изготовления изделия

необходимо, на основании типовой схемы технологического маршрута производства полупроводниковых модулей (рис. 2), рассчитать временной показатель операций монтажа при использовании автоматизированного оборудования.

Технологический маршрут изготовления полупроводниковых модулей позволяет построить общий план производства с количеством и содержанием операций и произвести выбор средств технологического оснащения, предусматривая как оперативный контроль выполненных работ непосредственно исполнителем, так и межоперационный контроль качества выполняемых операций. С помощью схемы технологического маршрута можно в виде таблицы произвести расчет временных затрат на выполнение операций, с оценкой положительного эффекта от внедрения в производство автоматизированных технологий (табл.1).

В качестве примера, для расчета времени производства, было взято единичное изготовление многокристального модуля средней сложности при помощи стандартных средств (ручная сборка) и с использованием автоматизированного оборудования. В таблице представлен весь цикл производства до передачи изделия на регулировку, с учетом промежуточных этапов контроля качества выполнения операций, что позволяет произвести в полной мере сравнительный анализ между двумя типами производства.

Таблица 2

№	Наименование операции	Выполнение операции при помощи стандартных средств (ручным методом)		Выполнение операции с использованием автоматизированного оборудования	
		Метод	Время	Метод	Время
1	Подготовка токопроводящего клея и паяльной пасты	Выдерживание клея и пасты в НКУ	4 ч.	Выдерживание клея и пасты в НКУ	1 ч.
		Перемешивание (вручную)	20 мин.	Перемешивание клея и паяльной пасты в планетарном миксере	10 мин.
2	Подготовка поверхности перед нанесением	Протирка обезжиривателем склеиваемых деталей	20 мин.	Отмывка в ультразвуковой ванне	10 мин.
3	Нанесение клея, пасты на основание корпуса	Нанесение клея, пасты шпателем через трафарет или преформу	15 мин.	Автоматическое нанесение пневмодозатором	5 мин.
4	Контроль качества нанесения клея, пасты	Визуальный контроль под микроскопом	15 мин.	Система автоматической оптической инспекции	5 мин.
5	Оплавление пасты и полимеризация клея	Оплавление и полимеризация в конвекционной печи	3 ч.	Программируемая вакуумная печь	1 ч. 30 мин.
6	Контроль качества оплавления и полимеризации	Визуальный контроль под микроскопом	20 мин.	Автоматический рентгеновский контроль	15 мин.
7	Групповая отмывка изделий	Ручная отчистка с отмывочной жидкостью	20 мин.	Отмывка в ультразвуковой ванне	10 мин.
8	Нанесение клея и пасты на посадочные места перед установкой компонентов	Нанесение клея и пасты шприцом	30 мин.	Нанесение автоматизированным пневмодозатором	5 мин.
9	Контроль качества нанесения клея, пасты	Визуальный контроль под микроскопом	15 мин.	Система автоматической оптической инспекции	5 мин.
10	Установка компонентов	Установка и посадка компонентов пинцетом	30 мин.	Автоматический установщик компонентов	5 мин.
11	Оплавление пасты и полимеризация	Оплавление и полимеризация в	3 ч.	Программируемая вакуумная печь	1 ч. 30 мин.

	клея	конвекционной печи			
12	Контроль качества оплавления и полимеризации	Визуальный контроль под микроскопом	20 мин.	Автоматический рентгеновский контроль	15 мин.
13	Групповая отмывка изделий перед разваркой	Ручная отчистка с отмывочной жидкостью	20 мин.	Отмывка в ультразвуковой ванне и подготовка поверхности в установке плазменной отчистки	20 мин.
14	Разварка проволочных соединений	Термокомпрессионная сварка проволочных соединений	2 ч.	Автоматическая установка ультразвуковой сварки проволочных соединений	20 мин.
15	Неразрушающий контроль прочности соединений	Выборочное тестирование микровесами	1 ч.	Автоматическое тестирование сварных соединений крючком	10 мин.
16	Сборка и герметизация модулей	Сборка и заливка компаундом с помощью шприца	1 ч.	Сборка и заливка с помощью автоматизированной системы заливки инкапсулянта	10 мин.
17	Полимеризация и сушка герметика	Полимеризация и сушка в конвекционной печи	3 ч.	Полимеризация и сушка в программируемой вакуумной печи	1 ч. 30 мин.
18	Проверка герметизации	Проверка погружением с воздухом	1 ч.	Проверка с помощью специализированного гелиевого течеискателя	20 мин.
Итого		20 часов 45 минут (~3 рабочих дня)		8 часов 55 минут (~1 рабочий день)	

На основании расчетов, приведенных в таблице, можно прийти к заключению о практической пользе и выгоде от внедрения и использования автоматизированного оборудования на производстве в отличие от применения ручных методов монтажа. При условии, что данные расчеты приведены для единичного изготовления изделия, то при массовом производстве сравнительный показатель времени выполнения на порядки возрастет в пользу автоматизированного типа производства.

Заключение

Подводя итоги, можно сделать вывод об очевидной необходимости внедрения в отрасль производства микросборки современных автоматизированных технологий, а также оборудования и материалов специального назначения с целью повышения качества выпускаемой продукции, снижения времени изготовления изделий и обеспечения конкурентоспособности. Так же стоит отметить, что создание собственного производственного участка на базе автоматизированных технологий позволяет существенно снизить экономические потери при использовании ручной сборки и монтажа. Кроме того, внедрение и освоение автоматизированных технологий дает возможность усовершенствовать имеющиеся и разрабатывать новые рабочие инструкции по производству ответственных изделий, применение которых позволит значительно повысить показатель выхода годных изделий. Сравнительный анализ методов монтажа РЭА отечественного производства показывает насколько актуален массовый переход на автоматизированное производство с созданием гибких поточных линий с полным исключением ручного монтажа из производственного цикла.

Литература

1. «Микроэлектроника: Рабочая программа, задание на курсовую работу и методические указания к ее выполнению» - Ю.Г. Васильев, д. т. н., проф., СПб. СЗТУ, 2004 г.
2. ОСТ 107.460091.004-88 Технология сборок микросборок общие требования.
3. «Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов» - Аваев Н.А., Наумов Ю.Е., Фролкин В.Т. - М. Радио и связь, 1991 г.
4. Курносое А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов. – М.: Высшая школа. 1974. – 400 с.
5. «Микроэлектроника» - Ефимов И. Е., Козырь И. Я., Москва, 1987 г.
6. «Технология и конструирование интегральных микросхем» - Березин А. С., 1983 г.

ЭФФЕКТИВНЫЙ ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ВОЛН В СЛОЖНЫХ НЕОДНОРОДНЫХ СРЕДАХ

Князев В.Д., Князева С.Ю.

Московский государственный технический университет им.Н.Э.Баумана
+7 (925) 877-81-00, vadim.d.kniazev@gmail.com

Для практических задач моделирования динамики распространения СВЧ импульса в сложных неоднородных нелинейных средах анализируется эффективность применения численного метода, прошедшего промышленную верификацию для приложений акустики и ультразвукового неразрушающего контроля.

Ключевые слова: акустика, электродинамика, волна, нелинейность, компьютерное моделирование, проектирование антенн и фидеров, плазма.

An effective numerical method of high-frequency wave dynamic propagation simulation in complex inhomogeneous media. Kniazev V.D., Kniazeva S.Yu., Bauman Moscow State Technical University.

To apply the results of microwave pulse dynamic propagation simulation in complex inhomogeneous medium it is analyzed the efficiency of the proposed numerical method having the industrial verification for acoustics application and ultrasonic nondestructive testing.

Keywords: acoustics, electrodynamics, wave, nonlinearity, computer simulation, antenna and feeder design, plasma.

Введение

Компьютерное моделирование динамики распространения широкополосного импульса в сложных неоднородных средах относится к актуальным задачам для практических приложений в акустике, электродинамике, гидродинамике, сейсмологии, неразрушающем контроле, медицине и других научно-технических областях.

Зарубежные коммерческие программы инженерного анализа (CAE, англ. Computer-Aided Engineering), такие как ABAQUS, ANSYS и COMSOL, предъявляют высокие требования к процессорному времени T_m и оперативной памяти $П_m$ современной рабочей станции при численном моделировании динамических полей в дальней зоне с учетом произвольной геометрии, физической неоднородности и нелинейности среды распространения СВЧ-волн. Это накладывает существенные ограничения для их применения при проектировании наземных и бортовых антенно-фидерных трактов.

Описание проблемы

Несмотря на рост вычислительной мощности современных персональных компьютеров, применяемые в инженерных приложениях CAE не могут справиться с задачами большой размерности при проектировании СВЧ-систем. Например, CAE COMSOL при моделировании рассеяния короткого импульса на сфере [1] расположенной в области диаметром 5 длин волн (5λ) и в двумерной (2D) осесимметричной линейной постановке требует 102 секунды процессорного времени T_m . В данной тестовой задаче модельное время составляло 10 периодов, степень дискретизации относительно λ равнялась 5. Использовался явный решатель, который для нелинейных волновых задач имеет ограничения по устойчивости процесса моделирования. Переход к аналогичным задачам с размерностью $300 \times 300 \lambda$ потребует более 100 часов процессорного времени T_m современной настольной рабочей станции. То же относится и к оперативной памяти $П_m$.

Решение задачи

Благодаря работам Б.В.Сестрорецкого 1967-74 гг. появился метод импедансного аналога электромагнитного пространства (ИАЭП) [2, 3]. Метод ИАЭП относится к классу сеточных численных методов. Однако, в отличие от применяемых в большинстве современных CAE методов (метод конечных разностей (МКР), метод конечных объемов (МКО), метод конечных элементов (МКЭ)), он базируется на иной методологии построения вычислительных алгоритмов. Согласно ей при решении любой задачи математической физики выделяется важный этап, предшествующий строгой математической постановке задачи, – построение эквивалентной радиотехнической схемы проектируемого устройства.

Метод ИАЭП позволяет строить точные и быстрые алгоритмы анализа сложных физических систем. При проектировании термоядерного реактора ITER (англ. International Thermonuclear Experimental Reactor) требовалось анализировать отраженные сигналы от высокотемпературной плазмы сечением до $500 \times 500 \lambda$ с учетом того, что плазма может иметь отрицательные значения диэлектрической проницаемости. Для решения данной задачи использовались CAE TAMIC Rt-H и TAMIC Rt-X, построенные по методологии ИАЭП [4]. Результаты моделирования, полученные в институте ядерного

синтеза РНЦ «Курчатовский институт» и представленные в 2003 году на международном совещании по диагностике ITER, показали, что CAE TAMIC Rt-H и TAMIC Rt-X не имеют конкурентов по максимально-возможным размерам области моделирования для электродинамических задач.

Похожий подход, но основанный на построении акусто-электрической и/или акусто-механической модели, был реализован в российской CAE IMPULSE [5], изначально предназначенной для акустических приложений и задач ультразвукового неразрушающего контроля. Разработка CAE IMPULSE велась независимо от CAE TAMIC.

Применяемая в данной CAE методология позволила перейти от формального языка дифференциальных и интегральных уравнений к описанию задачи на языке аналогий, которые работают по фундаментальным физическим принципам (таким как закон сохранения энергии и пр.). Данное свойство гарантирует абсолютную устойчивость для любой схемы построения МКР, МКО или МКЭ сеток.

CAE IMPULSE имела коммерческое внедрение в ряде отечественных и зарубежных организаций, среди которых ИЭС Патона и Николаевский кораблестроительный институт (Украина), Финский технологический исследовательский центр VTT (Финляндия); а также использовалась в научных исследованиях и технических разработках по ультразвуковому неразрушающему контролю в МГТУ им.Н.Э.Баумана и Фраунгоферовском институте неразрушающего контроля IZFP (Германия).

На основании рекомендации европейской практики ENIQ 6: «Использование моделирования в контрольной квалификации» (Рекомендации ENIQ 1999) в 2003 году CAE IMPULSE была включена в группу "ключевых европейских разработчиков ультразвукового моделирования" [6].

Универсальность волнового уравнения и успешная промышленная верификация CAE IMPULSE для акустики и ультразвукового неразрушающего контроля стимулируют использование данной CAE при проектировании современных СВЧ-устройств. Для быстрой адаптации CAE IMPULSE к волновым задачам электродинамики на рис.1 показана аналогия между акустическими и электромагнитными характеристиками.

<i>ТЕ-мода</i>			<i>ТМ-мода</i>		
Акустика	Электродинамика	Аналогия	Акустика	Электродинамика	Аналогия
Акустическое давление p	Электрическое поле E_z	$p \leftrightarrow E_z$	Акустическое давление p	Магнитное поле H_z	$p \leftrightarrow H_z$
Колебательная скорость v_x, v_y	Магнитное поле H_x, H_y	$-v_x \leftrightarrow H_y, v_y \leftrightarrow H_x$	Колебательная скорость v_x, v_y	Электрическое поле E_x, E_y	$-v_x \leftrightarrow E_y, v_y \leftrightarrow E_x$
Плотность ρ_x, ρ_y	Магнитная проницаемость μ_x, μ_y	$\rho_x \leftrightarrow \mu_y, \rho_y \leftrightarrow \mu_x$	Плотность ρ_x, ρ_y	Диэлектрическая проницаемость ϵ_x, ϵ_y	$\rho_x \leftrightarrow \epsilon_y, \rho_y \leftrightarrow \epsilon_x$
Податливость β	Диэлектрическая проницаемость ϵ_z	$\beta \leftrightarrow \epsilon_z$	Податливость β	Магнитная проницаемость μ_z	$\beta \leftrightarrow \mu_z$

Рисунок 1 – Аналогия между акустическими и электромагнитными характеристиками для ТЕ- и ТМ-моды

Разработанный для CAE IMPULSE численный метод [7] подходит и для моделирования динамики распространения СВЧ-импульса в сложных неоднородных нелинейных диэлектрических и магнитных средах. Он состоит из трех этапов:

1. Пространственная конечно-разностная дискретизация области моделирования с использованием разработанной оригинальной процедуры синтеза математической модели для неоднородных сред со сложной геометрией. При необходимости, конечно-разностная дискретизация м.б. заменена на МКО, МКЭ или любой другой способ разбиения.

2. Численное интегрирование по времени А-устойчивым неявно-явным методом системы дифференциальных уравнений, полученной после пространственной дискретизации.

3. Решение итоговой (в общем случае, нелинейной) системы алгебраических уравнений сверхбольшой размерности модифицированным итерационным методом Якоби (этот модифицированный метод относится к классу явных нестационарных итерационных методов с предсказанием начального приближения).

Благодаря своей абсолютной устойчивости в пространстве и во времени, численный метод [7] прошёл успешную апробацию на нелинейных динамических задачах ультразвукового неразрушающего контроля [8, 9]. Следовательно, для СВЧ-приложений появляется возможность учитывать неоднородность, анизотропию и нелинейность свойств в каждой точке распространения электромагнитной волны с помощью произвольной аналитической или неаналитической зависимости параметров μ , ϵ и σ от динамического состояния среды. Эта возможность имеет практическую значимость для анализа рассеяния электромагнитных волн от неоднородных плазменных образований.

Предлагаемый численный метод не требует создания алгоритма оптимальной нумерации узлов сетки, учитывает латентность среды распространения электромагнитной волны и легко подвергается векторизации для ускорения скорости вычислений с помощью графических процессоров GPU (англ. Graphics Processing Unit).

Важной особенностью CAE IMPULSE является её ориентация на инженера-разработчика. Это обеспечивается встроенными интуитивно-понятными графическими средствами описания сложных прикладных задач и отсутствием требования знать математический и программный аппарат, реализованный в системе.

С целью получения количественной оценки вычислительной эффективности применения CAE IMPULSE для прикладных задач электродинамики, были проанализированы сравнительные затраты оперативной памяти P_m данной CAE с уже зарекомендовавшими себя CAE TAMIC Rt-H и TAMIC Rt-X [10]. На рис.2 видно, что CAE IMPULSE занимает промежуточное положение по затратам P_m между CAE TAMIC Rt-H и TAMIC Rt-X. На данный момент получить количественную оценку затрат процессорного времени T_m для всех сравниваемых CAE не представляется возможным из-за использования различных типов процессоров при тестовых расчетах. Но в силу линейной корреляции между T_m и P_m , можно утверждать, что CAE IMPULSE по затратам T_m будет иметь аналогичную промежуточную оценку. Таким образом, для ряда прикладных задач, CAE IMPULSE показывает лучшую вычислительную эффективность по сравнению с CAE TAMIC Rt-X.

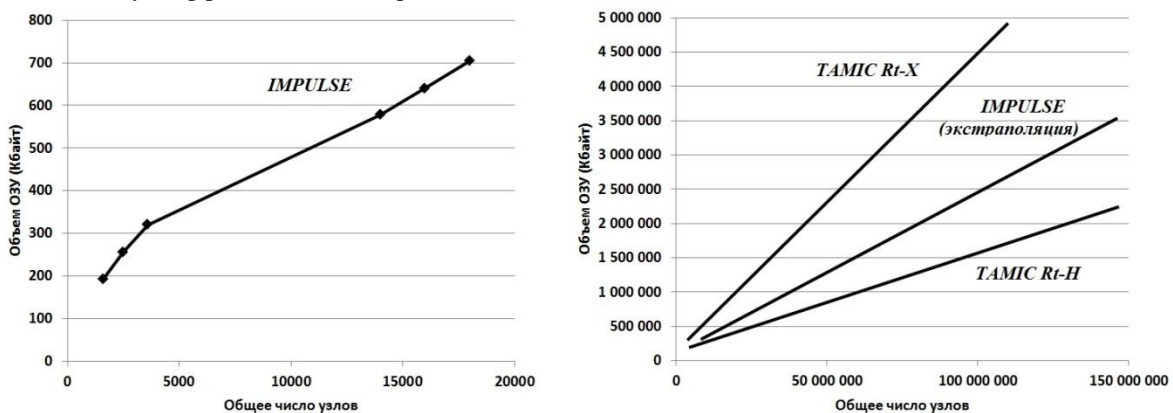


Рисунок 2 – Сравнение затрат оперативной памяти P_m от общего числа узлов сетки для CAE IMPULSE, TAMIC Rt-H и TAMIC Rt-X.

Выводы

В данной статье показана перспективность адаптации численного метода [7], реализованного в CAE IMPULSE, к 2D и 3D задачам распространения и рассеяния электромагнитных волн. Данная адаптация, с учетом характерных особенностей электродинамики, позволит:

- моделировать электродинамические объекты произвольной геометрии с неоднородным, анизотропным и нелинейным диэлектрическим и магнитным заполнением (например, неоднородные плазменные образования);
- параметрам среды μ , ϵ и σ иметь нулевые и отрицательные значения, и их нелинейность будет задаваться любой аналитической или неаналитической функцией в зависимости от динамического состояния среды (например, при проектировании электродинамических метаматериалов);
- оптимизировать параметры локации сверхкороткими импульсами и сигналами с широким спектром в относительно дальней зоне;
- для соблюдения абсолютной численной устойчивости, разрабатывать новые математические модели, в первую очередь опираясь на их физические аналогии, а не на формально-математический МКР, МКО и МКЭ (тогда будут автоматически учитываться фундаментальные принципы, такие как закон сохранения энергии и пр.);
- проектировать сложные антенно-фидерные системы без их макетирования, экспериментальной доводки и настройки, поскольку точность моделирования зачастую превышает возможности измерительной аппаратуры;
- резко сократить затраты процессорного времени T_m и оперативной памяти P_m для промышленного компьютерного моделирования прикладных задач электродинамики.

Благодарности

Авторы выражают свою благодарность профессору Климову К.Н. за плодотворное обсуждение при написании данной статьи.

Литература

1. Вебинар “Решение задач рассеяния в COMSOL Multiphysics®” от 22.08.2018 (Код доступа: <http://comsol.ru/c/7gfd>).
2. Сестрорецкий Б.В. Полупроводниковые коммуникаторы для высокочастотных трактов. // В сб. “Современные проблемы антенно-волноводной техники”. – М.: Наука, 1967, стр. 126-144.
3. Сестрорецкий Б.В. Возможности прямого численного решения краевых задач на основе метода импедансного аналога электромагнитного пространства (ИАЭП). // Вопросы радиоэлектроники, сер. “Общетехническая”, 1976, вып. 2, стр. 113-128.
4. Климов К.Н., Гежа Д.С., Фирсов-Шибаяев Д.О. Практическое применение электродинамического моделирования. — Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. — 216 с.
5. Kniazev V. Computer-aided design system "IMPULSE 2000" of ultrasonic nondestructive methods and techniques. Presentation on International Conference “Computer Methods and Inverse Problems in Nondestructive Testing and Diagnostics CM NDT-95”. — Minsk, 1995 (doi:10.13140/2.1.3803.5206).
6. Sarkimo M., Pitkänen J. Application of simulation and modelling to ultrasonic inspection (in Finnish). STUK-YTO-TR195. Helsinki 2003. 50 pp. (Available: <http://www.julkari.fi/handle/10024/123646>).
7. Князев В.Д. Расчет отражения ультразвуковых колебаний от плоскостных дефектов с использованием ЭВМ. — Тезисы докл. семинара «Неразрушающий контроль-88». — Рига, 1988, с. 65 — 66.
8. Kniazev V. Theory of Numerical Methods for Computer Simulation of Ultrasonic Waves Passing through the Nonlinear Flaws. The e-Journal of Nondestructive Testing (September 2010) ISSN 1435-4934 (Available: <http://www.ndt.net/?id=9616>).
9. Kniazev V. Numerical investigation of innovative nonlinear ultrasonic spectroscopy for detection and sizing interface defects in composites. Ultrasonics. Vol 66, No 2 (2011) P. 31-35. (doi:10.5755/j01.u.66.2.528).
10. Климов К.Н., Фирсов-Шибаяев Д.О., Гежа Д.С., Метод импедансного аналога электромагнитного пространства. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. – 124 с.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РАДИОТРАСС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ RADIOWORKS

Гришко А.К., Коротин А.С., Титова О.С., Баннов В.Я., Трусов В.А.
Пензенский государственный университет

В статье с помощью программы RadioWORKS проводится сравнительный анализ математических моделей для расчета параметров радиотрасс.

Ключевые слова: математическая модель, радиотрасса, параметры.

Analysis of application of mathematical models of radio routes using RadioWORKS program. Grishko A. K., Korotin A. S., Titova O. S., Bannov V. Y., Trusov V. A., Penza state University

The article uses RadioWORKS program to conduct a comparative analysis of mathematical models to calculate the parameters of radio routes.

Key words: mathematical model, radio link, parameters.

Расчет параметров радиотрасс осуществляется на основе применения различных математических моделей. К ним относятся: модель Окамура-Хата, модель потерь Вайсберга, Уолфиша-Икегами и др. С некоторой долей приближения их можно разделить на эмпирические (опирающиеся только на наблюдения и натурные измерения), полудетерминированные (учитывающие также законы распространения электромагнитных волн).

Эмпирическая (статистическая) модель Окамура-Хата (Okumura-Hata) рассчитана на диапазон частот от 100(150) МГц до 1500 МГц изотропного излучения. Базовая формула модели зависит от типов местности: плотная городская застройка, крупный город, небольшой или средний город, пригород, сельская или открытая местность.

Потери сигнала в данной модели для городской местности рассчитываются следующим образом:

$$L = 69,55 + 26,16 \lg(f) + [44,9 - 6,55 \lg(h_B)] \lg(d)^b - C_H \quad (1)$$

где L – потери сигнала в dB; h_B – высота антенны базовой станции (БС) в диапазоне от 30 до 200м; f – рабочая частота БС, МГц; C_H – поправочный коэффициент, зависящий от высоты антенны мобильной станции (МС) h_m в диапазоне от 1 до 10м;

$$C_n = 0,8 + (1,1 \lg(f) - 0,7) h_m - 1,56 \lg(f) \quad (2)$$

для городов с малой и средней плотностью застройки;

$$C_n = 8,29 (\lg(1,54 h_m))^2 - 1,1 \quad (3)$$

для крупных городов при $f < 200$ МГц;

$$C_n = 3,2 (\lg(11,75 h_m))^2 - 4,97 \quad (4)$$

для крупных городов при $f > 200$ МГц;

d – расстояние от базовой станции до абонентской;

b – поправочный коэффициент, согласно уточняющей рекомендации ITU-R P.529-3 $b = 1$, если $d \leq 20$ км и $b = 1$,

$$b = 1 + (0,14 + 1,87 \cdot 10^{-4} f + 1,07 \cdot 10^{-3} \frac{h_b}{\sqrt{1+7 \cdot 10^{-6} h_b^2}}) \cdot (\lg(d/20))^{0,8} \quad (5)$$

Достоинством данной модели является простота и долговременное практическое подтверждение ее адекватности, а также отсутствие необходимости наличия 3D-карт [1-6]. Входными данными для расчёта потерь радиоволны в данной модели являются высоты приемных (от 1м до 10м) и передающих (от 30м до 200м) антенн, расстояние между которыми должно находиться в диапазоне от 1км до 100км, рабочие частоты в диапазоне от 100МГц до 1500МГц. Рельеф местности в модели учитывается статистически. Модель Окамура-Хата это эмпирическая модель Окамура (неудобная для практического применения), дополненная аналитической моделью Хата, которая формируется в результате прямой аппроксимации эмпирических графиков модели Окамура и рекомендаций 379 и 529 Международного союза электросвязи. Дальнейшим развитием модели Окамура-Хата является COST-231 Хата, более точная для городской местности. Она также актуальна в ограниченном диапазоне исследуемых частот от 500МГц до 2000МГц. Модели Окамура-Хата и COST-231 Хата хорошо работают только на квазиплоской местности, данные модели адаптированы для анализа работы сотовой связи.

При исследовании потерь в городах с разной плотностью застройки было выявлено, что уровень сигнала сильно зависит не только от высоты зданий, но и от ширины улиц, а также их ориентаций относительно направления радиотрассы [7-11]. Эти факты учитываются в модели Уолфиша-Икегами (Walfisch-Ikegami Model –WIM). В WIM также учитывается наличие или отсутствие прямой видимости между базовой и мобильной станциями, т.е. данная модель работает когда антенна БС расположена ниже уровня каких-либо городских строений, находящихся на пути радиотрассы. Данная модель приспособлена для расчета трасс мобильной связи в условиях города.

Ниже приведено аналитическое уравнение модели Уолфиша-Икегами при условии наличия прямой видимости на трассе:

$$L = 42,64 + 26\lg(d) + 20\lg(f) \quad (6)$$

где L – потери сигнала в dB, d – расстояние от базовой станции до абонентской, (км), f – рабочая частота БС (МГц).

Все вышеперечисленные модели учитывают рельеф лишь статистически, т.е. они применимы лишь для расчетов на квазиплоской местности и не подходят для проектирования радиотрасс располагающихся в горной местности [12-18]. Для таких случаев применяют более сложные полудетерминированные модели. Модель ITM Longley Rice (Irregular Terrain Model) нерегулярная модель Лонгли-Райса одна из их числа. Для их работы необходимы цифровые карты рельефа и подстилающей поверхности. Модель ITM работает в достаточно широком диапазоне частот от 20МГц до 20ГГц, учитывает вид поляризации (вертикальная, горизонтальная), «индекс радиорефракции» (Radio Refractive Index), климатическую зону, подстилающую поверхность в виде диэлектрической проницаемости, и параметры достоверности и временной доступности связи с любой вероятностью от 0 до 100%.

Рассчитаем потери радиотрассы с квазиплоским рельефом с помощью разных математических моделей.

Параметры радиотрассы: $f = 1500$ МГц, $h_b = 40$ м, $h_m = 1$ м, $d = 5$ км

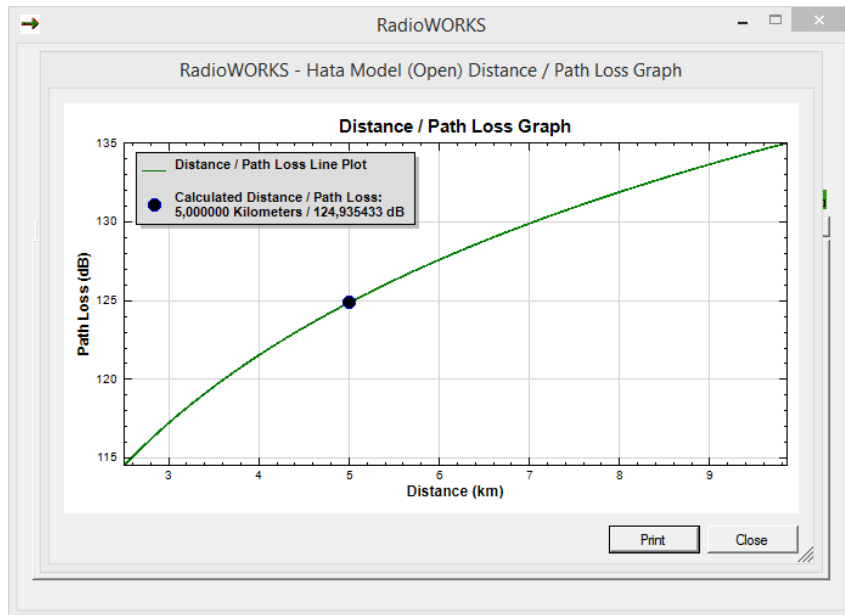


Рис.1 Окамура-Хата. Открытое пространство. Город мелкой или средней застройки.

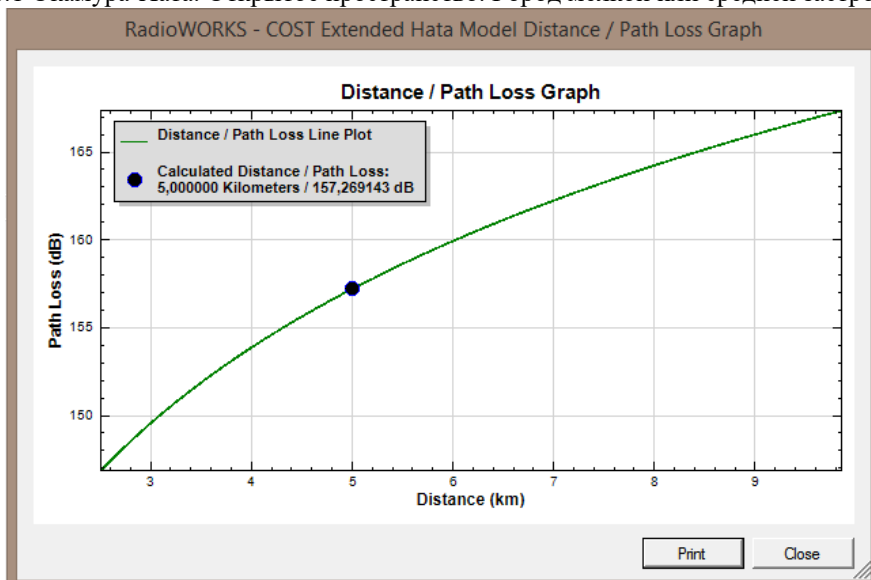


Рис.2 Расширенная модель Окамура-Хата. Город мелкой или средней застройки.

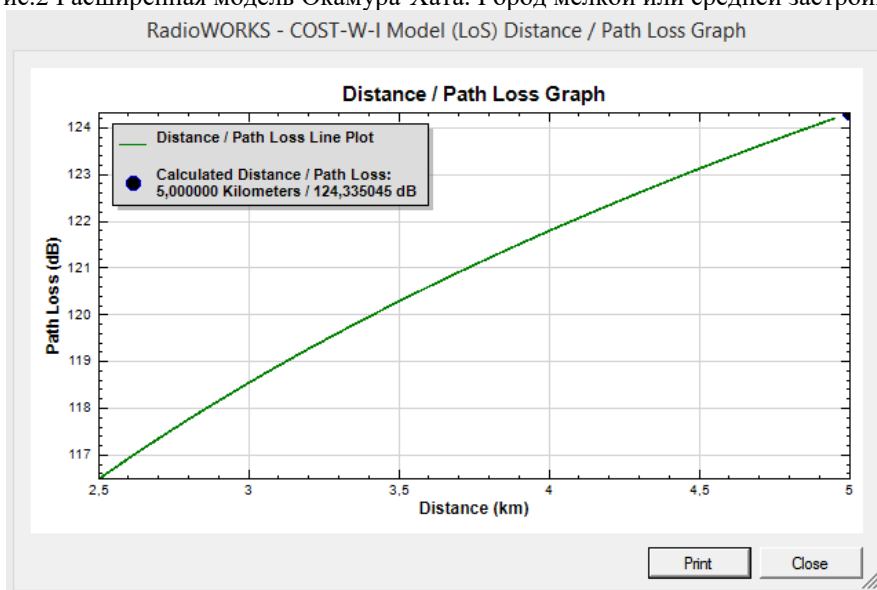


Рис.3. Модель Уолфиша-Икегами. Прямая видимость.
RadioWORKS - COST-W-I Model (NLoS) Distance / Path Loss Graph

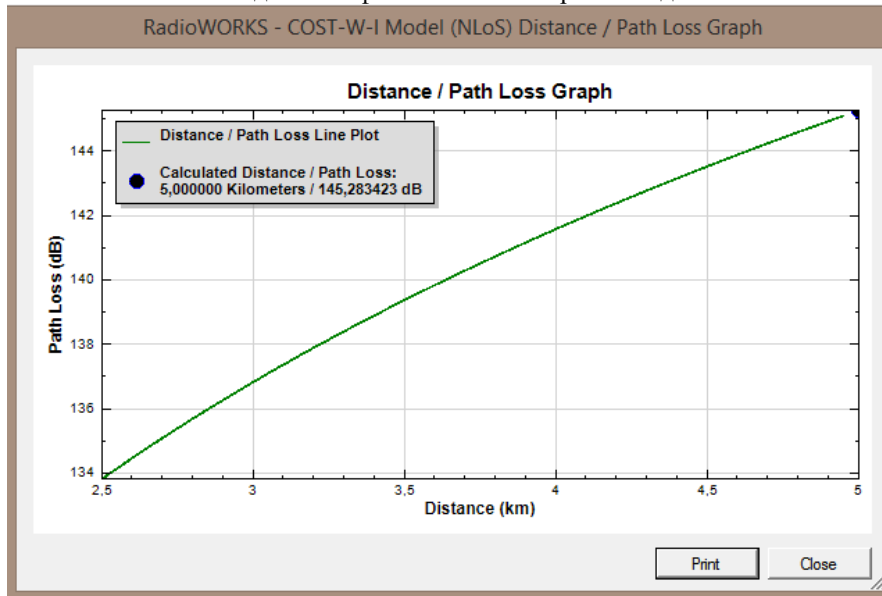


Рис.4. Модель Уолфиша-Икегами. Пригород. Отсутствие прямой видимости. Средняя ширина улицы 100м, среднее расстояние между зданиями 50м, средняя высота зданий 30м, угол между дорогой и трассой -0.

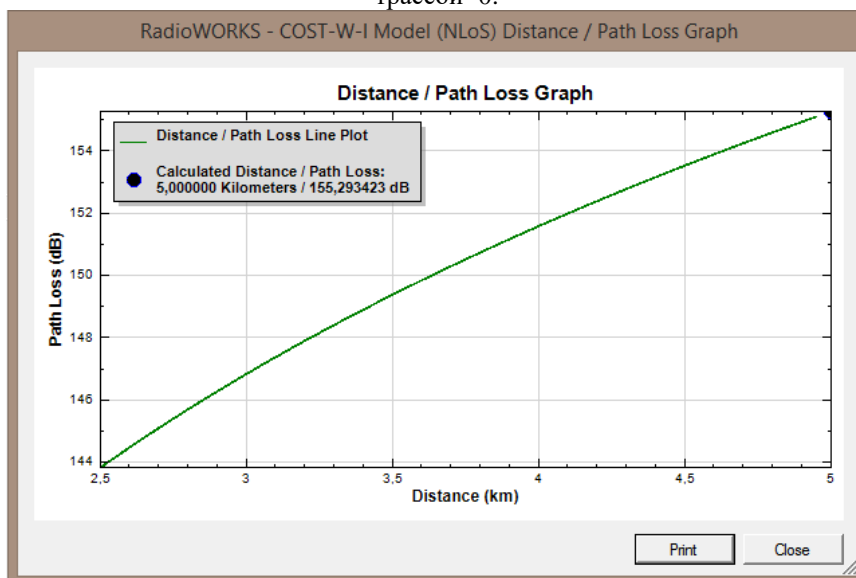


Рис.5. Модель Уолфиша-Икегами. Пригород. Отсутствие прямой видимости. Средняя ширина улицы 100м, среднее расстояние между зданиями 50м, средняя высота зданий 30м, угол между дорогой и трассой - 90°.

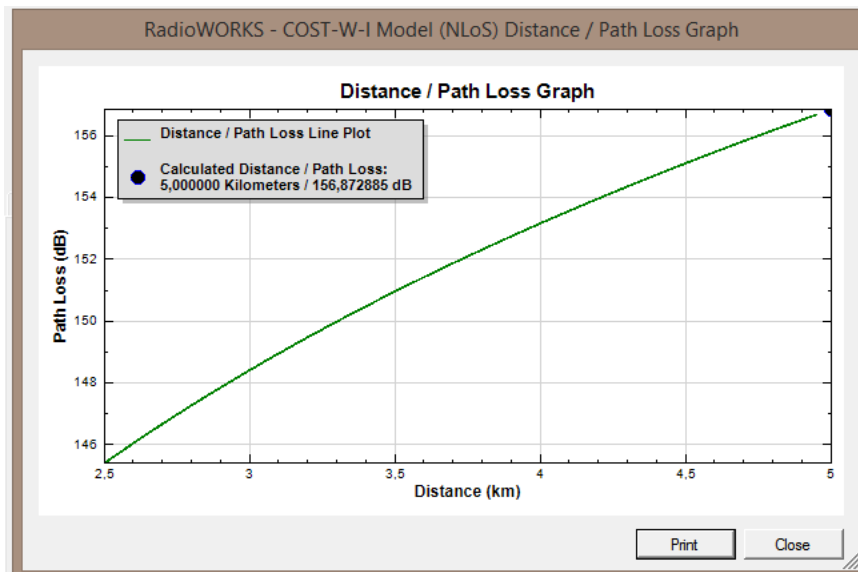


Рис.6. Модель Уолфиша-Икегами. Мегополис. Отсутствие прямой видимости. Средняя ширина улицы 100м, среднее расстояние между зданиями 50м, средняя высота зданий 30м, угол между дорогой и трассой – 90° .

Таким образом, для расчета параметров радиотрасс при различных исходных данных и накладываемых ограничениях необходимо выбрать наиболее предпочтительную математическую модель.

Литература

1. Mikheev M. Yu., Zhashkova T. V., Shcherban A. B., Grishko A. K., Rybakov I. M. Generalized structural models of complex distributed objects. 2016 IEEE East–West Design & Test Symposium (EWDTS). Yerevan, Armenia, October 14–17, 2016. pp. 1–4. DOI: 10.1109/EWDTS.2016.7807742.
2. Гришко А. К. Многокритериальный выбор оптимального варианта сложной технической системы на основе интервального анализа слабоструктурированной информации / А. К. Гришко, И.И. Кочегаров, А.В. Лысенко // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2017. – № 3 (21). – С. 97-107.
3. Гришко А. К. Выбор оптимальной стратегии управления надежностью и риском на этапах жизненного цикла сложной системы / А. К. Гришко // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 2 (18). – С. 26–31. DOI: 10.21685/2307-4205-2017-2-4.
4. Якимов А. Н. Моделирование распространения электромагнитных волн в помещении с учетом влияния местных предметов / А. Н. Якимов, П. Г. Андреев, В. В. Князева // Журнал радиоэлектроники. – 2015. – № 2. – С. 8.
5. Андреев П. Г. Геоинформационный анализ интерференционной модели радиоканала с учетом отражений от поверхности сложной формы / П. Г. Андреев, А. К. Гришко, И. И. Кочегаров // Информационные системы и технологии. – 2017. – № 3 (101). С. 89-94.
6. Гришко А. К. Методика оценки интенсивности интерференции в радиоэлектронных системах на основе геоинформационного подхода / А. К. Гришко // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2017. – № 1 (19). – С. 45–49.
7. Андреев П. Г. Определение напряженности электрической составляющей электромагнитного поля с учетом отражений / П. Г. Андреев, А. К. Гришко, И. И. Кочегаров // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2017. – № 2 (20). – С. 48–54.
8. Andreev P., Yakimov A., Yurkov N., Kochegarov I., Grishko A. Methods of Calculating the Strength of Electric Component of Electromagnetic Field in Difficult Conditions. 2016 12th International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE 2016). Saratov, Russia, September 22-23, 2016, Vol. 1. P. 1 – 7. DOI: 10.1109/APEDE.2016.7878895.
9. Гришко А. К. Построение эффективной системы радиоэлектронных средств на основе анализа полумарковской модели обеспечения электромагнитной совместимости / А. К. Гришко, Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Проектирование электронных устройств и комплексов. – 2017. – № 4. – С. 18-25.
10. Гришко А. К. Геопространственный анализ электромагнитных полей в радиоэлектронных системах с учетом отражений / А. К. Гришко // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 163-169.

11. Гришко А. К. Управление электромагнитной устойчивостью радиоэлектронных систем на основе вероятностного анализа динамики информационного конфликта / А. К. Гришко, А. С. Жумабаева, Н. К. Юрков // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2016. – № 4 (18). – С. 49–58.
12. Grishko A. Parameter control of radio-electronic systems based of analysis of information conflict. 2016 13th International Scientifictechnical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE 2016). Novosibirsk, Russia, 03–06 октября, 2016 г. 2016. pp. 107–111. DOI: 10.1109/APEIE.2016.7806423.
13. Grishko A., Goryachev N., Yurkov N. Adaptive Control of Functional Elements of Complex Radio Electronic Systems. International Journal of Applied Engineering Research. Volume 10, Number 23 (2015), pp. 43842–43845.
14. Grishko A. K., Kochegarov I. I., Goryachev N. V. Multi-criteria Optimization of the Structure of Radio-electronic System in Indeterminate Conditions. 2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM). Saint Petersburg, Russia, May 24-26, 2017, pp. 210 – 212. DOI: 10.1109/SCM.2017.7970540.
15. Grishko A. K., Kochegarov I. I., Trusov V. A. Multiple factor criteria of controlling the network structure of radio monitoring in partial uncertainty conditions. 2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM). Saint Petersburg, Russia, May 24-26, 2017, pp. 207 – 209. DOI: 10.1109/SCM.2017.7970539.
16. Ostreikovskiy V. A., Shevchenko Ye. N., Yurkov N. K., Kochegarov I. I. and Grishko A. K. Time Factor in the Theory of Anthropogenic Risk Prediction in Complex Dynamic Systems. Journal of Physics: Conference Series, Volume 944, Number 1, 2018, pp. 1–10. DOI:10.1088/1742-6596/944/1/012085.
17. Grishko A., Danilova E., Rybakov I., Lapshin E., Goryachev N. Multicriteria Selection of the Optimal Variant of a Complex System Based on the Interval Analysis of Fuzzy Input Data. 2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT), Moscow, Russia, 14-16 March 2018. pp. 1-7. DOI: 10.1109/MWENT.2018.8337237.
18. Lysenko, A.V., Kochegarov, I.I., Yurkov, N.K., Grishko, A.K. Optimizing structure of complex technical system by heterogeneous vector criterion in interval form. Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 4, 2018, pp. 1–6. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042032

УСТРАНЕНИЕ ИСКАЖЕНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КУРСА ДВИЖЕНИИ ЛОКАТОРА С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ

Никитина Т.В., Туснов Ю.И., Серебряков А.Г., Нгуен М.Т.
Российский технологический университет – МИРЭА
8-925-055-97-79, S.nikitina-81@mail.ru

Приводятся основные сведения о РЛС с синтезированной апертурой, показано, что непрямолинейное движение локатора приводит к искажению синтезированного изображения земной поверхности. Разработан метод уменьшения искажений, основанный на компенсации фазового набега, вызванного наличием доплеровских частот в сигнале.

Ключевые слова: локатор с синтезированной апертурой, доплеровские частоты, изображение земной поверхности, искажения.

Elimination of distortions in the image of the Earth's surface under change course of movement of a locator with a synthetic aperture. Nikitina T.V., Tusnov Y.I., Serebryakov A.G., Nguen M.T., Russian Technological University – MIREA.

The basic information about radars with synthesized aperture is given, it is shown that the non-rectilinear motion of the radar leads to a distortion of the image of the earth's surface. A method for reducing distortion is developed, based on phase-shift compensation caused by the presence of Doppler frequencies in the received signal.

Keywords: locator with synthesized aperture, Doppler frequencies, image of the earth's surface, distortions.

Радиолокатор с синтезированной апертурой (РСА) размещен на носителе (самолет, вертолет), движущимся со скоростью V , направленной вдоль прямой линии заданного пути (ЛЗП) – ось x на рис. 1. Антенна радиолокатора расположена вдоль фюзеляжа носителя и формирует луч с шириной по азимуту θ , направленный ортогонально ЛЗП. РСА на всем пути движения излучает и принимает сигналы от подстилающей земной поверхности.

В точке C (рис. 1) находится точечный объект, наблюдаемый РСА на отрезке пути $[-L/2, L/2]$, вне этого отрезка точечный объект не входит в луч антенны и сигнал от него в радиолокатор не поступает.

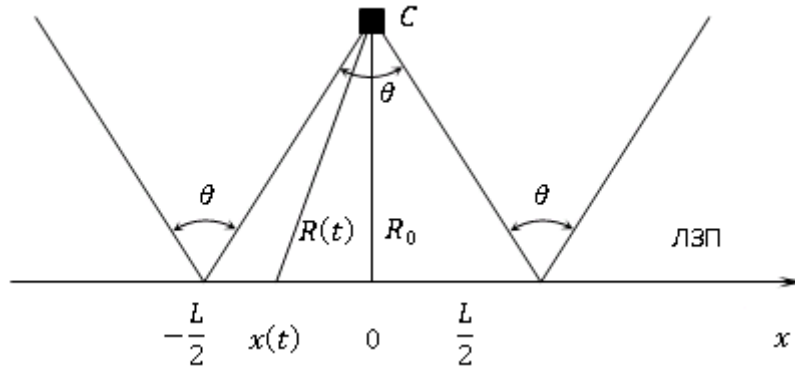


Рис. 1. Наблюдение точечного объекта РСА

Находясь в точке $x(t)$, РСА излучает сигнал $U_0 e^{j2\pi f_0 t}$ (U_0 – амплитуда, f_0 – частота, t – время). Принимаемый от точечного объекта сигнал поступает в РСА с задержкой $t_3 = 2R(t)/c$ ($R(t)$ – расстояние от РСА до точечного объекта, c – скорость распространения радиоволн) и с уменьшенной амплитудой U :

$$u_{\text{пр}}(t) = U e^{j2\pi f_0 (t - 2R(t)/c)}. \quad (1)$$

При движении РСА вдоль ЛЗП по закону $x(t) = Vt$ расстояние до точечного объекта $R(t)$ будет изменяться следующим образом

$$R(t) = \sqrt{R_0^2 + x^2(t)} = R_0 \left(1 + \left(\frac{x(t)}{R_0}\right)^2\right)^{1/2} \approx R_0 \left(1 + \frac{1}{2} \left(\frac{x(t)}{R_0}\right)^2\right) = R_0 + \frac{(Vt)^2}{2R_0}, \quad (2)$$

где R_0 – расстояние от точечного объекта до ЛЗП и $x(t)/R_0 \ll 1$.

С учетом соотношений (1) и (2) принимаемый сигнал будет

$$u_{\text{пр}}(t) = \begin{cases} U e^{-j2\pi((Vt)^2/(\lambda R_0) + 2R_0/\lambda)} e^{j2\pi f_0 t}, & |t| \leq T/2, \\ 0, & |t| > T/2, \end{cases} \quad (3)$$

где λ – длина волны излучаемого сигнала,

T – интервал синтезирования апертуры – время, за которое носитель, пролетая отрезок пути $[-L/2, L/2]$, наблюдает точечный объект

Интервал синтезирования апертуры рассчитывается из выражения

$$T = \frac{L}{V} = \frac{R_0 \theta}{V} = \frac{R_0 \lambda}{aV}, \quad (4)$$

в котором использованы известное соотношение для ширины луча $\theta = \lambda/a$ (a – горизонтальный размер антенны радиолокатора), а также оценка $L \cong R_0 \theta$, получаемая для малых значений ширины луча $\theta \ll 1$.

Из соотношений (3) и (4) получается выражение для комплексной огибающей сигнала точечного объекта на интервале синтезирования $|t| \leq T/2$:

$$u_{\text{ор}}(t) = u_{\text{пр}}(t) e^{-j2\pi f_0 t} = U e^{-j((\pi(2\lambda R_0)/a^2)(t/T)^2 + \varphi_0)}, \quad (5)$$

где $\varphi_0 = 4\pi R_0/\lambda$ – постоянная фаза.

Из выражения (5) следует, что комплексная огибающая сигнала точечного объекта есть сигнал с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) с убывающей частотой и базой (произведением девиации частоты Δf на длительность T) $B = \Delta f T = 2\lambda R_0/a^2$.

Если носитель радиолокатора с синтезированной апертурой (РСА) движется прямолинейно и равномерно, то сигнал от точечного объекта, поступающий в РСА, имеет линейную частотную модуляцию (ЛЧМ). Принятый ЛЧМ сигнал укорачивается по времени согласованным фильтром, что обеспечивает разрешающую способность РСА вдоль линии пути, равную половине длины антенны локатора [1]. Из-за воздействия на носитель РСА атмосферы (ветер, турбулентность) и системы управления (со стороны летчика или автопилота) его реальная траектория схожа с синусоидой, «обвивающей» прямую ЛЗП – рис.2.

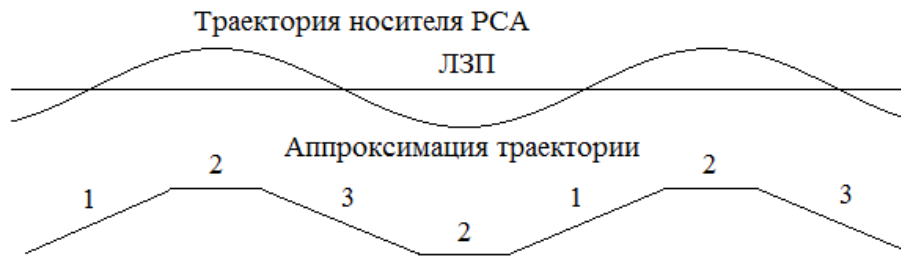


Рис. 2. Траектория движения носителя РСА и ее аппроксимация

Эту траекторию можно аппроксимировать ломаной линией и выделить на ней три характерных типа участков: 1 – участок, пересекающий ЛЗП с приближением к объекту; 2 – участок, параллельный ЛЗП; 3 – участок, пересекающий ЛЗП с удалением от объекта. Траекторию носителя можно представить чередующейся последовательностью участков 1,2,3,2,1,2,3,2,...

Сигнал от точечного объекта, соответствующий движению носителя по участкам типа 2, будет сигналом с ЛЧМ, а сигналы, соответствующие движению носителя по участкам типов 1 и 3, будут сигналами с ЛЧМ и доплеровскими смещениями частоты (положительными при приближении к объекту на участках типа 1 и отрицательными при удалении от объекта на участках типа 3).

Из теории согласованной обработки ЛЧМ сигнала [2] известно: если на согласованный фильтр подать ЛЧМ сигнал, смещенный на положительную доплеровскую частоту, то отклик фильтра наступит раньше, чем на ЛЧМ сигнал без смещения частоты; если подать сигнал, смещенный на отрицательную доплеровскую частоту, то отклик фильтра наступит позже.

За счет движения носителя РСА по траектории из чередующихся участков 1,2,3,2,1,2,3,2, ..., получаемое изображение точечного объекта будет содержать три точки, расположенные вдоль линии пути: первая точка соответствует участку типа 1 с приближением РСА к объекту и смещением ЛЧМ сигнала на положительную доплеровскую частоту; вторая точка соответствует участку типа 2 без смещения частоты ЛЧМ сигнала; третья точка соответствует участку типа 3 с удалением РСА от объекта и смещением ЛЧМ сигнала на отрицательную доплеровскую частоту.

Изображение земной поверхности, получаемое в РСА, представляет собой совокупность изображений точечных объектов, отличающихся яркостью, пропорциональной их эффективной поверхности рассеяния. Искажение изображения земной поверхности и объектов на ней, вызванное непрямолинейным движением носителя РСА проявляется в утроении точечных объектов и протяженных объектов, расположенных не параллельно ЛЗП (вместо одной опоры ЛЭП изображаются три, вместо одной дороги изображаются три).

Разработан метод устранения искажений изображения земной поверхности, вызванных непрямолинейным движением РСА. Метод заключается в непрерывной оценке доплеровской частоты сигнала, принимаемого РСА. Из полученной оценки доплеровской частоты интегрированием получают оценку фазы $\hat{\varphi}(t)$ принимаемого сигнала. Для устранения искажения изображения в принятый сигнал $s(t)$ вводят фазовую поправку путем операции умножения $s(t)e^{-j\hat{\varphi}(t)}$. Сигнал с введенной фазовой поправкой обрабатывают известными алгоритмами синтеза апертуры [1]. При этом искажения изображения существенно устраняются, что подтверждается результатами моделирования РСА.

Литература

1. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы. Пер. с англ. под ред. В.С. Кельзона. М., «Сов. радио», 1971, 568 с.
2. Кондратенков Г.С., Потехин В.А., Реутов А.П., Феоктистов Ю.А. Радиолокационные станции обзора Земли/ Под ред. Г.С. Кондратенкова. – Радио и связь, 1983, 272 с.

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКРАНИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ СВЧ МОДУЛЕЙ S-ДИАПАЗОНА

Рыжов Д.А. Гвоздарев Р.С.* Куликов А.К.

АО «Научно-производственное объединение «Лианозовский электромеханический завод», *Московский Авиационный Институт

В статье рассмотрены конструктивные решения, применяемые для экранирования стыка корпуса и крышки при конструировании составных СВЧ модулей. Целью экранирования является снижение паразитных связей между частями СВЧ модуля, размещенными в общем корпусе.

Ключевые слова: модули СВЧ, конструирование, экранирование.

Design solutions and methods of providing the screenings of the functional nodes of the S-band microwave modules. Ryzhov D.A. Gvozdarev R.S.* Kulikov A.K. Joint-Stock Company "Lianozovo Electromechanical Plant Research and Production Corporation" *Moscow Aviation Institute.

In the article design solutions of shielding of the joint of the case and cover are considered in the design of composite microwave modules. The purpose of screening is to reduce parasitic links between parts of the microwave module, located in a common case.

Keywords: microwave modules, design, shielding.

Введение

К современной радиоэлектронной аппаратуре предъявляется большое количество жестких, порой взаимоисключающих требований: высокий уровень электрических параметров, стойкость к внешним воздействиям при минимальных массогабаритных характеристиках и технологичности изготовления. Для их выполнения необходимо объединить в едином устройстве несколько различных функциональных элементов. Например, приемное устройство радиолокационной станции состоит из защитного устройства, малозумящих усилителей, фильтров, управляемого аттенюатора, смесителя и усилителя промежуточной частоты. Многоканальные модули дополняются системами деления сигналов гетеродина и контрольного сигнала. Также в состав модуля обычно входят схемы управления и питания.

В этих условиях, одной из наиболее существенных задач является минимизация связей между узлами при размещении их в общем корпусе. Наиболее технологичным вариантом конструкции является размещение всех узлов модуля на общей печатной плате, функциональные узлы отделяются друг от друга рядами заземляющих отверстий и различными экранами. Однако, практика показывает, что зачастую это решения экранирования оказывается недостаточно эффективным, особенно при размещении в одном корпусе большого количества различных узлов. В этом случае, каждый функциональный узел разрабатывается отдельно и помещается в собственный отсек корпуса. Соединение между отсеками ведется коаксиальными кабелями, металлостеклянными переходами или перемычками. При такой конструкции модуля особенное значение приобретает экранирование стыка перегородок корпуса с крышкой модуля.

Основными критериями при выборе конструктивного решения являются: обеспечение требуемого уровня подавления излучений между отсеками, обеспечение ремонтпригодности модуля, минимальная трудоемкость изготовления и сборки модуля.

Для обеспечения требуемых параметров экранирования могут применяться следующие конструктивные решения: прижим крышки винтами, индиевые прокладки, контактные пружины, эластичные ЭМС прокладки, уплотнители из проводящей резины, лабиринтное уплотнение.

Прижим крышки винтами.

В этом случае, экранирование отдельных отсеков внутри общего корпуса используются индивидуальные крышки. Для обеспечения надежного электрического контакта, крышки прижимаются винтами с мелким шагом (15-25 мм). Преимуществом является простота изготовления модуля. Недостатки - большая толщина стенок (не менее 5 мм) и высокие требования к точности обработки контактной части стенок (неплоскостность не более 0,1 мм без резких перепадов). При герметизации и заполнении отсеков инертным газом требуется ручное нанесение герметика под каждый винт. Подавление при таком решении составляет около -40 дБ.

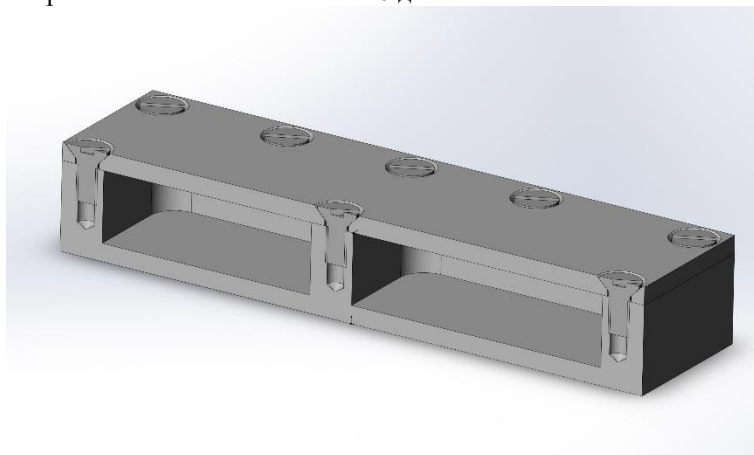


Рис. 1 – Установка крышки без дополнительных контактных элементов

Установка индиевых прокладок.

По уплотняемому контуру выполняется треугольный паз глубиной 0,3 и шириной 0,5 мм. В паз укладывается индиевая проволока диаметром 0,8 мм и притягивается крышкой. Индий обжимается и заполняет неровности крышки и корпуса, обеспечивая надежный электрический контакт и герметизацию стыка при заполнении модуля инертным газом. Преимуществами этого решения являются хорошие экранирующие свойства (до -70 дБ) и небольшая ширина паза, позволяющая выполнить тонкие стенки. Недостаток - высокие требования к точности изготовления деталей (неплоскостность сопрягаемых поверхностей не более 0,1 мм) и необходимость замены прокладки при ремонте модуля.

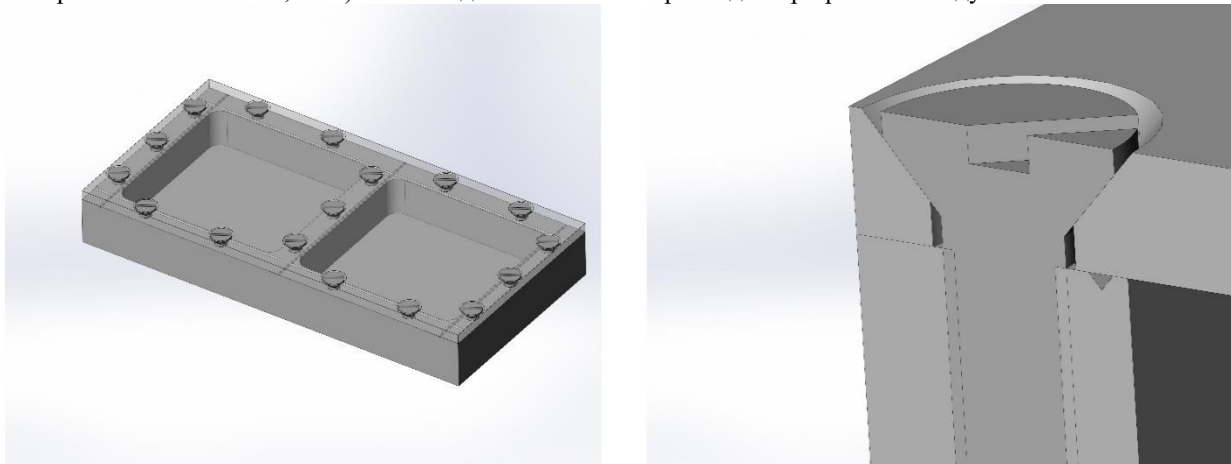


Рис. 2 – Установка крышки с уплотнением индиевой прокладкой.

Установка контактных пружин.

Контактные пружины из бериллиевой бронзы выпускаются серийно в виде длинных лент, которые нарезаются на отрезки нужной длины и затем припаиваются к крышке модуля. Ширина стенок может быть достаточно малой (от 1мм). Пружина за счет деления контактной части на ламели способна компенсировать значительные неровности стенок и резкие перепады высот до 0,5 мм, что позволяет использовать их для экранирования составных перегородок и впаиваемых в корпус стенок. Возможна неоднократная разборка модуля без снижения экранирующих свойств. Недостатком является деформация крышки большой площади под действием пружин, что требует дополнительного крепления крышки в центре либо увеличения толщины крышки (не менее 3 мм) и увеличение габарита модуля при использовании на внешних стенках. Контактные пружины обеспечивают подавление -40...-45 дБ.

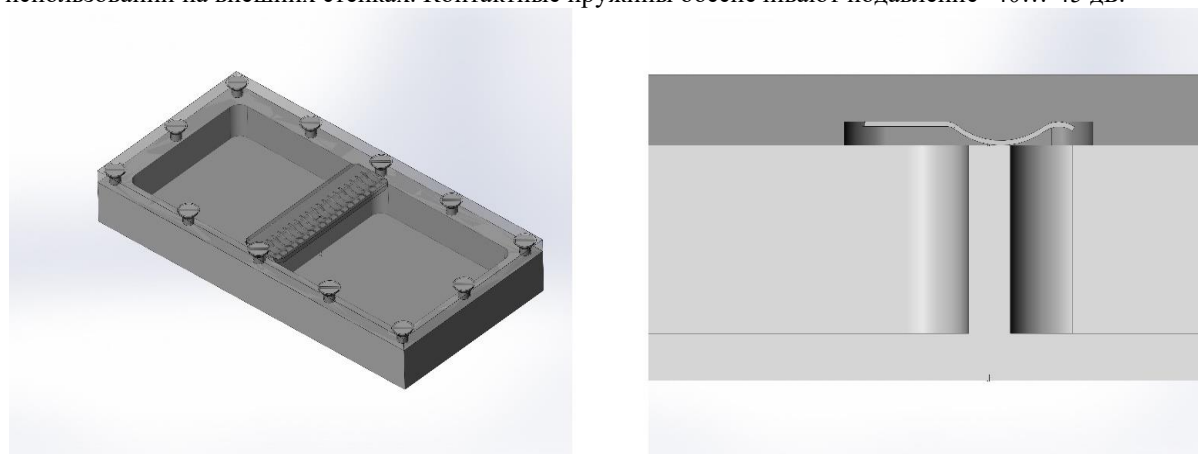


Рис. 3 – установка крышки с контактной пружиной

Установка эластичных ЭМС прокладок.

Эластичные проводящие прокладки имеют собственный клеевой слой и поставляются в виде лент различных форм и сечений. Ленты при монтаже нарезаются на части необходимой длины, которые приклеиваются на стенки. Преимуществом является малая ширина стенок (на 25-30 % больше ширины прокладки в недеформированном состоянии). Небольшое усилие прижима позволяет использовать достаточно тонкие крышки без дополнительных креплений в центре, что в совокупности позволяет снизить массу и габариты устройства. Прокладки могут использоваться для экранирования внешних стенок корпусов, но не обеспечивают герметичности блока. Прокладки затруднительно монтировать на криволинейные и фигурные стенки. ЭМС прокладки обеспечивают подавление -60...-70 дБ.

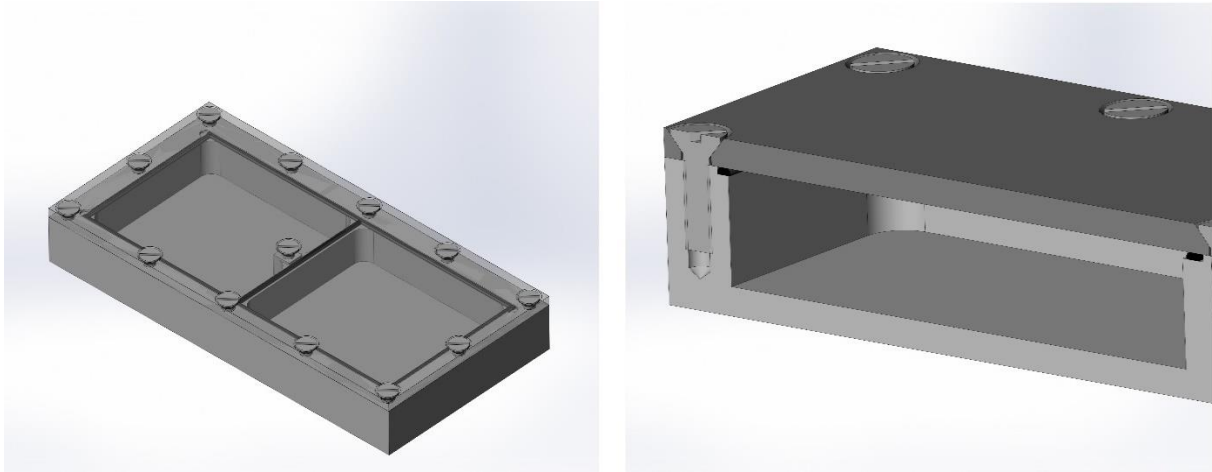


Рис. 4 – Установка крышки с эластичной ЭМС прокладкой

Установка уплотнителей из проводящей резины.

Высокий уровень экранирования (-60...-65 дБ) достигается применением уплотнителей из токопроводящей резины или силикона. Такой уплотнитель имеет круглое или D-образное сечение и замкнутый контур. При небольшой длине контура прокладка отливается в пресс-форме, длинные прокладки выполняются из шнура со склеиванием стыка токопроводящим клеем. Готовая прокладка укладывается в паз на стенках и может удерживаться за счет геометрии паза или вклеиваться токопроводящим клеем. Такое уплотнение обеспечивает герметичность при заполнении инертным газом. При больших размерах крышки (более 300 мм) требуется обеспечить ее значительную жесткость, и дополнительные точки крепления по центру. При этом крепежные элементы можно герметизировать кольцами из того же материала, установленными на стержень винта, что предохраняет крепеж от самоотвинчивания. Это решение требует выполнения канавки вокруг крепежного отверстия, что увеличивает габариты устройства. При отсутствии жестких требований к массогабаритным характеристикам этот способ герметизации обеспечивает сравнительно небольшую трудоемкость сборки, особенно в крупносерийном и массовом производстве при изготовлении прокладок отливкой в пресс-формы.

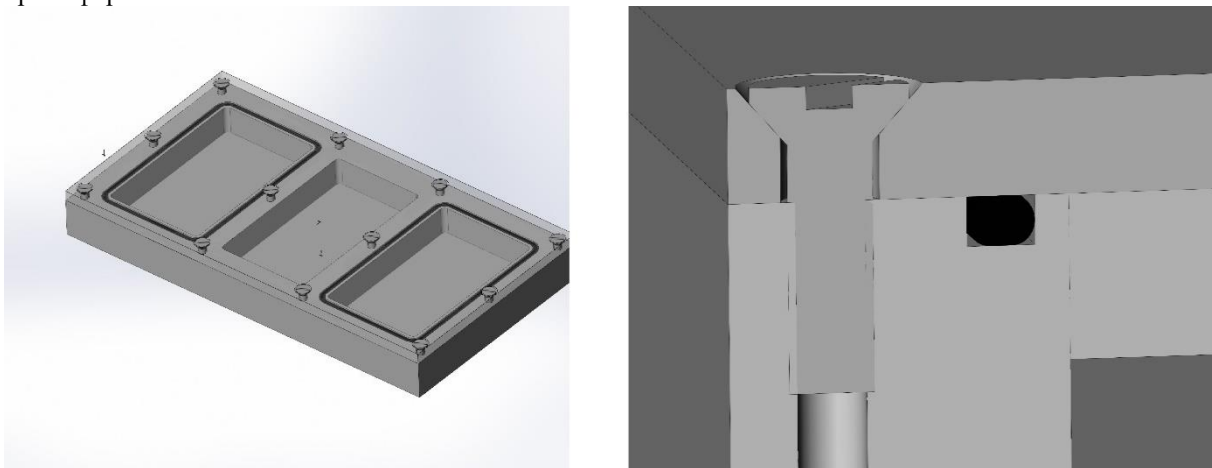


Рис. 5 – Установка крышки с прокладкой из проводящей резины.

Лабиринтное уплотнение.

Еще одним эффективным решением является формирование лабиринтного уплотнения вокруг верхней части стенки за счет занижения крышки внутрь СВЧ отсека. Зазор между стенкой и выступом крышки составляет 0,2-0,3 мм, крышки утапливаются в корпус на 2 мм. Зазор между стенкой и крышкой образует контур лабиринтного уплотнения, что обеспечивает подавление до -70дБ. Преимуществом этого решения является отсутствие усилия, отжимающего крышку от стенок, что позволяет снизить количество дополнительного крепежа на стенках, а на небольших корпусах полностью отказаться от центрального крепежа. Увеличенную толщину крышки можно скомпенсировать выборками с внешней стороны модуля и минимальной толщиной стенок. Подобное решение особенно эффективно при изготовлении крышки аддитивными методами, так как снижает требуемый объем материала и время изготовления. Отсутствие операций пайки или вклейки уплотнителей снижает трудоемкость сборки,

возможна многократная сборка-разборка модуля без потери экранирующих свойств. Недостатком является высокая сложность и стоимость изготовления крышки, поскольку требуется обработка узких пазов фрезами малого диаметра либо применение аддитивных технологий.

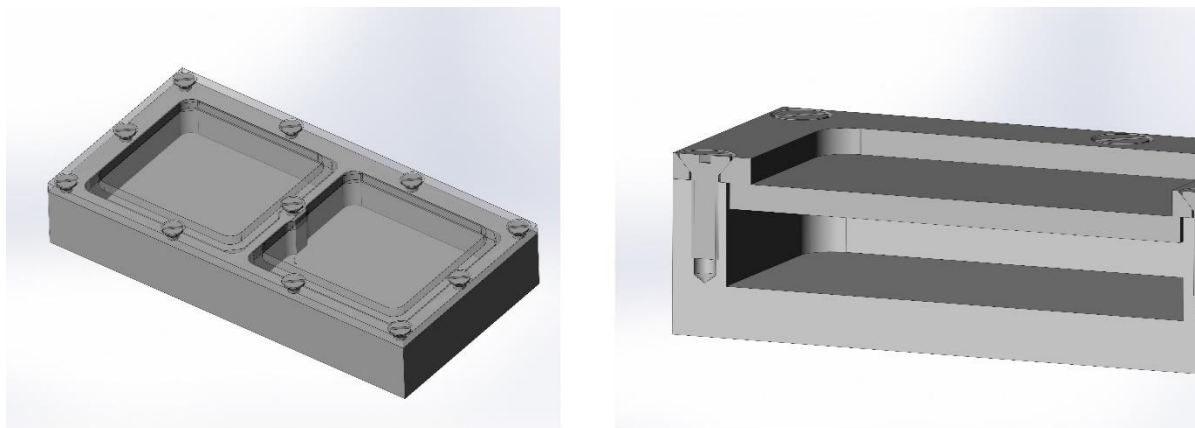


Рис. 6 – Конструкция крышки с лабиринтным уплотнением.

Заключение

В заключении необходимо отметить, что выбор конкретного конструктивно-технологического решения должен производиться с учетом технических требований к разрабатываемому устройству, в частности массогабаритных характеристик, электрических характеристик, применяемой элементной базы и схемотехнических решений. Необходимо учитывать технологические возможности и способности производства. На практике, чаще всего, применяются различные сочетания описанных выше конструктивных решений.

Перспективными направлениями совершенствования СВЧ модулей являются использование проводящих паст и герметиков на стыке корпуса, введение в конструкцию дополнительных поглотителей и индивидуального экранирования излучающих и чувствительных к наводкам элементов. Значительный интерес представляет выполнение функциональных узлов в виде многослойных объемных структур на низкотемпературной керамике.

Литература

1. Винников В.В. Основы проектирования РЭС. Электромагнитная совместимость и конструирование экранов. Учебное пособие. СПб, изд-во СЗТУ, 2006 г.
2. Джурицкий К, Лисицын А. Конструктивные и технологические особенности модулей СВЧ. Современная электроника 2008 №1 с.22-25
3. ОСТ 4Г 0.010.225-82 Модули СВЧ интегральные. Корпуса. Элементы типовых конструкций.

ГЛАВА 5. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ФОСФОГИПСА

Абраменко А.А., Буймарова Т.К., Соловьева Е.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

+7-952-554-7358, esolovieva@vgasu.vrn.ru

Статья посвящена исследованию областей применения фосфогипса, являющегося отходом производства удобрений, а также результатам, полученным в области получения строительных материалов на основе фосфогипса. Основной проблемой с которой сталкиваются различные ученые во всех областях применения фосфогипса является высокая цена данного производства при относительно низком доходе. Авторы данной статьи предлагают экономически выгодную технологию переработки фосфогипса в строительные материалы на основе гипсового сырья.

Ключевые слова: фосфогипс, механогидрохимическая активация, техногенные отходы редкоземельные металлы.

Energy efficient complex technology for processing of phosphogypse. Abramenko A.A., Buimarova T.K., Soloveva E.A. Voronezh state technical university.

The article investigates the usage fields of phosphogypsum, which is a waste of fertilizer production, as well as the results obtained in the field of producing building materials on the basis of phosphogypsum. The main problem faced by various scientists in all fields of application of phosphogypsum is the high price of this production at a relatively low income. The authors of this article suggest an economically advantageous technology for processing phosphogypsum into building materials based on gypsum raw materials.

Keywords: phosphogypsum, mechanochemical activation, technogenic waste, rare earth metals.

Введение

По мнению экспертов, занимающимися техногенными отходами, фосфогипс является межнациональной проблемой, которая имеет экологическое и социальное значение. Фосфогипс – крупнейший по объему техногенный отход. На территории Российской Федерации его объем в отвалах составляет более 300 млн. т.

В настоящее время одним из направлений использования фосфогипса является производство строительных материалов. Отход применяют при производстве бесцементных композитов, гранулометрических добавок, различных компонентов вяжущего, стеновых изделий и автомобильных дорог. Однако, объем перерабатываемого фосфогипса составляет лишь несколько процентов от производимого и объем отвалов растет с каждым днем. Причина ограниченной переработки фосфогипса заключается в наличии нерастворимых примесей в составе отхода.

Другим перспективным направлением использования фосфогипса является выделение редкоземельных металлов. Актуальность данного направления объясняется большим спросом на редкоземельные металлы при производстве оптического стекла и оптики, нанокристаллических магнитных порошков, нанокристаллов, сверхмощных магнитов, твердотельных лазеров, специальных керамик и покрытий, в ядерной энергетике, аэрокосмической промышленности, телекоммуникациях, в автомобильной промышленности, аккумуляторы для электромобилей, и во многих других развивающихся направлениях производства.

Постановка проблемы

На сегодняшний день известны различные способы получения гипсовых вяжущих из фосфогипса [1-3]. Например, с помощью автоклавного способа, который требует значительные временные и энергетические затраты. Другой способ, обжиг фосфогипсовых отходов с добавлением алюмокремнеземистых материалов. Данный способ делает возможным применение фосфогипса в дорожном строительстве. Так же существует способ получения гипсовых вяжущих из фосфогипса с помощью дегидратнополугидратного метода, представленного А.В. Гриневич в соавторстве с другими учеными. Однако, данные методы не находят широкого применения при производстве поскольку являются экономически нецелесообразными.

Кроме того, существует еще один способ переработки фосфогипса – добыча из него коллективного оксида редкоземельных металлов (РЗМ), разделение на отдельные оксиды и извлечение непосредственного металла. Существуют различные способы извлечения оксида РЗМ из фосфогипса:

выщелачивание путем осаждения или фильтрации, введением различных кислот, отмывка водой в замкнутом цикле, измельчение материала для получения пульпы и дальнейшая его сорбция и многие другие. Основная проблема, с которой сталкиваются разработчики – высокая стоимость данного производства, значительные трудовые, временные и энергетические затраты и при этом данное производство никак не влияет на уменьшение объема фосфогипса в отвалах.

Основная часть

На базе Воронежского государственного технического университета ведутся работы по созданию дешевой технологии получения строительных материалов на основе фосфогипса. Актуальность исследований заключается в снижении стоимости строительных материалов за счет замены одних компонентов исходной смеси другими, более дешевыми, и сочетании нескольких принципов, применяемых в различных технологиях [4-6].

Основные принципы структурообразования композитных материалов, примененные при разработке технологии:

1. Электрические взаимодействия между частицами, входящими в структуру композитных строительных материалов. Расклинивающие давление, силы притяжения и отталкивания, зависят от расстояния между взаимодействующими частицами в дисперсной среде.

2. Нагревание до температуры более 60°C, для повышения проникающей способности воды.

3. Применение дисперсного наполнителя, для увеличения прочностных показателей изделий.

4. Прессование, для удаления лишней жидкости из смеси и получения водной пленки между частицами толщиной от 10^{-9} до 10^{-7} м.

5. Учет вяжущих свойств материала по средствам дифференциальной сканирующей калометрии.

Сочетание данных зависимостей можно использовать при формировании структуры композитного материала и, соответственно, получать материал с заранее заданными свойствами.

Технология по переработке фосфогипса в строительные материалы, разработанная на базе ВГТУ, сочетает в себе применение всех рассмотренных ранее закономерностей и включает в себя следующие этапы:

1. нейтрализация фосфогипса негашеной известью. В сухую смесь фосфогипса и дисперсного наполнителя вводят известь в момент ее гашения. Теплота, выделяющаяся при данном процессе, помогает химически активировать фосфогипс;

2. механическая активация фосфогипса. Перемешивание всех компонентов смеси в смесителе с подогревом и добавлением горячей воды. Получаемая механогидрохимическая активация ускоряет нейтрализацию кислот, изменяет реологические свойства фосфогипса и позволяет получать пластичные формовочные смеси при низких энергозатратах;

3. формование и прессование получаемого изделия.

Сотрудники ВГТУ провели лабораторные испытания, исследовав более 500 образцов цилиндров, получили патент [7] и в настоящее время по разработанной технологии получают промышленные образцы, например, кирпичи типа «лего» (рис. 1).



Рисунок 1 – Кирпич типа «лего», полученный на промышленном прессе «Рифей»

Вид получаемого изделия зависит от формы матрицы и пуансона, ранее по данной технологии были получены полублоки для перегородок (рис. 2).

Полученные образцы были исследованы и определены основные физико-механические показатели изделий, которые говорят о том, что изделия, полученные по данной технологии с применением правильно подобранной компонентной смеси, соответствуют материалам, применяемым в жилом строительстве в качестве самонесущих конструкций, перегородки.



Рисунок 2 – Полублоки, полученные на промышленном прессе «Рифей»

Разрабатывая технологию переработки отхода в строительные материалы и изучая его, стало известно еще одно направление переработки фосфогипса в производстве коллективного концентрата оксида редкоземельных металлов с последующим извлечением из него непосредственно редкоземельных металлов. Получаемый коллективный концентрат оксидов РЗМ – это сухой мелкодисперсный сыпучий материал коричневого цвета. Он не является опасным веществом и не радиоактивен. Как показали исследования, в фосфогипс в форме оксидов входят следующие редкоземельные металлы: церий, неодим, лантан, празеодим, самарий, гадолиний, иттрий, европий, диспрозий, тербий.

Привлечение интереса к данной области переработки фосфогипса обусловлено большим спросом на РЗМ в различных областях производства. В настоящее время, мировое потребление редкоземельных металлов составляет более 100 тысяч тонн в год, и по прогнозам экспертов, к 2020 году эта цифра увеличится в два раза. На сегодняшний день, Россия является импорто-зависимой страной в сегменте редкоземельных металлов. Основными поставщиками в Россию являются Китай, Нидерланды и Казахстан.

Исследования в данной области показали, что основная масса изобретений направлены исключительно на получение РЗМ резными способами.

Для решения задачи получения концентрата редкоземельных металлов из фосфогипса предлагается способ переработки фосфогипса, который предусматривает выщелачивание РЗМ путем фильтрации 1-5 % растворов серной кислоты через слой фосфогипса с получением раствора выщелачивания и нерастворимого остатка [8]. Также известны другие способы: обработка фосфогипса раствором серной кислоты в концентрации 22-30 % по массе, или 26 % раствором серной кислоты при отношении жидкой фазы к твердой 1,8...2,2 в течение 20-25 минут, или отмывка водой по замкнутому циклу с последующей утилизацией путем прохождения промывного раствора через слой карбонатного отхода и другие.

Перед нами встал вопрос, возможно ли извлекать из фосфогипса оксид РЗМ, при этом получая два конечных продукта: коллективный концентрат редкоземельных металлов и строительные материалы. На данный момент времени, в литературе отсутствуют данные по комплексной переработке фосфогипса. Перед разработчиками стоит задача, разработать экономически выгодную, технологию переработки фосфогипса в строительные материалы с попутным получением комплексного оксида редкоземельных металлов, при низких трудо- и энерго- затратах.

Заключение

Анализируя вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

- фосфогипс, хранящийся в отвалах является экологической проблемой, при этом занимает большое количество земли и загрязняется область хранения;
- автоклавная переработка фосфогипса, обжиг, промывка не находят широкого применения из-за высокой стоимости производства и наличия второстепенных отходов в некоторых из способов;

- наиболее рентабельным способом переработки являются безобжиговые технологии прямого получения строительных изделий из фосфогипса;
- одним из перспективных направлений исследования фосфогипса является создание комплексной энергоэффективной технологии переработки фосфогипса с одновременным получением строительных материалов и концентрата редкоземельных металлов.

Благодарности

Коллектив авторов выражает свою благодарность дорожной лаборатории ВГТУ и Центру коллективного пользования имени профессора Ю.М. Борисова ВГТУ за предоставление современного и высококачественного оборудования для исследования получаемых изделий.

Литература

1. Коровяков, В. Ф. Научно-технические предпосылки эффективного использования гипсовых материалов в строительстве / В. Ф. Коровяков, А. Ф. Бурьянов // Жилищное строительство. – 2015. – № 12. – С. 38-40.
2. Недосеко, И.В. Гипсовые и гипшошлаковые композиции на основе природного сырья и отходов промышленности / И.В. Недосеко [и др.] // Строительные материалы. - 2012. - № 8. - С. 66-68.
3. Гордашевский, П. Ф. Об использовании фосфогипса / П. Ф. Гордашевский // Химическая промышленность. – 1966. – № 10. – С. 12-13.
4. Степанова, М.П. К разработке технологии портландитовых систем твердения для получения бесклнкерных строительных композитов / М.П. Степанова, Н.Д. Потамошнева, О.Б. Кукина // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 5(38), Часть 2. - С.166 – 170.
5. Чернышов, Е.М. Портландитовые и портландито-карбонатные бесцементные системы твердения (ч. 1) / Е.М. Чернышов, Н. Д. Потамошнева, О.Б. Кукина // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – М., 2002. – № 4. – С. 12.
6. Чернышов, Е.М. Портландитовые и портландито-карбонатные бесцементные системы твердения (ч. 2) [и др.] / Е.М. Чернышов, Н. Д. Потамошнева, О.Б. Кукина // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – М., 2002. – № 5. – С. 8 – 9.
7. Сырьевая смесь для изготовления строительных изделий по безобжиговой технологии : пат. 2015106177/03 Рос. Федерация : С04В11/26. / С.Н. Золотухин, Е.А. Савенкова, Е.А. Соловьева, Ф. Ибрагим, А.С. Лобосок, А.А. Абраменко, А.А. Драпалюк, Ю.Б. Потапов ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Воронежский ГАСУ ; заявл. 15.02.16 г.
8. Локшин, Э.П. Извлечение редкоземельных элементов из промпродуктов и техногенных отходов переработки Хибинского апатитового концентрата / Э.П. Локшин, В.Т. Калинин, О.А. Тареева // Цветные металлы. – 2012. – № 3. – С. 75-80.

ВЛИЯНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ И ПЫЛЕВИДНЫХ БАЗАЛЬТОВЫХ ОТХОДОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯЧЕЙСТОГО БЕТОНА

Али Рушди Ахмед, В.В. Белов
ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»
rushdiahmad@mail.ru

Аннотация. Целью работы являлось исследование влияния волокнистых и пылевидных базальтовых отходов на характеристики ячеистого бетона. В статье приведены результаты исследований, направленных на улучшение физико-механических характеристик ячеистого бетона неавтоклавно твердения.

Ключевые слова: волокнистые базальтовые отходы, пылевидные базальтовые отходы, ячеистый бетон, неавтоклавно газобетон, микроструктура, усадка.

Influence of fibrous and pulverized basaltic waste to characteristics of the cellular concrete. Ali Rushdie Ahmed, Belov V. V., Tver State Technical University.

Abstract. The aim of the work was to study the influence of fibrous and pulverized basalt waste on the characteristics of cellular concrete. The article presents the results of research aimed at improving the physical and mechanical characteristics for the preparation of non-autoclaved hard cellular concrete.

Keywords: fibrous basaltic waste, pulverized basaltic waste, cellular concrete, non-autoclaved aerated concrete, microstructure, shrinkage.

В настоящее время в связи с увеличением стоимости энергоресурсов возник устойчивый интерес к минеральным строительным материалам с высокими теплоизоляционными свойствами [1, 2]. Ячеисто-бетонные стены имеют наименьший период окупаемости, а нормируемые приведенные сопротивления теплопередаче для них могут быть установлены на 22–30 % регламентированных СНиП 11-3–79 для соответствующих регионов. Панели из ячеистого бетона долговечны, пожаробезопасны, огнестойки и могут применяться в зданиях различного назначения [3]. Плотность и пористость ячеистого бетона являются важнейшими характеристиками, определяющими его многие физико-механические свойства [4]. Для улучшения физико-механических характеристик вводят каменные отходы и дисперсно-армирующие волокна [5]. Для повышения механических свойств ячеистых бетонов применяют модифицирующие добавки. Установлено, что основными структурными факторами, способствующими улучшению механических свойств, являются изменение структуры стенок пор, а также дисперсионное упрочнение цементного камня [6]. Разрабатываются новые технологические приемы использования в производстве неавтоклавных ячеистых бетонов местной сырьевой базы и минеральных промышленных отходов [7]. Прочностные показатели современных бетонов повышают различными способами, в том числе путем дисперсного армирования бетона волокнами [8]. Результаты экспериментальной работы по исследованию влияния дисперсного армирования модифицированным базальтовым микроволокном на истираемость цементных растворов показали, что увеличение содержания дисперсного армирования в композите на 0,5 % от массы вяжущего приводит к снижению величины истираемости раствора [9].

Целью работы являлось исследование влияния волокнистых и пылевидных базальтовых отходов на характеристики ячеистого бетона. В качестве основных компонентов для изготовления ячеистого бетона неавтоклавного твердения использовались портландцемент марки ПЦ ЦЕМ I 42,5 Н, пылевидные и волокнистые базальтовые отходы, алюминиевая пудра марки ПАП-2 и суперпластификатор СП-1. Пылевидные базальтовые отходы применялись в качестве минерального микронаполнителя, который представляет собой порошок с удельной поверхностью 346 м²/кг.

Микроструктура пылевидных и волокнистых базальтовых отходов показана на рисунках 1, 2.

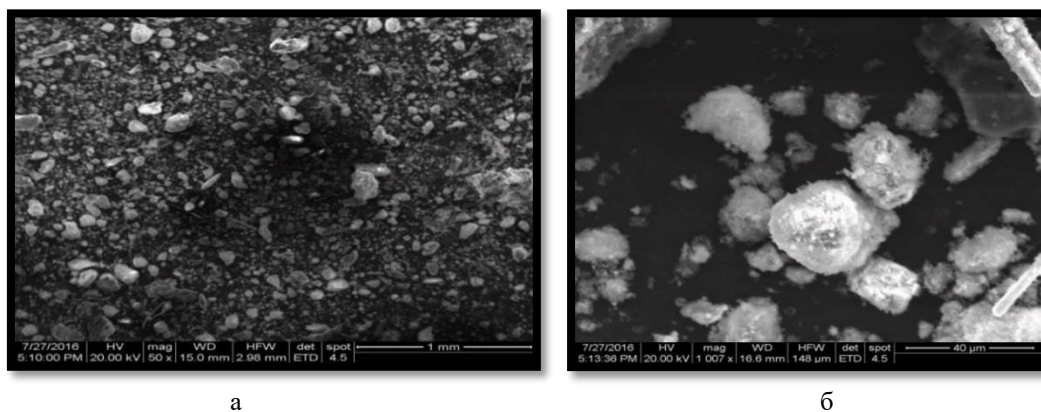


Рисунок 1 – Микроструктура пылевидных базальтовых отходов: а – 50X; б – 1 000X

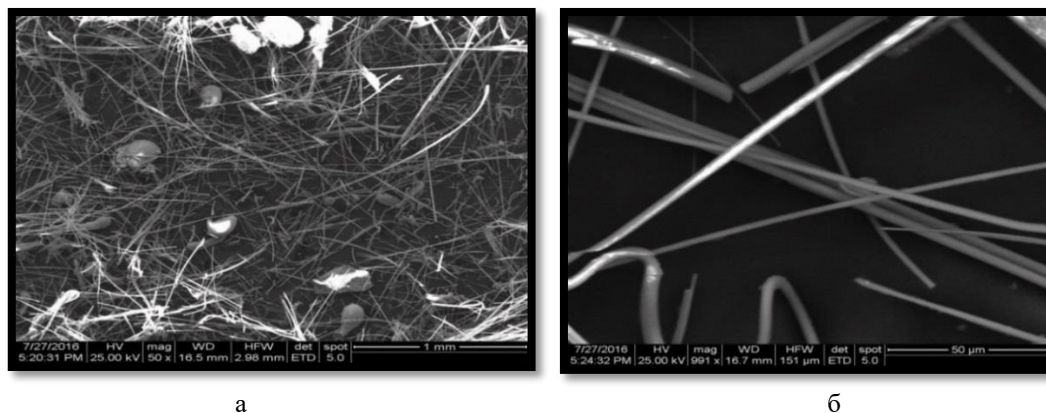


Рисунок 2 – Микроструктура волокнистых базальтовых отходов: а – 50X; б – 1 000X

Перемешивание сухих компонентов осуществлялось в течение 5 мин, после чего сухую готовую смесь всыпали в подогретую до 50°C воду и окончательно перемешивали с помощью пропеллерной

мешалки при 150–180 об./мин в течение 2 мин. Рабочую консистенцию (густоту) бетона определяли с помощью прибора Суттарда в соответствии с требованиями ГОСТ 23789.

Количество воды затворения подбирали из условия расплыва смеси по Суттарду в пределах 28–30 см. Для этого сначала отмеряли минимально необходимое количество воды. Если диаметр расплыва смеси был менее 28 см, то в раствор добавляли воды и повторяли испытание. Приготовленную газобетонную смесь заливали в формы-троячки размерами 10х10х10 см, предварительно разогретые до температуры 40–45°С. Газобетонная смесь в формах вспучивалась в течение 20 мин. Горбушка срезалась металлической струной через 3 ч после заливки смеси в формы. Оптимальный состав 1 м³ газобетона марки D600 без содержания волокнистых базальтовых отходов приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Оптимальный состав 1 м³ газобетона марки D600

Цемент, кг	ПБО, кг	Al пудра, г	СП-1, кг	CaCl ₂ , кг	NaOH, кг	Вода, л
240	240	550	1.92	1.20	2.40	312

Для определения оптимального содержания волокнистых базальтовых отходов выполняли однофакторный эксперимент с варьированием содержания отходов в интервале от 0 до 6 % (таблица 2).

Оценка основных физико-механических свойств цемента выполнялась по ГОСТ 30744-2001 «Методы испытаний с использованием полифракционного песка».

Таблица 2 – Физико-механические характеристики газобетона с использованием волокнистых базальтовых отходов

№	Содержание волокнистых базальтовых отходов, %	Время взрыва, мин	«Верхняя горбушка», мм	Влажность, %	R _{сж} , МПа, в возрасте 7 сут	R _{сж} , МПа, в возрасте 28 сут	Плотность ρ, кг/м ³	Коэффициент прочности
1	0	11	+9	41	1.15	1.35	590	3.87
2	2	12	+6	38	1.20	1.40	590	4.02
3	4	14	+3	40	1.40	1.58	600	4.30
4	6	14	-3	42	1.50	1.75	625	4.60

Исследование прочностных характеристик ячеистого бетона проводилось в соответствии с ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» на образцах размерами 70х70х70, 40х40х160 и 100х100х100 мм.

На рисунке 3 показано, что при увеличении количества волокнистых базальтовых отходов прочность на сжатие и средняя плотность газобетона возрастают.

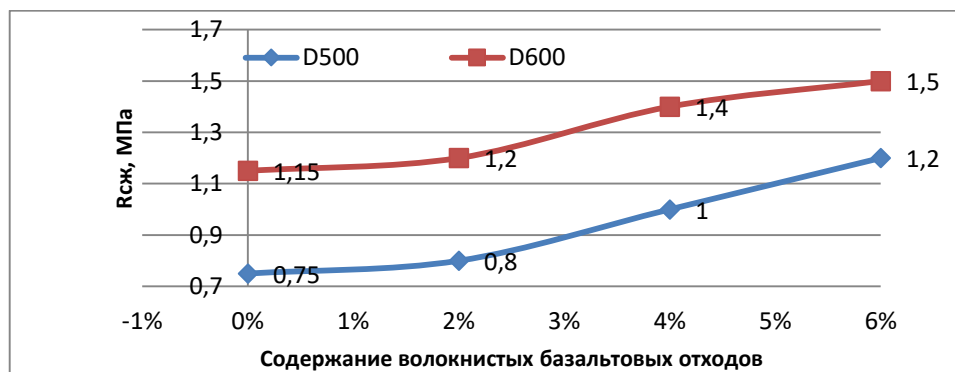


Рисунок 3 – Зависимость прочности на сжатие от количества волокнистых базальтовых отходов

Оптимальным принимаем состав № 3, так как наибольший коэффициент прочности, равный 4.3, достигается при содержании 4 % волокнистых базальтовых отходов от массы цемента. Коэффициент прочности находим по формуле

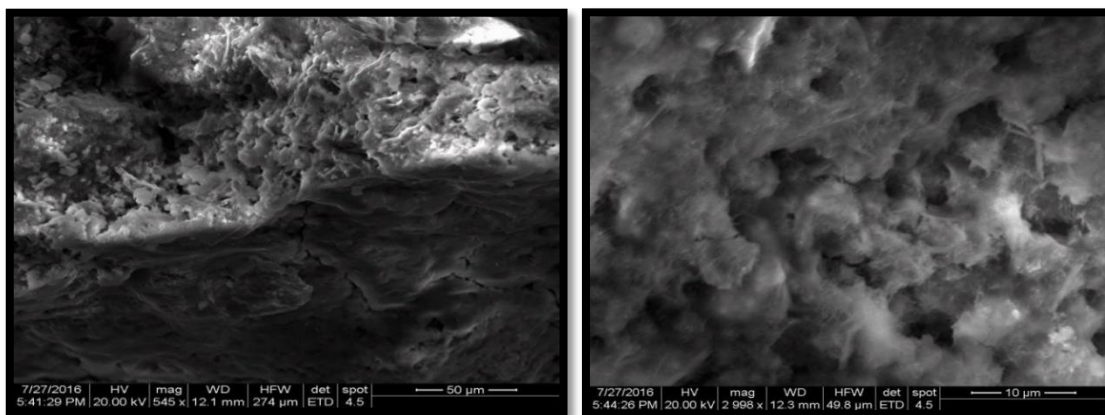
$$K_{\text{ПР}} = \frac{R}{\rho^2},$$

где R – предел прочности на сжатие; ρ – плотность.

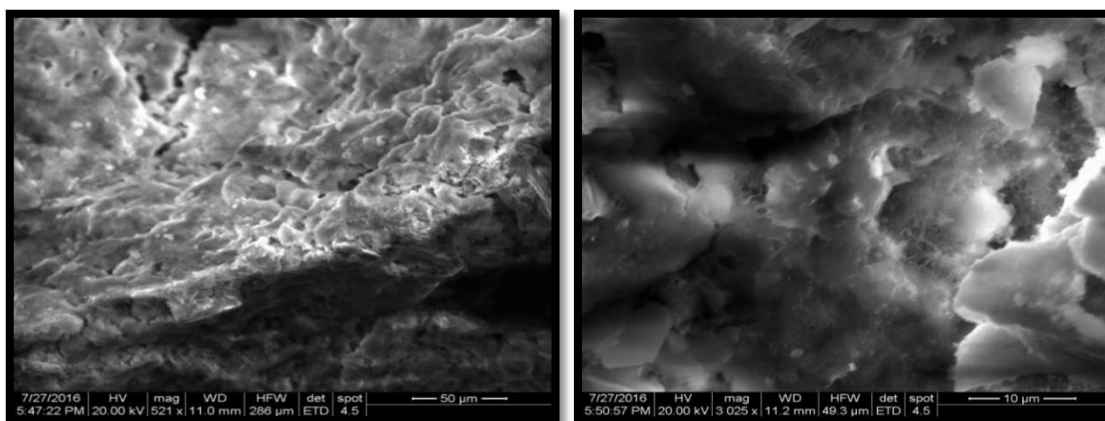
Наибольшая прочность на сжатие $R_{\text{сж}}^{\text{сп}} = 1.5$ МПа достигается при содержании 6 % волокнистых базальтовых отходов, но при этом резко возрастает средняя плотность и происходит осадка газомассы. При содержании свыше 4 % волокнистых базальтовых отходов высота вспучивания уменьшается из-за перенасыщения ими смеси.

На рисунках 4–6 представлены результаты анализа структуры образцов газобетона неавтоклавного твердения в возрасте 28 суток с использованием портландцемента, пылевидных и волокнистых базальтовых отходов.

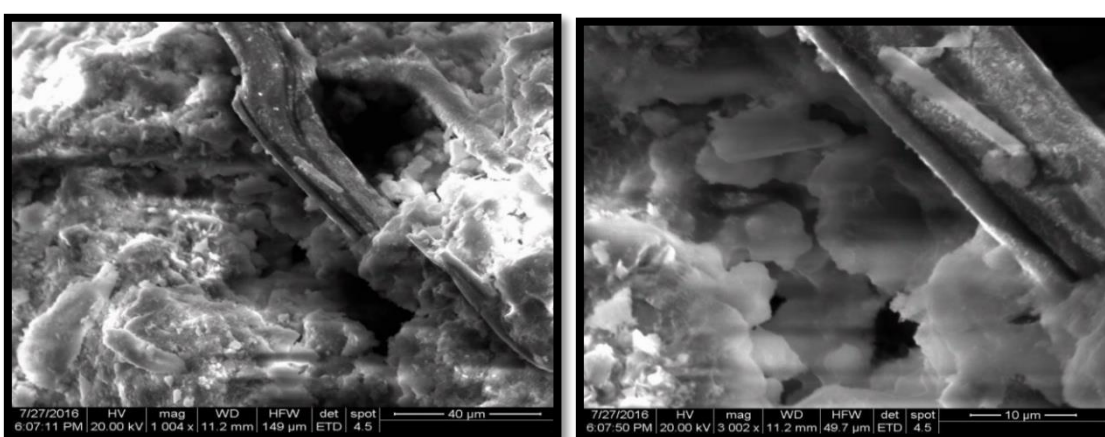
Микроструктурные исследования выполнялись на установке JEOLJSM 6490 (Япония).



а б
Рисунок 4 – Микроструктура первого состава газобетона: а – 500X; б – 3 000X



а б
Рисунок 5 – Микроструктура второго состава газобетона: а – 500X; б – 3 000X



а б
Рисунок 6 – Микроструктура третьего состава газобетона: а – 500X; б – 3 000X

Установлено, что неавтоклавный газобетон третьего состава имеет более плотную структуру и не показывает образования трещин в образцах по сравнению с первым составом.

Волокнистые базальтовые отходы играют роль связующего, с чем связано пониженное трещинообразование неавтоклавного газобетона (рисунок 6). Структура материала более плотная, поэтому прочность существенно выше. Таким образом, применение волокнистых базальтовых отходов

для дисперсного армирования неавтоклавного газобетона способствует повышению прочности и улучшению структуры газобетона.

Теплопроводность полученных образцов неавтоклавного газобетона определялась по ГОСТ 7076-99 с использованием установки для определения теплопроводности ИТП-МГ4, теплового блока с двумя металлическими теплообменниками с размером рабочих поверхностей от 200 до 300 мм, служащими для создания и поддержания заданных температур на противоположных поверхностях образца. При использовании волокнистых базальтовых отходов был получен газобетон марки D600 с теплопроводностью в пределах от 0.118 до 0.130 Вт/(м·°C) (таблица 3).

Определение морозостойкости неавтоклавного газобетона производилось по ГОСТ 10060-2012. Минимальная продолжительность замораживания образцов неавтоклавного газобетона марок по средней плотности D600 и менее составляет 1.5 ч. Установлено, что при применении волокнистых базальтовых отходов наблюдается повышение показателя морозостойкости неавтоклавного газобетона с F25 до F35 для опытных образцов газобетона (таблица 3).

Таблица 3 – Технические характеристики неавтоклавного газобетона

Маркировка образца волокнистых базальтовых отходов/%	Прочность, МПа		Коэффициент размягчения	Морозостойкость	Усадка, мм/м	Теплопроводность λ , Вт/(м·°C)
	Сухого	Насыщенного				
Состав 1 (0%)	1.37	1.10	0.80	F25	2.150	0.118
Состав 2 (2%)	1.63	1.34	0.83	F35	1.661	0.125
Состав 3 (4%)	1.77	1.50	0.85	F35	1.485	0.130

$$K_p = \frac{R_B}{R_C},$$

где R_B – прочность насыщенного водой материала; R_C – прочность сухого материала.

При этом самые высокие показатели коэффициента размягчения и самые низкие величины водопоглощения получены для состава № 3 (4 % волокнистых базальтовых отходов) (таблица 3).

Было установлено, что при введении волокнистых базальтовых отходов в состав газобетона снижается усадка в возрасте 180 суток на 30 % для материала плотностью 600 кг/м³. Деформация усадки газобетона исследовалась в соответствии с требованиями ГОСТ РФ 24544-81 на образцах размерами 40x40x160 мм из неавтоклавного газобетона.

Результаты измерений усадки газобетона представлены в таблице 3. Самое низкое значение усадки было получено для образцов состава № 3 (4 % волокнистых базальтовых отходов от массы цемента) – 1.485 мм/м в возрасте 180 суток, что на 31 % меньше по сравнению с составом без содержания волокнистых базальтовых отходов.

Разработанные на основе портландцемента марки ПЦ ЦЕМ I 42,5 Н, пылевидных и волокнистых базальтовых отходов оптимальные лабораторные составы неавтоклавного газобетона характеризуются повышенными эксплуатационными свойствами и имеют сниженную деформацию усадки.

Литература

1. Леонович С.Н., Свиридов Д.В., Щукин Г.Л. Компенсация усадки пенобетона // Строительные материалы. 2015. № 3. С. 3–6.
2. Свиарев А.В., Глушков А.М., Куприна А.А. Технологический модель ТМ-25 для производства неавтоклавных фибропенобетонных изделий // Строительные материалы. 2014. № 6. С. 4–6.
3. Сажнев, Н.П. Наружные ограждающие конструкции зданий из крупноразмерных ячеистобетонных изделий // Н.П. Сажнев [и др.] // Строительные материалы. 2011. № 3. С. 12–18.
4. Белов В.В., Али Р.А. Влияние волокнистых базальтовых отходов на характеристики неавтоклавного газобетона // Научное обозрение. 2016. № 15. С. 48–54.
5. Jef Bergmans, Peter Nielsen, Ruben Snellings, Kris Broos. Recycling of autoclaved aerated concrete in floor screeds: Sulfate leaching reduction by ettringite formation. Construction and Building Materials. V. 111, 15 May 2016. P. 9–14.
6. Ваганов В.Е. Структура и свойства ячеистого газобетона, модифицированного углеродными наноструктурами // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 59–61.
7. Белов В.В., Курятников Ю.Ю. Использование золы гидроудаления при изготовлении сухой готовой смеси для неавтоклавного газобетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова: научно-теоретический журнал. 2011. № 1. С. 34–38.
8. A. Penna, M. Mandirola, M. Rota. Experimental assessment of the in-plane lateral capacity of autoclaved aerated concrete (AAC) masonry walls with flat-truss bed-joint reinforcement / Construction and Building Materials. V. 82, 1 May 2015. P. 155–166.

9. Лесовик Р.В., Клюев С.В. Фибробетон на композиционных вяжущих и техногенных песках Курской магнитной аномалии для изгибаемых конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 3(29). С. 41–47.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИБРОБЕТОНА НА МЕСТНЫХ ОТХОДАХ БАЗАЛЬТОВОЙ ВАТЫ

Белов В.В., Абрамов Д.Г.
Тверской государственной технической университет

Данная статья посвящена изучению и сравнительному анализу прочностных показателей фибробетона на местных отходах базальтовой ваты и их статистических характеристик. Определена оптимальная объемная концентрация волокнистых базальтовых отходов (ВБО) – 1% в мелкозернистом бетоне при которой достигаются наибольшие значения его пределов прочности на сжатие и на растяжение при изгибе. Рассчитаны статистические характеристики полученных прочностных показателей. В конце статьи приведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: статистические характеристики, отходы базальтовой ваты, базальтовая фибра, фибробетон, предел прочности при сжатии, предел прочности на растяжение при изгибе.

Statistical characteristics of durability strength properties of fiber-reinforced concrete on local basalt wool wastes. Belov V.V., Abramov D.G. Tver State Technical University.

This article is devoted to the study and comparative analysis of strength parameters of fiber-reinforced concrete on local basalt wool wastes and their statistical characteristics. During the research it was determined that the fine-grained achieves the greatest values of compressive strength and bending in tensile strength with the optimal volume concentration of fibrous basalt wool wastes (BWW) 1%. The statistical characteristics of the obtained strength parameters are calculated. At the end of the article, an analysis of the results is given.

Keywords: basalt wool wastes, basalt fiber, fiber-reinforced concrete, compressive strength, tensile in bending strength, statistical characteristics.

Введение

В последнее время требования к бетону сильно возросли в связи с бурными темпами его использования как в отечественной, так и в мировой строительной индустрии. Сложная экономическая обстановка на данный момент дает о себе знать – все компоненты бетона, включая основной его компонент – цемент, постоянно растут в цене. Острая экологическая ситуация также вносит свой вклад – ресурсы Земли истощаются, производство многих строительных материалов сильно вредит окружающей среде. В связи с вышеперечисленными факторами появляется срочная необходимость в разработке решений, которые могут позволить эффективно использовать экологически безопасные, экономически целесообразные и местные, а значит доступные сырьевые материалы для их вторичного использования на благо природы и человечества.

На местном заводе по производству теплоизоляционной продукции «ООО Парок», расположенном в г. Редкино (Тверская область), постоянно образуются отходы базальтовой ваты, которые, как правило, возвращаются в технологический процесс для повторного использования, однако существует возможность использовать их более эффективно – в качестве комплексной добавки в мелкозернистый бетон. Пылевидные базальтовые отходы (ПБО) могут использоваться как тонкодисперсный наполнитель, улучшающий структуру цементного камня, а волокнистые базальтовые отходы (ВБО), при их равномерном распределении в теле бетона выполняют роль фибр, образующих своего рода упрочняющий каркас, существенно повышающий прочностные и жесткостные характеристики мелкозернистого бетона. Следовательно, совместное использование такого вторичного сырья может приносить большой положительный эффект. Отходы базальтовой ваты состоят на 96–98 % из базальта, а оставшиеся 2–4 % их веса – это органическое вяжущее вещество [1].

Эффективность использования отходов базальтовой ваты в легких бетонах уже доказана и отражена в соответствующих научных работах [2, 3]. Сегодня особый интерес представляет влияние этих отходов на прочностные показатели тяжелых бетонов и их статистические характеристики.

Постановка проблемы

Одним из наиболее перспективных материалов на сегодняшний день является фибробетон. В общем случае фибробетоном называют композитный материал, состоящий из цементной матрицы с равномерно распределенными в ней фибрами различного происхождения. Использование такого рода материалов успешно осуществляется во многих развитых странах, таких, как Австралия,

Великобритания, Германия, Италия, США, Франция, Япония и др. [4], что доказывает техническую, экономическую и экологическую эффективность внедрения и использования фибробетонных конструкций на реальных объектах.

На данный момент доступно большое разнообразие материалов для производства армирующих волокон: металлические, минеральные, синтетические [5, 6]. Базальтовую фибру можно выделить среди ряда остальных минеральных волокон, так как она проявляет повышенную стойкость при нахождении в щелочной среде. Некоторые исследователи заявляют, что прочность базальтового волокна в бетонах на портландцементе не снижается на протяжении всего срока эксплуатации [7].

ВБО образуется в процессе производства утеплителя из минеральной ваты, а именно при обработке минераловатных изделий. Они представляет из себя волокна толщиной 50-70 мкм и длиной около 4-6 мм, их насыпная плотность 189,6 кг/м³. В исследовании [3] был изучен химический состав отходов базальтовой ваты, который показывает, что основными оксидами ВБО является SiO₂ в количестве 52,67 %, за счет чего обеспечивается хорошая адгезия бетона к данным отходам.

ПБО образуются в результате дробления базальтовых пород при производстве теплоизоляционной продукции. ПБО представляет из себя порошок с размерами частиц 0,4-75 мкм и удельной поверхностью 346 м²/кг, их истинная плотность составляет 2200 кг/м³, насыпная плотность 700 кг/м³. Химический состав ПБО показывает, что основным оксидом является SiO₂ в количестве 68,33 % по массе, за счет чего протекающие в газобетоне процессы приводят к повышению его прочности [3].

ВБО являются по своей сути дисперсно-армирующими компонентами, а ПБО – минеральной тонкодисперсной добавкой. Их совместное применение в получении газобетона способствует улучшению физико-механических и эксплуатационных характеристик. В работах доказано, что при введении ВБО и ПБО в газобетон повышается его прочность и уменьшается трещинообразование благодаря хорошему сцеплению волокон с цементным камнем [3].

Рассматриваемые отходы уже доказали эффективность своего использования в легких бетонах, однако в ходе литературного обзора не было обнаружено исследований по применению данных отходов в тяжелых бетонах. В связи с данными обстоятельством, в данной статье предполагается, что использование местных отходов базальтовой ваты, а именно ВБО в качестве дисперсно-армирующих компонентов и ПБО в качестве минеральной тонкодисперсной добавки позволит получить высокопрочный мелкозернистый фибробетон на рядовых заполнителях и портландцементе за счет высокой гомогенизации всех компонентов смеси, который возможно будет использовать в различных конструкциях зданий и сооружений.

Опытные образцы изготавливались из следующих материалов: портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н (ГОСТ 31108-2016); намывной песок М_к=2,5 (ГОСТ 8736-2014); серая гранитная крошка фракции 2-5 мм. Используемая вода соответствовала требованиям ГОСТ 23732-2011; гиперпластификатор Melflux 5581 F. ПБО вводились в бетон в количестве 10 % от массы цемента.

Эталонный состав бетона разрабатывался на основе метода абсолютных объемов с учетом коэффициента, отвечающего за оптимальное соотношение песка и гранитной крошки [8]. Оптимальная объемная концентрация ВБО определялась путем проведения планируемого однофакторного эксперимента.

Изготавливались образцы в форме балочек 4 x 4 x 16 см. Последовательность приготовления базальтофибробетонной смеси производилась следующим образом: вода затворения, гиперпластификатор Melflux 5581 F и ВБО перемешивались в течении 3-х минут в отдельной ёмкости, после чего данная суспензия вводилась порциями в сухую однородную смесь во время ее перемешивания вручную для лучшего распределения добавок в смеси. Распływ конуса бетонной смеси определяли в соответствии с ГОСТ 310.4-81 на лабораторном встряхивающем столике. Количество воды подбирали таким образом, чтобы пластичность была на одном уровне и распływ конуса находился в пределах 120 мм.

После выдержки бетонных образцов на протяжении 28 суток в камере нормального твердения при нормальных условиях (температура 20±2°С; влажность 95±5%) они были подвергнуты испытаниям.

Контроль прочности базальтофибробетонных образцов осуществляли путем проведения испытаний на прочность при изгибе и сжатии согласно ГОСТ 10180-2012.

Для того, чтобы определить статистические характеристики полученных значений пределов прочности фибробетона на сжатие и на растяжение при изгибе вычислим далее целый ряд соответствующих характеристик данных, полученных во время испытаний, расписанных ниже.

Для характеристики определенной выборки эксперимента, включающей n наблюдений (в нашем случае n=2 для обработки данных испытаний балочек на растяжение при изгибе и n=4 для данных испытаний половинок балочек на сжатие), используют средние величины – среднее арифметическое и среднее квадратическое отклонение.

Среднее арифметическое единичных значений прочности бетона в j-й партии (фактическая средняя прочность бетона отдельной в j-й партии) определялась по следующей формуле, МПа:

$$R_{mj} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (1)$$

где $\sum_{i=1}^n R_i$ – сумма единичных значений прочности бетона в j-й партии, МПа;

n – число наблюдений в j-й партии.

Среднее квадратическое отклонение (стандарт) прочности бетона в j-й партии S_m , МПа, показывает пределы изменчивости изучаемого параметра, т.е. степень разброса отдельных его значений относительно среднего и определяется по следующей формуле:

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_{mj})^2}{n-1}} \quad (2)$$

где R_j – единичные значения прочности бетона в j-й партии, МПа;

R_{mj} – фактическая средняя прочность бетона в отдельной j-й партии, МПа;

n – число наблюдений в j-й партии.

Однако при числе единичных значений прочности бетона в партии от двух до шести значение среднеквадратического отклонения S_{mj} , МПа, допускается рассчитывать по формуле [9]:

$$S_{mj} = \frac{W_{mj}}{\alpha} \quad (3)$$

где W_{mj} – размах прочности бетона в партии, МПа и определяется по формуле:

$$W_{mj} = R_{\max}^i - R_{\min}^i \quad (4)$$

где R_{\max}^i и R_{\min}^i – максимальное и минимальное значения прочности бетона в j-й партии, МПа;

α – коэффициент, который находится согласно табл. 1 ГОСТ 10180-2012 и равен $\alpha=1,13/2,06$ при n=2 и n=4 соответственно.

Коэффициент вариации прочности бетона V_{mj} , %, в j-й партии БСГ или конструкций, который широко используется в технологии строительных материалов и характеризует уровень технологической дисциплины при выпуске продукции, надежность контролируемых параметров определяют по следующей формуле:

$$V_{mj} = \frac{S_{mj}}{R_{mj}} \cdot 100\% \quad (5)$$

Среднюю ошибку среднего арифметического прочности бетона в j-й партии находят для того, чтобы по среднему арифметическому данной ограниченной выборки судить более точно о средней величине измеряемого свойства (прочности бетона) по следующей формуле [9]:

$$m = \pm \frac{S_{mj}}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

Отношение величины средней ошибки к величине среднего арифметического называется показателем точности и определяется по следующей формуле [9]:

$$\varepsilon = \pm \frac{m}{R_{mj}} \cdot 100\% \quad (7)$$

Определим также класс полученного бетона по прочности на сжатие B_i , МПа по следующей формуле [9]:

$$B_i = R_{mj} \cdot (1 - t \cdot V) \quad (8)$$

где t – показатель надежности $t=1,64$, который характерен для обеспеченности 95% прочностных свойств (правило «двух сигм»);

V – нормативный коэффициент вариации прочности бетона при сжатии $V=0,135$.

Таким образом, гарантированная прочность заданного нормами класса бетона на сжатие равна:

$$B_i = R_{mj} \cdot (1 - 1,64 \cdot 0,135) = 0,78R_{mj} \quad (9)$$

По аналогии находим классы бетона на растяжение при изгибе.

Исследуемые параметры фибробетонов и их статистические характеристики в зависимости от объемной концентрации ВБО по результатам проведенных испытаний представлены в табл. 1-2.

Таблица 1 – Статистические характеристики пределов прочности на сжатие фибробетона на местных отходах базальтовой ваты

Объемная концентрация ВБО, %	R_{mj} , МПа	W_j , МПа	S_{mj} , МПа	V_{mj} , %	m, %	ε , %	B
------------------------------	----------------	-------------	----------------	--------------	------	-------------------	---

0	45,9	18,4	8,93	19,5	±9,7	±4,5	B35
0,5	52,0	6,4	3,11	5,98	±5,9	±1,6	B40
1,0	52,5	14,0	6,80	12,95	±6,5	±3,4	B40
1,5	50,2	4,8	2,33	4,64	±2,3	±1,2	B35
2,0	44,7	4,6	2,23	4,99	±2,5	±1,1	B30

Таблица 2 – Статистические характеристики пределов прочности на растяжение при изгибе фибробетона на местных отходах базальтовой ваты

Объемная концентрация ВБО, %	R_{mj} , МПа	W_j , МПа	S_{mj} , МПа	V_{mj} , %	m , %	ε , %	B_{tb}
0	11,8	1,2	1,06	9,0	±1,0	±8,47	B_{tb} 8,0
0,5	12,3	2,0	1,77	14,4	±1,7	±13,4	B_{tb} 8,0
1,0	12,7	0,7	0,62	4,9	±0,6	±4,57	B_{tb} 8,0
1,5	8,2	2,4	2,12	25,9	±2,0	±24,39	B_{tb} 4,0
2,0	8,0	0	0	0	±0,0	±0,0	B_{tb} 7,2

По данным экспериментальных исследований можно наблюдать определенную закономерность прироста прочности в образцах с добавлением отходов базальтовой ваты. Образцы состава с добавлением ВБО в оптимальном количестве (1% от объема бетона) и с определенном методом их введения в бетонную смесь показывают прирост предела прочности на сжатие на 6,6 МПа. Прирост предела прочности на растяжение при изгибе составляет 0,9 МПа по сравнению с эталонным составом без добавления ВБО.

Как видно из приведённых выше таблиц, одна из важнейших статистических характеристик, характеризующая однородность бетонной смеси, а именно коэффициент вариации прочности фибробетона лежит в допустимых пределах в большинстве случаев. Имеются отдельные отклонения, превышающие нормативное значение коэффициента вариации, равного 13,5% (19,5% при объемной концентрации ВБО 0% для пределов прочности фибробетона на сжатие, а также 14,4 и 25,9% при объемной концентрации ВБО 0,5 и 1,5% соответственно для пределов прочности фибробетона на растяжение при изгибе).

Заключение

В заключении следует отметить, что использование разработанного в данной работе фибробетона имеет целый ряд неоспоримых достоинств: его применение, в первую очередь, может помочь значительно уменьшить их поперечные сечения и снизить процент стержневого армирования, сократить объем выбросов производств, содействовать сохранению окружающей среды и экономии как энергоресурсов, так и природных ресурсов, а также вести к снижению стоимости конструкций.

Литература

1. ООО «Парок» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.paroc.ru/knowhow>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения: 15.08.2018).
2. Сошкина Г.Н. Легкие бетоны неавтоклавного твердения на основе зол и отходов производства минеральной ваты: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05. Новосибирск, 2002.
3. Белов, В. В. Дисперсно-армированный газобетон с использованием базальтовых отходов / В. В. Белов, Р. А. Али // Цемент и его применение. 2016. № 3. С. 102–105.
4. Баженов Ю.М. Новому веку — новые эффективные материалы и технологии // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI в. 2001. №1. С. 12–13.
5. Abbas U. Materials Development of Steel-and Basalt Fiber-Reinforced Concretes // Norwegian University of Science and Technology, 2013, 162 p.
6. Рабинович Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции [Текст]. 3-е изд. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2011. 642 с.
7. Волков И.В. Проблемы применения фибробетона в отечественном строительстве // Строительные материалы. 2005. № 6. С. 27–29.
8. Баженов Ю.М. Технология бетона. Москва: АСВ, 2011. 501 с.
9. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительное материаловедение. – М.: Инфа – инженерия, 2013. – 832 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ОТ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИЕМОМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Золотухин С.Н., Кукина О.Б., Волков В.В.
ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет
+7 (910) 345-28-88, u00136@vgasu.vrn.ru

Статья посвящена разработке методики раннего прогнозирования свойств строительных композитов с использованием системного аналитического подхода, опираясь на математические методы планирования эксперимента. Структурообразование строительных композитов на основе минеральных компонентов дисперсных материалов описывалось эмпирически. Для исследования взаимодействия различных факторов, влияющих на процесс формирования композиционных строительных материалов по безобжиговой технологии был выбран дисперсный материал фосфогипс – отход химического производства. В результате статистической обработки экспериментальных данных прочности от давления прессования и времени перемешивания получено уравнение регрессии влияния заданных факторов. В диапазоне от 0 до 10 МПа наблюдается малый градиент прироста прочности, что связано с переупаковкой минеральных частиц. Дальнейший рост давления прессования выше 22 МПа не дает увеличения прочности, что связано с характерным составом известково-песчаного фосфогипсового материала. В результате аналитических исследований разработана методика исследования, и на ее основе получена аналитическая зависимость прочности композиционного материала от технологических параметров.

Ключевые слова: методика раннего прогнозирования, минеральные компоненты, дисперсные системы, структурообразование, математические методы планирования эксперимента.

Developing methodology for analytical study of materials' properties and their interdependence based on the special design approaches to construction technology. Zolotukhin S.N., Kukina O.B., Volkov V.V., Voronezh State Technical University

Our paper studies the development of the special methodology for the early forecasting of the building composites properties based on systemic analytical approach. It relies on mathematical approach to experiment planning. The structural formation of building composites based on mineral components of dispersed materials in the paper is reviewed empirically. Phosphogypsum - the waste of chemical production - was chosen as the dispersed material to study the interaction of various factors affecting the formation of composite building materials used for non-firing technology. As a result of statistical experimental processing of the data pertaining to the interdependence of the pressing strength and pressure, as well as the mixing time, we obtained an equation for the regression of the influence of the factors specified. Small gradient of strength gain is observed in the range from 0 to 10 MPa, which appears due to the repackaging of mineral particles. Further growth of the pressing pressure above 22 MPa does not provide for the increase in strength and is related to the specific composition of the calc-sandy phosphogypsum material. As a result of the analytical study we developed the research methodology and proved the analytical dependence of the strength of the composite material and its processing parameters.

Key words: early forecasting technique, mineral components, disperse systems, structure formation, mathematical methods of experiment planning.

Введение

Современные работы по развитию теории структурообразования в системах твердения сопровождаются системным аналитическим исследованием с использованием математических методов планирования эксперимента, основанных на теории вероятности и математической статистики. Для оценки степени активности минеральных компонентов дисперсных материалов коллектив авторов данной статьи разрабатывает методику раннего прогнозирования свойств строительных композитов, используя современное оборудование и компьютерные программные продукты. Данная методика позволит разработать энергоресурсоэффективную безопасную для окружающей среды технологию переработки дисперсных материалов в строительные композиты. Использование данного регрессионного уравнения позволит оптимизировать технологический процесс и регулировать заданные свойства данного материала.

Постановка проблемы

Для исследования взаимодействия различных факторов, влияющих на процесс формирования композиционных строительных материалов по безобжиговой технологии был выбран дисперсный материал фосфогипс – отход химического производства, который играл основную структурообразующую роль в формировании системы твердения. В ходе постановки эксперимента были

применены математические методы планирования [1 – 3]. Математическое описание процессов структурообразования композита получено эмпирически. При этом математические модели взаимосвязи свойств материала с параметрами имеет вид уравнений регрессий, найденных статистическими методами на основе экспериментов.

В качестве основных факторов, влияющих на прочность композитов, были приняты:

X_1 – время перемешивания сырьевой смеси, %;

X_2 – прессовое давление, МПа.

Выбор данных факторов обусловлен тем, что согласно теоретическим основам проведения эксперимента формирование структуры прессованных на основе фосфогипса КСМ происходит по растворному и контактно-конденсационному механизмам [4]. В последнем случае предполагается образование совместных плоскостей кристаллизации фосфогипса, извести и супеси при определенных соотношениях их массовых долей, времени перемешивания сырьевой смеси и приложения некоторого прессового давления.

Все эти факторы совместимы и не коррелируемы между собой. Пределы изменения исследуемых факторов приведены в таблице 1.

Выбор интервалов изменения факторов обусловлен технологическими условиями растворного и контактно-конденсационного твердения, техническими возможностями осуществления процесса прессования. Критериями оценки влияния различных факторов на процесс структурообразования были приняты Y - предел прочности при сжатии КСМ с участием фосфогипса после 28 суток твердения.

Таблица 1 - Пределы изменения входных факторов

Условия планирования	Пределы изменения факторов	
	X_1 , минуты	X_2 , МПа
Основной уровень	75	15
Интервал варьирования	20	2,5
Верхний уровень	115	25
Нижний уровень	35	2,5

Программа исследований была заложена в матрицу планирования эксперимента.

Результаты исследований

В результате статистической обработки экспериментальных данных прочности от давления прессования (МПа) и времени перемешивания (мин) получено уравнение регрессии влияния заданных факторов.

Данный план позволяет описать искомые зависимости в виде полинома третьей степени:

На начальном этапе были проанализированы градиенты изменения параметров, участвующих в планировании эксперимента, а также полученных результатов.

Для уменьшения количества корректируемых точек был использован план крутого восхождения. Коэффициенты модели рассчитывались на основе матричного соотношения входных параметров (табл. 2)

$$B = 2\lambda_4((k+2)\lambda_4 - k\lambda_2^2)^{-1} \quad (1)$$

где $\lambda_2 = \sum_{u=1}^N X_{iu}^2$, $\lambda_4 = \frac{1}{3N} \sum_{u=1}^N X_{iu}^4$ - связи ковариационной функции.

Расчет функциональной зависимости прочности показал влияние на результат эксперимента двух величин: температуры как полином второй степени, давления полином третьей степени. Так как коррелированными оказались слабо зависимые параметры, то для нахождения оптимального решения были проанализированы функциональные зависимости дисперсии вдоль пути восхождения,

$$\beta_{iu} = B/N \left(((k+2)\lambda_4 - k\lambda_2^2) \sum_{u=1}^N X_{iu}^2 \bar{y}_u + (\lambda_2^2 - \lambda_4) \sum_{u=1}^k \sum_{u=1}^N X_{iu}^2 \bar{y}_u - 2\lambda_2\lambda_4 \sum_{u=1}^N \bar{y}_u \right). \quad (2)$$

Для коррекции точек применен метода центрирования измерений и так как план ненасыщен, то можно использовать стандартную методику проверку адекватности модели, по несмещенной оценке, дисперсии ошибок наблюдения $\sigma_R^2 = S_R / [N - (k+1)(k+2) / 2]$.

В результате получено уравнение третьего порядка с взаимными парами параметров температуры $T=X_1$ и давления $P=X_2$

$$Y = K_{12} + TK_{11} + T^2K_{10} + PTK_9 + PTK_8 + PT^2K_7 + P^2K_6 + P^2TK_5 + P^2T^2K_4 + P^3K_3 + P^3TK_2 + P^3T^2K_1, \text{ МПа} \quad (3)$$

Таблица 2 - Коэффициенты уравнения (3)

$K1 \times 10^{-7}$	$K2 \times 10^{-5}$	$K3 \times 10^{-3}$	$K4 \times 10^{-5}$	$K5 \times 10^{-3}$	$K6 \times 10^{-2}$
4,22906	-6,766495953	-1,99014586676	-1,5215618e-05	2,43449886309	7,160290767428
$K7 \times 10^{-5}$	$K8 \times 10^{-2}$	$K9 \times 10^{-1}$	$K10 \times 10^{-4}$	$K11 \times 10^{-2}$	K12
6,9347586	-1,109561368293	-3,2634157861956	-3,7457774200	5,993243830371	1,76271877207132

В результате экспериментальных исследований были получены зависимости, на основе которых построено регрессионное уравнение. Полином этого уравнения описывает физическое взаимодействие между частицами при формировании известково-песчаного фосфогипсового материала. Энергия связи представляется квадратичной функцией зависимости от времени перемешивания смеси, а всестороннее обжатие молекул при прессовании приближено к кубическому полиному, что соответствует зоне максимального набора прочности при прессовом давлении 21,7 МПа и времени перемешивания смеси 82 мин. В диапазоне от 0 до 10 МПа наблюдается малый градиент прироста прочности, что связано с переупаковкой минеральных частиц. Дальнейший рост давления прессования выше 22 МПа не дает увеличения прочности, что связано с характерным составом известково-песчаного фосфогипсового материала. Использование данного регрессионного уравнения позволит оптимизировать технологический процесс и регулировать заданные свойства данного материала.

На рисунке 1 представлена аппроксимационная зависимость прочности при сжатии композита от давления прессования (МПа) и времени перемешивания (мин). На рисунке 2 изображена модельная зависимость прочности от давления прессования (МПа) и времени перемешивания (мин).

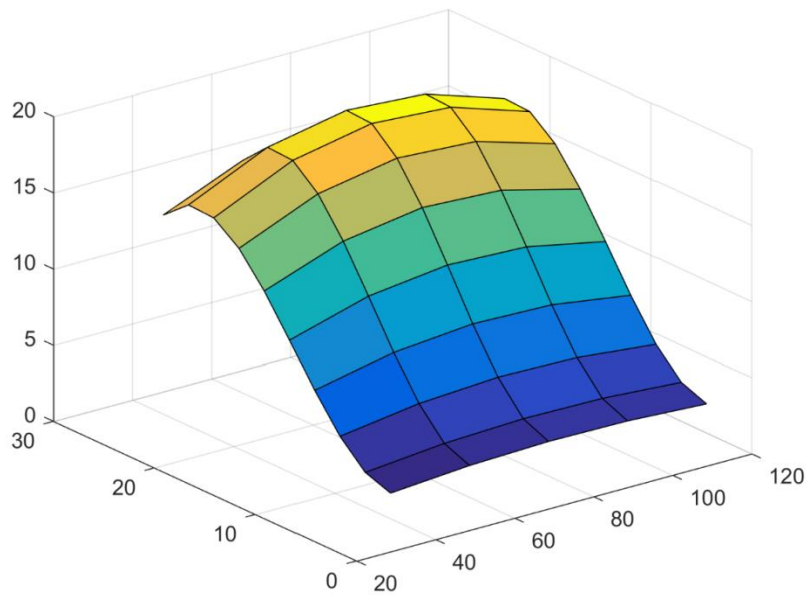


Рис. 1. Аппроксимационная зависимость прочности от давления прессования (МПа) и времени перемешивания (мин)

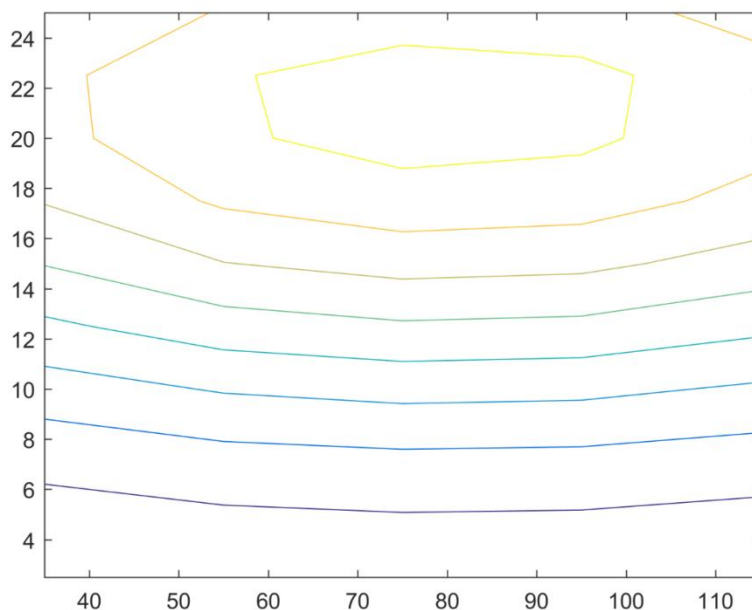


Рис. 2. Модельная зависимость прочности от давления прессования (МПа) и времени перемешивания (мин)

Максимальной прочности исследуемого материала соответствует точка оптимального решения уравнения с величинами давления 21,75 МПа и временем предварительного перемешивания 82 мин.

Заключение

Дана методика исследования, и на ее основе получена аналитическая зависимость прочности композиционного материала от технологических параметров (давления прессования и времени перемешивания), по которой энергия связи представляется квадратичной функцией зависимости от времени перемешивания смеси, а всестороннее обжатие молекул при прессовании приближено к кубическому полиному, что показывает область максимального набора прочности при прессовом давлении 21,7 МПа и времени перемешивания смеси 82 мин. В диапазоне от 0 до 10 МПа наблюдается малый градиент прироста прочности, что связано с переупаковкой минеральных частиц. Дальнейший рост давления прессования выше 22 МПа не дает увеличения прочности, что связано с характерным составом композиционного материала. Использование данной методики исследования позволит оптимизировать технологический процесс и регулировать заданные свойства композиционного материала.

Литература

1. Ахмедов М. А., Атакузиев Т. А. Фосфогипс. Исследование и применение. Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1980. – 172 с.
2. Грачев Ю.В. Математические методы планирования эксперимента в пищевой промышленности. – М.: Пищ. Пром-ть, 1979. – 199с.
3. Рузинов Л.П. Статистические методы оптимизации химико-технологических процессов. – М.: «Химия», 1972. – 200 с.
4. Сырьевая смесь для изготовления строительных изделий по безобжиговой технологии / С.Н. Золотухин, Е.А. Савенкова, Е.А. Соловьева, Ф. Ибрагим, А.С. Лобосок, А.А. Абраменко, А.А. Драпалюк, Ю.Б. Потапов: пат. С04В11/26 Рос. Федерация; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Воронежский ГАСУ. – № 2015106177/03; заявл. 15.02.16 г.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абраменко А.А.	618	Газитов С.Р.	267, 270
Абраменко Д.А.	156	Гамидулаева Л.А.	169
Абрамов Д.Г.	626	Гарина А.К.	122
Абрамов О.В.	273	Гвоздарев Р.С.	559, 613
Абрамова Т.В.	386	Гежа Д.С.	571
Авакян А.А.	431	Гиёсов Б.	522
Али Рушди Ахмед	621	Годин А.С.	576
Аль Кадими Али Нури Мохаммед	289	Горшков П.С.	46
Андреев И.В.	553	Горячев Н.В.	450, 452
Анишин М.Н.	267, 270	Грачев Н.Н.	281
Аралбаев Т.З.	386	Григорьев А.В.	482, 487
Архипов А.А.	559	Гришко А.К.	452
Афанасьева М.А.	522	Гродзенский С.Я.	427, 460, 515
Ашарина И.В.	218, 226	Гродзенский Я.С.	427
Бакалов В.П.	563	Гродзенский Я.С.	410
Баловнева А.Н.	13	Громыко Г.А.	294
Баннов В.Я.	482	Гужов В.И.	381
Баринов А.Е.	297	Гузаиров М.Б.	531
Баронов О.Р.	326	Гургов Б.Ш.	201, 205, 211
Белевцев А.М.	567	Давыдов А.М.	381
Белов В.В.	621, 626	Данилова Е.А.	487, 492
Белогуров А.А.	16	Дворецкий В.В.	567
Бельй А.В.	316	Джунисбеков М.Ш.	230
Беляев А.В.	20	Диго Г.Б.	285
Бершадский А.М.	169	Диго Н.Б.	285
Беспалов А.А.	559	Добровольская Т.А.	436
Бирюков Н.А.	359	Домрачева А.Б.	16, 20
Богданова М. В.	95	Дрейзин В. Э.	289
Богодистова Е.С.	24	Дудин Д.В.	465
Бойков И. В.	277	Дягилев В.И.	540
Болдырева Н.Н.	29	Евдокимова Н.Е.	132
Бродский Ю.И.	33	Еманаков И.В.	469
Бростилов С.А.	452, 492	Емельянов А.С.	492
Буймарова Т.К.	618	Емельянов В.В.	436
Бурдыко Т.Г.	38	Емельянов В.М.	436
Бурмистров А.С.	42	Ермолов Д.В.	270
Бушмелева К.И.	38, 156	Жунисова У. М.	414
Вавилов В. Е.	536	Журавлев В.Ф.	440
Варгасов А.В.	553	Задорожный П.А.	52
Васин С.М.	169	Закиева Е.Ш.	252
Вершинин И.С.	354	Запороцкова И.В.	403
Ветошкин В.М.	46	Зарецкий А.П.	294
Ветрова В.В.	201, 205, 211	Захаров А.А.	297
Волков В.В.	630	Зиятбекова Г.З.	62
		Зо Мин Кхаинг	302

Золотухин С.Н.	630	Луценко М.А.	100
Иванов И. А.	473	Лысенко А.В.	455
Иванов И.А.	476, 504	Лычагин К.А.	165, 169
Измайлов А.А.	582	Львов Н.Ю.	214
Икромов Ф.	522	Львович Я.И.	594
Исмагилов Ф.Р.	536	Львовский Т.А.	214
Казаков П.А.	501	Лялюк И.Н.	46
Калачева Е.А.	307	Ляпин А.М.	165
Карлин Н.И.	504	Мазаков Т.Ж.	62
Катасонова Г.Р.	57, 65, 153	Мальцев В.Н.	29
Киров А.В.	507	Манжосов А.В.	386
Киселева Т.В.	69	Мартынов В.В.	247, 252
Князев В.Д.	603	Марченко И.О.	381
Князева М. С.	72	Маслова Е.В.	69
Князева С.Ю.	603	Минзов А.С.	326
Ковалев В.В.	424	Митягин К.С.	294, 594
Ковин Д.Д.	156	Мичкасов В.Е.	104
Козлов В.В.	201, 205, 211	Моисеев С.А.	455
Коковин В.А.	511, 540	Морозов А.О.	77
Колесникова С.И.	13	Муртаев М.А.	322
Конов К. И.	545	Мухаметов Р.Р.	550
Константинов В.М.	359	Мухаметшин В.Н.	331, 334
Копнёнкова М.В.	431	Найханов Н.В.	338
Копылов А.Ф.	586	Налимов С.А.	256
Копылова Н.А.	586	Наумова Е.Н.	476
Королев П.С.	550	Наумова И.Ю.	482
Костюкова А.П.	311	Нгуен М.Т.	611
Костюкова Т.П.	311	Невский А.Ю.	326
Кофанов Ю.Н.	316, 319	Недосекин П.Г.	343
Кочегаров И.И.	450, 455, 492	Некрасов Г.А.	260
Кравец А.Г.	42, 52, 77	Нефедов В.И.	201
Кривулин Н. П.	277	Никитин Н.С.	199
Кузина Е.А.	455, 492, 522	Никитина Т.В.	611
Кузнецов Ю.М.	590	Нилов М.Ю.	460
Кукина О.Б.	630	Ноткин Б.С.	347
Кулагин В.П.	590	Нургалиева Р.А.	531
Кулешов А.П.	294	Оболяева Н.М.	590
Куликов А.К.	613	Овчинникова О.Е.	369
Курбанмагомедов К.Д.	322	Орлова Ю.А.	359
Ларина Т.Б.	81	Орманбекова А.А.	230, 414
Лисова А.А.	85	Осипов А.Л.	351
Лисова Е.А.	90	Островский Д.С.	359
Лобанов А.В.	218, 226	Палагута К.А.	214
Ловцов Д. А.	95	Патрикеев А. П.	398
Лоскутов И.А.	445	Пацева Ю.В.	127
Луценко И.В.	100	Переляев С.Е.	440

Плоскирев А. Е.	473	Сотников А.Н.	174
Плоскирев А.Е.	519	Сотникова С.Ю.	316, 319
Подвойская Т. В.	420	Субботин Е.А.	563
Подвойская Т.В.	406	Субботин С.А.	316
Подсякин А.С.	455	Тарасов Д.А.	187
Поздняков Г.А.	381	Тарасов С.Е.	270
Попова О.А.	109	Тельнов Г.Г.	24
Потемкин А.В.	46	Тимонин А.Н.	199
Приходько В.В.	187	Торгашов А.Ю.	347
Проскуряков А.Ю.	236	Трусов В.А.	487
Проферансов Д.Ю.	377	Трушина В.П.	351
Прохоров И.Б.	294	Тургынбеков Е.С.	230
Прошин А.А.	450, 452	Туснов Ю.И.	611
Прошина Д.И.	450	Увайсов С.У.	156, 422, 424, 465, 511, 540
Пшеничкин А.С.	553	Увайсова А.С.	422
Пыстогов С.В.	113	Увайсова С.С.,	424
Раджабкადиев Р.М.	199	Устюжанцева А.Н.	191
Разумников С.В.	118	Уткин Б.В.	267, 270
Райхлин В.А.	354	Фам Ван Ты	515
Рогозин К.И.	122, 127	Федосеев С.В.	160
Рогозина И.В.	122, 127	Филатов С.Е.	598
Розалиев В.Л.	359	Филиппов Д.С.	377
Романенко И.А.	132	Финогеев А.Г.	165
Романенкова Д.Ф.	137, 142	Финогеев А.А.	165
Романчева Н.И.	145	Финогеев А.Г.	169
Рудиков А.А.	431	Фомин М.В.	482, 487
Рыжов Д.А.	613	Хайдуков Д.С.	381
Рытов М.Ю.	100	Хайнрих К.	247
Савин Н.П.	369	Халютин О.С.	240
Садыков М.Ф.	364	Хаптахеева Н.Б.	338
Саломатов Ю.П.	586	Харитонов С.А.	369
Самотылова С.А.	347	Харьков В. П.	390
Самохвалов Р.А.	211	Хузиахметова Г.С.	247
Сапсалиев А.В.	369	Чередниченко И.Н.	174
Саргсян Г.А.	316	Черноверская В.В.	422
Саушев А.В.	373	Чернодаров А. В.	398
Сафонов С.Н.	281	Чесалин А.Н.	460
Сафонова И.Е.	377	Чечин К.В.	519
Серебряков А.Г.	611	Чувашлев К.А.	482, 487
Серебрякова Е.Е.	381	Шамец С. П.	72
Смагина И.А.	29	Шамров М.И.	196
Соколова М.В.	29	Шебалина Е.А.	122
Соловьева Е.А.	618	Шергин С.Н.	264
Соловьева Т.Н.	150	Шерстюк Н.Э.	465
Сосенушкин Е.Н.	559	Шмид А.В.	169
Сотников А.Д.	153		

«Инновационные, информационные и коммуникационные технологии»
Сборник трудов XV международной научно-практической конференции, 2018

Элбакян Л. С.	403
Энбом А. И.	420
Энбом А.И.	406
Юрин А.И.	256
Юрков Н.К.	450, 452
Ясулова Х.С.	179
Яценко Е.А.	183

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЩЕСТВЕ

Баловнева А.Н., Колесникова С.И. МОДЕЛЬ РЕАЛИЗАЦИИ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО СЛЕДА ...	13
Белогуров А.А., Домрачева А.Б. РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО МЕДИЦИНСКОГО МЕССЕНДЖЕРА	16
Беляев А.В., Домрачева А.Б. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ WEB-РЕДАКТОРА 3D-МОДЕЛЕЙ.....	20
Богодистова Е.С., Тельнов Г.Г. ЭКСПЕРИМЕНТЫ С КОНТРОЛЛЕРОМ И НАКОПИТЕЛЕМ НА ЖЕСТКОМ МАГНИТНОМ ДИСКЕ В ИНТЕРАКТИВНОМ РЕЖИМЕ	24
Болдырева Н.Н., Мальцев В.Н., Смагина И.А., Соколова М.В. ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ОБРАЗОВАНИИ: ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ	29
Бродский Ю.И. О МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПАРАДИГМЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....	33
Бурдыко Т.Г., Бушмелева К.И. МЕТРИКИ КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	38
Бурмистров А.С., Кравец А.Г. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОИСКА И ИСТОЧНИКОВ ПАТЕНТНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ DEEP LEARNING.....	42
Ветошкин В.М., Горшков П.С., Лялюк И.Н., Потемкин А.В. ПРОЦЕДУРЫ КЛАССИФИКАЦИИ И КОНТРОЛЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ДАННЫХ ОБ ЭКСПЕРТАХ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	46
Задорожный П.А., Кравец А.Г. РАЗРАБОТКА ФОРМАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЕНДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ	52
Катасонова Г.Р. ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПРЕПОДАВАНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» В ВУЗЕ.....	57
Зиятбекова Г.З., Мазаков Т.Ж. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ВОДЫ В ВОДОЕМАХ	62
Катасонова Г.Р. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ БАКАЛАВРОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «ДИЗАЙН»	65
Киселева Т.В., Маслова Е.В. АНАЛИЗ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ РИСКОВ КАК ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТА В ДАННОЙ ОБЛАСТИ.....	69
Князева М. С., Шамец С. П. ОЦЕНКА КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ	72

Морозов А.О., Кравец А.Г. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДИКИ ПРОАКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СУБЪЕКТОВ ТУРИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА ...	77
Ларина Т.Б. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ	81
Лисова А.А. ПОНЯТИЕ И СУЩНОСТЬ ЛИЗИНГОВЫХ ОПЕРАЦИЙ	85
Лисова Е.А. АНАЛИЗ РИСКОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СМК	90
Ловцов Д. А., Богданова М. В. СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ОБОРОТА РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	95
Рытов М.Ю., Луценко И.В., Луценко М.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ	100
Мичкасов В.Е. ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ПРОЦЕДУР ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА НА АВИАЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРАХ	104
Попова О.А. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ЧИСЛЕННОГО ВЕРОЯТНОСТНОГО АНАЛИЗА	109
Пыстогов С.В. АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАСКИРОВАННЫМИ КАРТОГРАФИЧЕСКИМИ БАЗАМИ ДАННЫХ	113
Разумников С.В. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ОБЛАЧНОЙ ИТ-СТРАТЕГИИ.....	118
Рогозин К.И., Рогозина И.В., Гарина А.К., Шебалина Е.А. ПРИМЕРЫ ГАДЖЕТООРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К СОЗДАНИЮ КОНТРОЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	122
Рогозин К.И., Рогозина И.В., Пацева Ю.В. ГАДЖЕТООРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	127
Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА К ДОЛГОСРОЧНЫМ КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ	132
Романенкова Д.Ф. ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В СФЕРЕ ИНКЛЮЗИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	137
Романенкова Д.Ф. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦЕНТРА КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ ОБУЧЕНИЯ В ИНКЛЮЗИВНОМ ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ	142

Романчева Н.И. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА НА БАЗЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	145
Соловьева Т.Н. О РАЗРАБОТКЕ ЗАДАЧНИКОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ.....	150
Сотников А.Д., Катасонова Г.Р. МОДЕЛИ И МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ.....	153
Абраменко Д.А., Ковин Д.Д., Бушмелева К.И., Увайсов С.У. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ ОТЧЕТОВ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМОАКЦИЯМИ.....	156
Федосеев С.В. Российский государственный университет правосудия.....	160
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РЕАЛЬНОГО ОПЦИОНА ПРИ ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ: ПРАВОВОЙ И АНАЛИТИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ.....	160
Финогеев А.Г., Финогеев А.А., Лычагин К.А., Ляпин А.М. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА ДОРОЖНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ОСНОВЕ КОНВЕРГЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ SMART ROAD.....	165
Финогеев А.Г., Лычагин К.А., Гамидулаева Л.А., Васин С.М., Шмид А.В., Бершадский А.М. ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ИССЛЕДОВАНИИ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	169
Сотников А.Н., Чередниченко И.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ОЦИФРОВКИ ТЕКСТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ АВТОАДАПТИВНЫХ ШРИФТОВ.....	174
Ясулова Х.С. МОДЕЛЬ ФОРМАЛЬНОЙ ГРАММАТИКИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	179
Яценко Е.А. ЭРГОНОМИКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА.....	183
Тарасов Д.А., Приходько В.В. РАЗРАБОТКА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ МЕДИКАМЕНТОВ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИНТЕГРАЦИИ С МОБИЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ И ПРОТОКОЛИРОВАНИЕМ КУРСА ПРИЕМА ЛЕКАРСТВ.....	187
Устюжанцева А.Н. МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОПЛИВНО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ХМАО-ЮГРЫ.....	191
Шамров М.И. АВТОМАТНЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ.....	196
Тимонин А.Н., Никитин Н.С., Раджабкадиев Р.М. АПРОБАЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФЕРХЮЛЬСТА-ПИРЛА В СИСТЕМЕ AD LIVITUM/ГОЛОД В ЭКСПЕРИМЕНТЕ IN VIVO.....	199
Ветрова В.В., Козлов В.В., Нефедов В.И., Гургов Б.Ш. НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКТОВАНИЯ, УЧЕТА, ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОКУМЕНТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В РАМКАХ ОТДЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ, С РАЗРАБОТКОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ.....	201

Козлов В.В., Ветрова В.В., Гургов Б.Ш. МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ ПО МОНИТОРИНГУ ГОТОВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ К НАЧАЛУ НОВОГО УЧЕБНОГО ГОДА.....	205
Ветрова В.В., Гургов Б.Ш., Козлов В.В., Самохвалов Р.А. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ИМУЩЕСТВОМ ПОДВЕДОМСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ.....	211
Палагута К.А., Львов Н.Ю., Львовский Т.А. ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ.....	214
ГЛАВА 2. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ, ПОИСКОВЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В НАУКЕ, ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ	
Лобанов А.В., Ашарина И.В. АРХИТЕКТУРНАЯ УНИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СБОЕ- И ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МНОГОКОМПЛЕКСНЫХ БОРТОВЫХ ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЫ	218
Ашарина И.В., Лобанов А.В. ОРГАНИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСА ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ В МНОГОЗАДАЧНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ МНОГОМАШИНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЫ	226
Орманбекова А.А., Джунисбеков М.Ш., Тургынбеков Е.С. АВТОМАТИЗАЦИЯ СИЛОСНОГО ХРАНИЛИЩА МУКИ	230
Проскуряков А.Ю. СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ	236
Халютина О.С. СПЕКТРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА МАССОВЫХ ДЕФЕКТОВ ПОЛУСФЕРИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРНОГО ГИРОСКОПА	240
Хузиахметова Г.С., Мартынов В.В., Хайнрих К. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЦЕН НА НЕФТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	247
Мартынов В.В., Закиева Е.Ш. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ИССЛЕДОВАНИЙ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ	252
Налимов С.А., Юрин А.И. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ПЛЕНОК УГЛЕРОДНЫХ И АЛМАЗОПОДОБНЫХ МАТЕРИАЛОВ	256
Некрасов Г.А. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва.....	260
ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ.....	260
Шергин С.Н. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ НЕКОТОРОЙ КОЭФФИЦИЕНТНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ.....	264
Уткин Б.В., Анишин М.Н., Газитов С.Р.	

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ АНАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ДВИГАТЕЛЕМ	267
Уткин Б.В., Анишин М.Н., Ермолов Д.В., Газитов С.Р., Тарасов С.Е. МНОГОСЕКЦИОННЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ С УЛУЧШЕННОЙ РАЗВЯЗКОЙ	270
Абрамов О.В. ТЕХНОЛОГИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АНАЛОГОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	273
Бойков И. В., Кривулин Н. П. О МЕТОДАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ПРЕДСТАВИМЫХ ПОЛИНОМАМИ ВОЛЬТЕРРА	277
*Грачев Н.Н., Сафонов С.Н. СООТВЕТСТВИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ РЕГЛАМЕНТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ И ПОЛЕЙ.....	281
Диго Г.Б, Диго Н.Б. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГИБРИДНЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ СТОХАСТИЧЕСКИХ МНОГОЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ	285
Дрейзин В. Э., Аль Кадими Али Нури Мохаммед ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОТНОСТИ И СОСТАВА ВЕРХНИХ СЛОЁВ АТМОСФЕРЫ С ПОМОЩЬЮ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	289
Зарецкий А.П., Митягин К.С., Прохоров И.Б., Громько Г.А., Кулешов А.П. ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ ВНУТРИПРЕДСЕРДНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ЭЛЕКТРОГРАММ	294
Захаров А.А., Баринев А.Е. СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ И ОРИЕНТАЦИИ ГОЛОВЫ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЙ.....	297
Зо Мин Кхаинг МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ ФОТОШАБЛОНОВ	302
Калачева Е.А. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ.....	307
Костюкова А.П., Костюкова Т.П. ВЕКТОРНАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ МОДУЛЕЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ.....	311
Кофанов Ю.Н., Саргсян Г.А., Сотникова С. Ю., Субботин С.А., Белый А.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛАЗЕРНЫХ ГИРОСКОПАХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	316
Кофанов Ю.Н., Сотникова С.Ю. ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВАХ	319
Курбанмагомедов К.Д., Муртаев М.А. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДА СО СЛОИСТЫМИ ТРЕЩИНАМИ	322
Минзов А.С., Невский А.Ю., Баронов О.Р. ЦЕЛОСТНОСТЬ ИНФОРМАЦИИ В ДЛИТЕЛЬНЫХ ПЕРИОДАХ ВРЕМЕНИ: ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ	326

Мухаметшин В.Н. СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННАЯ АРХИТЕКТУРА И ВРМ	331
Мухаметшин В.Н. ПРИМЕНЕНИЕ UML ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И СИСТЕМ	334
Найханов Н.В., Хаптахеева Н.Б. ПОДХОДЫ К ВЫЧИСЛЕНИЮ МЕР СЕМАНТИЧЕСКОЙ АССОЦИАЦИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ	338
Недосекин П.Г. МОДЕЛИРОВАНИЕ АБСОЛЮТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕТЕКТОРА МОНОКРИСТАЛЛА АЛМАЗА ТОЛЩИНОЙ ОТ 0,03 ДО 1см И ИСТОЧНИКОМ ГАММА-КВАНТОВ С ЭНЕРГИЕЙ ОТ 0,6 ДО 5000 эВ.....	343
Ноткин Б.С., Самотылова С.А., Торгашов А.Ю. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА БЛИЖАЙШЕГО СОСЕДА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ВЫХОДНОГО ПРОДУКТА МАССООБМЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	347
Осипов А.Л., Трушина В.П. ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ХИМИИ.....	351
Райхлин В.А., Вершинин И.С. ОСНОВЫ АССОЦИАТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ ПРИ АНАЛИЗЕ СЦЕН	354
Розалиев В.Л., Орлова Ю.А., Константинов В.М., Бирюков Н.А., Островский Д.С. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ПОХОДКЕ С ПОМОЩЬЮ MS KINEST.....	359
Садыков М.Ф. АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ, РАЗРАБОТКИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.....	364
Сапсалева А.В., Савин Н.П., Харитонов С.А., Овчинникова О.Е. ПУЛЬСАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОМЕНТА БЕСКОНТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	369
Саушев А.В. К ПРОБЛЕМЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА И КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧЕНИЯХ	373
Сафонова И.Е., Профрансов Д.Ю., Филиппов Д.С. ОБ ОДНОЙ ИЗ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ	377
Марченко И.О., Гужов В.И., Хайдуков Д.С., Серебрякова Е.Е., Давыдов А.М., Поздняков Г.А. БЕСКОНТАКТНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ СТРУКТУРИРОВАННОГО ОСВЕЩЕНИЯ.....	381
Манжосов А.В., Абрамова Т.В., Аралбаев Т.З. ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ПРОТЯЖЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	386
Харьков В. П. ОБОБЩЕННЫЙ МЕТОД ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ.....	390

Чернодаров А. В., Патрикеев А. П. ЛЕТНАЯ ОТРАБОТКА ИНЕРЦИАЛЬНО-СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БИНС-500НС ЗА ПОЛЯРНЫМ КРУГОМ.....	398
Запороцкова И.В., Элбакян Л. С. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРОЙНОГО СОПОЛИМЕРА МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА, БУТИЛМЕТАКРИЛАТА, МЕТАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ, МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ.....	403
Энбом А.И., Подвойская Т.В. ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДИОДНОГО МОСТА.....	406
Гродзенский Я.С. О РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПА TQM: ВЗАИМОВЫГОДНЫЕ ОТНОШЕНИЯ С ПОСТАВЩИКАМИ	410
Орманбекова А.А., Жунисова У.М. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ ГАЗА ПО СЕТИ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ.....	414
Подвойская Т. В., Энбом А. И. МОДЕЛЬ ПРИБОРНОЙ ПАНЕЛИ ТРЕНИРОВОЧНОГО СТЕНДА УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ	420
Увайсова А.С., Увайсов С.У., Черноверская В.В. ИНФОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ.....	422
Ковалев В.В., Увайсова С.С., Увайсов С.У. ПРИМЕНЕНИЕ LED СПЕКТРОЭЛЛИПСОМЕТРИИ В МОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ СРЕД	424
Гродзенский С.Я., Гродзенский Я.С. СТАТИСТИКО-ФИЗИЧЕСКИЙ ПОДХОД КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ.....	427
Авакян А.А., Копнёноква М.В., Рудиков А.А. О НЕКОТОРЫХ МЕТОДАХ АНАЛИЗА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОТКАЗОВ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ	431
Емельянов В.М., Добровольская Т.А., Емельянов В.В. РЕШЕНИЕ МНОГОМЕРНЫХ УРАВНЕНИЙ ПЛОТНОСТЕЙ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПРИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИИ ПО Y ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА	436
Журавлев В.Ф., Переляев С.Е. БЕСПЛАТФОРМЕННАЯ ИНЕРЦИАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА МИНИМАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ МАЯТНИКОВОГО ТИПА	440
Лоскутов И.А. УЧЕТ ОБНУЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ В УРАВНЕНИИ НОРМИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ СБОРКИ КАРКАСА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АЭС	445
Прошина Д.И., Прошин А.А., Горячев Н.В., Юрков Н.К. , Кочегаров И.И. IMP И ARPANET – ПРЕДШЕСТВЕННИКИ СОВРЕМЕННОГО ИНТЕРНЕТ	450
Прошин А.А., Горячев Н.В., Юрков Н.К., Бростилов С.А., Гришко А.К. БЕСПРОВОДНАЯ СЕТЬ WI-FI.....	452
Лысенко А.В., Подсякин А.С., Мойсеев С.А., Кузина Е.А., Кочегаров И.И. ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМОЙ ВИБРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ	455

Чесалин А.Н., Гродзенский С.Я, Нилов М.Ю. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ....	460
Дудин Д.В., Увайсов С.У., Шерстюк Н.Э. РАСЧЕТ ЗАПРЕЩЕННЫХ ФОТОННЫХ ЗОН НА ПРИМЕРЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 2D ФКВ.....	465
Еманаков И.В. АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ	469
Иванов И. А., Плоскирев А. Е. ИЗУЧЕНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ОПТО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ МЕЖДУ ВЫСОТНЫМИ ЗДАНИЯМИ.	473
Иванов И.А., Наумова Е.Н. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАЗЛИЧНЫХ САПР.....	476
Чувашлев К.А., Фомин М.В., Григорьев А.В., Наумова И.Ю., Баннов В.Я. ОЦЕНКА ДОПУСТИМОЙ АБСОЛЮТНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИУСА ИЗОБРАЖЕНИЯ КРУГЛОЙ МЕТКИ.....	482
Фомин М.В., Чувашлев К.А., Григорьев А.В., Данилова Е.А., Трусов В.А. НЕОБХОДИМАЯ РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ КРУГЛОЙ МЕТКИ	487
Емельянов А.С., Кочегаров И.И., Кузина Е.А., Бростилов С.А., Данилова Е.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ОПТИМАЛЬНОГО ВНУТРИБЛОЧНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ УЗЛОВ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ.....	492
Казаков П.А. ВСЕОБЩИЙ УХОД ЗА ОБОРУДОВАНИЕМ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ.....	501
Карлин Н.И., Иванов И.А. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕСТ МИКРОСХЕМЫ ГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА	504
Киров А.В. ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДДЕРЖКИ ПОЛНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ.....	507
Коковин В.А., Увайсов С.У. СЕТЕВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	511
Гродзенский С.Я., Фам Ван Ты О ПРИМЕНЕНИИ СТАНДАРТА ISO 9001 НА ВЬЕТНАМСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	515
Чечин К.В., Плоскирев А.Е. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ БЫТОВОЙ ОТПУГИВАТЕЛЬ	519
Кузина Е.А., Гиёсов Б., Икромов Ф.,Афанасьева М.А. ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО СПРАВОЧНИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ В СТАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ	522

ГЛАВА 3. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Гузаиров М.Б., Нургалиева Р.А. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	531
Исмагилов Ф.Р., Вавилов В.Е. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ.....	536
Дягилев В.И., Коковин В.А., Увайсов С.У. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СИЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ С РАВНОМЕРНЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ТОКА ОТ СЕТИ.....	540

ГЛАВА 4. АНТЕННЫ, СВЧ ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВО РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

545

Конов К. И. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОШИ ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ С ВЫБОРОМ ПЕРЕМЕННОЙ ИНТЕГРИРОВАНИЯ НА КАЖДОМ ШАГЕ	545
Королев П.С., Мухаметов Р.Р. ОБЗОР МЕТОДИК РАСЧЕТА СРЕДНЕГО ВРЕМЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЛЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	550
Пшеничкин А.С., Андреев И.В., Варгасов А.В. ВЛИЯНИЕ РАЗНОСТИ ФАЗ В КАНАЛАХ СУММАТОРА МОЩНОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ МОЩНОСТЕЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ В ВЫХОДНЫХ КАСКАДАХ ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РЛС	553
Архипов А.А., Беспалов А.А., Гвоздарев Р.С., Сосенушкин Е.Н. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ КИНЕМАТИКИ ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОКОВКИ ФЛАНЦА СЛОЖНОЙ ФОРМЫ.....	559
Бакалов В.П., Субботин Е.А. О БОРЬБЕ СО СПЕЦИФИЧЕСКИМИ ПОМЕХАМИ В БИОТЕЛЕМЕТРИИ.....	563
Белевцев А.М., Дворецкий В.В. ПОСТРОЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОЦЕДУРЫ МОНИТОРИНГА МИКРО- И МАКРОСРЕДЫ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	567
Гежа Д.С. ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГРАММООБРАЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МНОГОЛУЧЕВОЙ АКТИВНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ	571
Годин А.С. МЕТОДИКА РАСШИРЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПОЛОСЫ АНТЕННОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПЕДАНСНОСОГЛАСОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	576
Измайлов А.А. ДВУХДИАПАЗОННАЯ АНТЕННАЯ СИСТЕМА АВИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.....	582
Копылова Н.А., Копылов А.Ф., Саломатов Ю.П. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНО- И ДВУХРЕЗОНАНСНЫХ СВЧ ФИЛЬТРОВ НА ВОЛНОВОДНО-ЩЕЛЕВЫХ МЕМБРАНАХ С УГЛОВЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ РЕЗОНАНСНЫХ ЩЕЛЕЙ	586

Кулагин В.П., Кузнецов Ю.М., Оболяева Н.М. ДЕМОДУЛЯЦИОННЫЙ МОДУЛЬ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ	590
Митягин К.С., Львович Я.И. РАЗДЕЛЕНИЕ СМЕСИ ВЕРОЯТНОСТНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ	594
Филатов С.Е. ОРГАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ.....	598
Князев В.Д., Князева С.Ю. ЭФФЕКТИВНЫЙ ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ВОЛН В СЛОЖНЫХ НЕОДНОРОДНЫХ СРЕДАХ	603
Никитина Т.В., Гуснов Ю.И., Серебряков А.Г., Нгуен М.Т. УСТРАНЕНИЕ ИСКАЖЕНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КУРСА ДВИЖЕНИИ ЛОКАТОРА С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ.....	611
Рыжов Д.А. Гвоздарев Р.С., Куликов А.К. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКРАНИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ СВЧ МОДУЛЕЙ S-ДИАПАЗОНА	613
ГЛАВА 5. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ.....	618
Абраменко А.А., Буймарова Т.К., Соловьева Е.А. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ФОСФОГИПСА	618
Али Рушди Ахмед, Белов В.В. ВЛИЯНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ И ПЫЛЕВИДНЫХ БАЗАЛЬТОВЫХ ОТХОДОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА	621
Белов В.В., Абрамов Д.Г. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИБРОБЕТОНА НА МЕСТНЫХ ОТХОДАХ БАЗАЛЬТОВОЙ ВАТЫ.....	626
Золотухин С.Н., Кукина О.Б, Волков В.В. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ОТ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИЕМОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	630



125167, Москва, 4-я улица 8 Марта, д. 6А
тел.: +7 (495) 255-36-35,
факс: +7 (499) 558-00-49,
contacts@xlab-ns.ru, www.xlab-ns.ru

ПРАКТИКА, ОСНОВАННАЯ НА НАУЧНЫХ ТРАДИЦИЯХ

Экспериментальная мастерская НаукаСофт создана в 2005 году представителями ведущих научных школ Военно-воздушной инженерной академии им. проф. Н. Е. Жуковского в области авиационной электроэнергетики, автоматических и автоматизированных систем управления и навигации, а также научно-исследовательского Центра образовательных и информационных технологий Военно-воздушной академии им. Ю. А. Гагарина.

В разные годы эти научные школы возглавляли действительные члены Академии наук СССР и РАН: В. С. Кулебакин, Г. С. Поспелов, А. А. Красовский, профессора Ю. А. Кочетков, В. А. Боднер, И. М. Синдеев, В. А. Винокуров и другие известные ученые.

В настоящее время «ЭМ НаукаСофт» – это коллектив с внушительным научным потенциалом и опытом его применения на практике для решения самых разнообразных задач: от разработки высокоточных авиационных систем навигации, управления и электроэнергетики до создания сложных автоматизированных информационно-аналитических систем.

СПЛАВ УЧЕНЫХ И ИНЖЕНЕРОВ

В организации трудятся доктора и кандидаты технических наук, молодые талантливые специалисты ведущих московских вузов, а также высококвалифицированные инженеры с большим опытом в решении прикладных задач. Это позволяет «ЭМ НаукаСофт» предоставлять полный комплекс услуг по IT-консалтингу, организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по сопутствующим научным направлениям, а также по разработке, требуемого заказчиком, программного обеспечения.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Электроэнергетика автономных систем.
- Управление и навигация подвижных объектов.

- Автоматизированные информационные, аналитические и управляющие системы.

Все направления деятельности лицензированы Министерством промышленности и торговли РФ.

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА РЕАЛИЗАЦИЮ

Опытное конструкторское бюро и производство «ЭМ НаукаСофт» позволяют реализовывать на практике собственные научно-технические идеи и решения. Это означает, что мы выполняем проекты «под ключ», добиваясь идеальных результатов по заданным параметрам, и имеем возможность тщательно контролировать ход проектов на любом из этапов их жизненных циклов.

ВОЕННОЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО

В «ЭМ НаукаСофт» создаются и проходят проверку на жизнеспособность разноплановые проекты, в том числе такие, которые требуют контроля качества и приемки со стороны Министерства обороны РФ. Все проекты, связанные с Гособоронзаказом, проводятся под контролем аккредитованного на предприятии военного представительства.

ОБМЕН ОПЫТОМ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИЙ

«ЭМ НаукаСофт» является организатором ежегодной Всероссийской научно-технической конференции «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н. Е. Жуковского». Кроме того, принимает активное участие в организации многих других научных конференций, оказывает спонсорскую и информационную поддержку в проведении ежегодной Международной научно-практической конференции «Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий», ежегодной Международной научно-практической конференции «Инновационные информационные технологии», а также ежегодного Международного симпозиума «Надежность и качество».



По инициативе ветеранов Военно-воздушной инженерной академии имени профессора Н.Е.Жуковского создана некоммерческая организация – **Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА имени профессора Н. Е. Жуковского содействия сохранению исторического и научного наследия ВВИА имени профессора Н. Е. Жуковского**, которая основана на членстве физических и юридических лиц, и преследующая социальные, культурные, научные и иные общественно-полезные цели.

Целями деятельности Ассоциации являются:

- Сохранение исторического наследия ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского.
- Представление и защита общих, в том числе профессиональных интересов своих членов.
- Содействие организации патриотического воспитания молодежи и благотворительная деятельность.

Основные задачи Ассоциации:

- Изучение и донесение до общественности истории ВВИА и ее подразделений, а также результатов деятельности научных школ ВВИА.
- Организация и поддержка на информационных ресурсах Ассоциации социальной сети для сотрудников и выпускников академии.
- Организация юбилеев ВВИА, её научных школ и выдающихся деятелей.
- Мониторинг современного состояния деятельности научных школ ВВИА и разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности их деятельности.
- Выработка предложений по созданию перечня критических направлений в развитии авиационной науки и техники, позволяющих обеспечить конкурентоспособность российской авиационной техники.
- Проведение междисциплинарных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в интересах развития авиационной науки и промышленности РФ.
- Организация системы поддержки научных конференций с помощью информационных ресурсов Ассоциации.
- Организация и проведение юбилейных и тематических конференций и семинаров, издание тематических научных публикаций.
- Проведение молодёжных научных форумов в рамках деятельности научных школ ВВИА.
- Организация выступлений ветеранов ВВИА в школах, иных учебных заведениях среднего и высшего профессионального образования.
- Организация мероприятий по патриотическому воспитанию совместно с Советом ветеранов ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского и Домом-музеем Н. Е. Жуковского.
- Организация проведения конференций, симпозиумов, конгрессов, лекций, встреч по вопросам истории авиации, космонавтики и ВВИА.
- Создание и поддержка информационного ресурса в рамках деятельности Совета ветеранов ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского.
- Поддержка ветеранов ВВИА и их семей.
- Восстановление традиций ВВИА по оказанию шефской помощи Дому ребёнка № 5 (ул. Красноармейская, д. 1) и участие в других благотворительных акциях.
- Содействие и координация усилий членов Ассоциации по организации научно-педагогической деятельности выпускников и сотрудников ВВИА.

Предусмотрена работа периодического печатного (или на иных носителях) издания: газеты «Вперед и выше».

В рамках деятельности Ассоциации разработан и поддерживается информационный портал <http://nasledie-vvia.ru/>

Организована работа 3-х проектов:

- ежегодные Научные чтения по авиации, посвящённые памяти Н. Е. Жуковского;
- большая электронная энциклопедия ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского;
- научные школы ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского.

На портале Ассоциации размещается информация:

- о мероприятиях Ассоциации и Совета ветеранов ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского;
- новости Ассоциации и Совета Ветеранов;
- исторические очерки о ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского;
- информация о проектах Ассоциации.

Предлагаю выпускникам и сотрудникам Академии, неравнодушным к наследию ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, и желающим участвовать в общественной и научной деятельности Ассоциации, присоединиться к нам.

С уважением,
Президент Ассоциации
генерал-лейтенант В.П. Кутахов



Технопарк «СТРОГИНО» - первый Технопарк, созданный Правительством Москвы при участии Минэкономразвития России в 2007 году. Основная деятельность Технопарка - имущественная поддержка малого и среднего бизнеса города Москвы, оказание различных услуг для развития бизнеса, проведение обучающих семинаров и мероприятий, а также PR и GR поддержка компаний резидентов. Располагается на площади более 17000 кв.м.

Специализация технопарка: ИТ-технологии, медицина, фармацевтика, энергосберегающие технологии, новые приборы и устройства. Является технопарком полного цикла, включает: коворкинг, центр 3D прототипирования и радиоэлектроники, бизнес-инкубатор, производственный парк.

Технопарк «СТРОГИНО» - это платформа для быстрого старта наукоемких и высокотехнологичных бизнесов, на которой создан полный цикл поддержки проектов от идеи и до организации производства, со всеми необходимыми инструментами и материально-техническими средствами, услугами и сервисами, необходимыми для устойчивой и динамичной работы компании.

Основные подразделения Технопарка «СТРОГИНО»:

- **Коворкинг** - предоставление рабочего места, с возможностью презентации проекта экспертам и получения рекомендаций по развитию бизнеса; поиск перспективных идей и содействие в создании стратегии будущей компании для развития и успешного выхода на рынок.
- **Бизнес-инкубатор** - льготная аренда и возможность для развития начинающих предпринимателей на стадии стартап со всей необходимой консультационной поддержкой для эффективного старта проекта;
- **Производственный технопарк** - возможность размещения производств и лабораторий; для быстрорастущих компаний, которые нуждаются в расширении производства, складских и офисных площадей.
- **Центр 3D прототипирования и радиоэлектроники** – возможность быстрого создания прототипа любой сложности для тестирования и демонстрации будущих изделий.

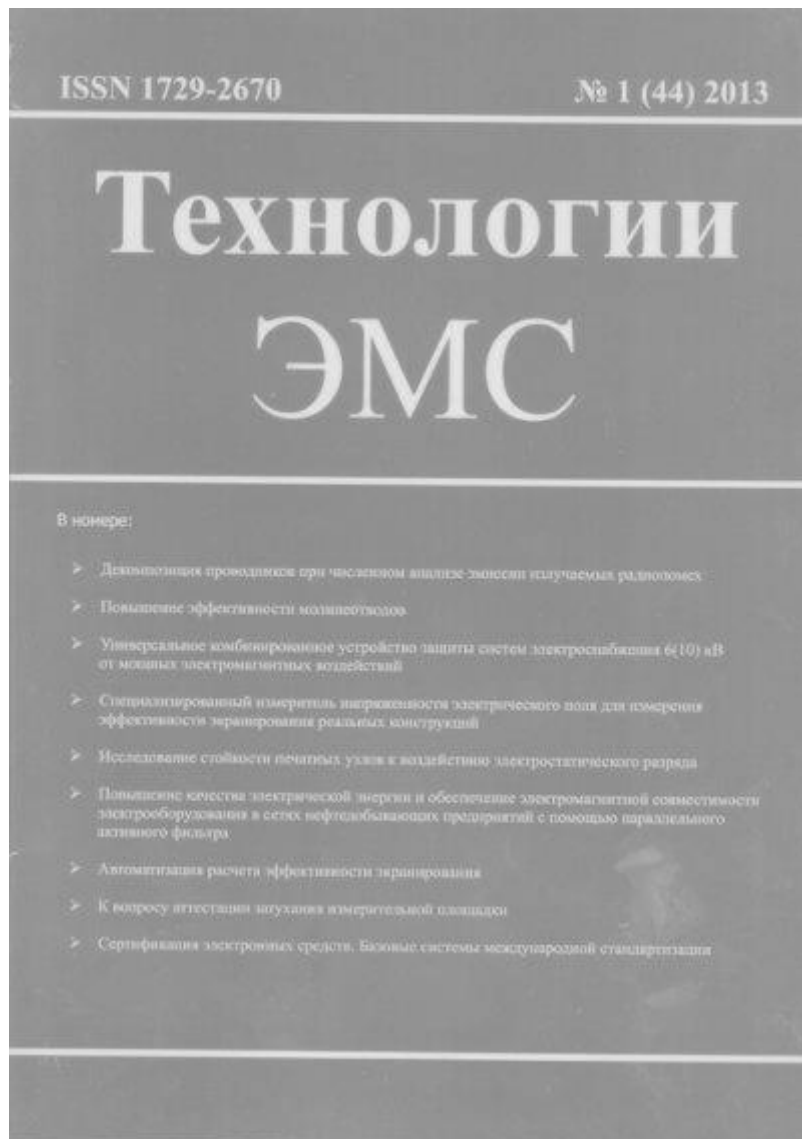
Технопарк состоит в международных организациях **IASP** (Международная ассоциация научных парков) и **InBIA/ NBIA** (Международная ассоциация бизнес инноваций / в прошлом Американская Национальная ассоциация бизнес-инкубаторов).

Журнал «Технологии электромагнитной совместимости» ISSN 1729-2670

Единственный в стране журнал по проблеме электромагнитной совместимости (ЭМС). Журнал охватывает все основные направления проблемы ЭМС радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры. Основные рубрики журнала: межсистемные вопросы ЭМС, преднамеренные и непреднамеренные электромагнитные воздействия, мощные электромагнитные воздействия, электромагнитная обстановка, конструирование технических средств с учетом ЭМС, фильтрация, экранирование, заземление технических средств, функциональная безопасность при электромагнитных воздействиях, методы испытаний и измерений в области ЭМС, стандартизация в области ЭМС, образование и повышение квалификации в области ЭМС.

Журнал включен в перечень ведущих журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии (ВАК).

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ и РИНЦ. Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory»



**ИННОВАЦИОННЫЕ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ И
КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Сборник трудов
XIV Международной научно-практической конференции**

Гл. ред. С.У.Увайсов
Отв. ред. И.А.Иванов

Печатается в авторской редакции

Компьютерная верстка: Д.С.Панасик,
Е.А.Кузина
Дизайн И.А.Иванов

Подписано в печать 18.09.2018.
Формат 60×84/8. Бумага «Pioneer»
Усл. печ. л. 75,8 Тираж 500 экз. Заказ 69

Подготовлено к изданию
Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского
г. Москва, 4-я, ул. 8 Марта, 6А.
nasledie-vvia.ru

Отпечатано в типографии НИУ ВШЭ
Москва, Кочновский проезд, 3
hse.ru