СИСТЕМНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАДЁЖНОСТИ, КАЧЕСТВА, МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТАХ

Коллективная монография

Под отв. редакцией
д.т.н., проф. НИУ ВШЭ Кофанова Ю.Н.

Москва

2014



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»



Научная школа «Асоника»

СИСТЕМНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАДЁЖНОСТИ, КАЧЕСТВА, МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТАХ

Коллективная монография

Под отв. редакцией
д.т.н., проф. НИУ ВШЭ Кофанова Ю.Н.

Москва

2014

УДК 629.7.017.019.3
ББК 30.14
С82

Рецензенты:
доктор технических наук, профессор *А.Г. Варжапетян*,
доктор технических наук, профессор *Н.С. Данилин*

С82 Системные проблемы надёжности, качества, математического моделирования и инфотелекоммуникационных технологий в инновационных проектах. / Коллективная монография под отв. ред. профессора НИУ ВШЭ Ю.Н. Кофанова; — М.: НИУ ВШЭ, 2014. — 532 с.— 500 экз.

ISBN 978-5-7598-1198-2.

Содержание монографии составили результаты многолетней работы членов коллектива Научной школы «Автоматизированная система обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА» Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (научный руководитель школы — академик РАЕН, д.т.н., проф. Ю.Н. Кофанов) и многолетнего сотрудничества авторов, работы которых представлены в виде отдельных параграфов данной монографии. Окончательная структура монографии сформировалась в процессе обсуждения современных проблем надёжности, решаемых путём математического моделирования электронного оборудования различного назначения. Большую роль сыграли обсуждения данных проблем на ежегодных Международных научно-технической конференциях, проводимых Научной школой «АСОНИКА».

Главы 2 и 3 написаны редактором монографии профессором НИУ ВШЭ Кофановым Ю.Н.

Монография рассчитана на широкий круг специалистов, работающих в области инфотелекоммуникационных технологий, реализуемых в инновационных проектах ответственного назначения.

УДК 629.7.017.019.3
ББК 30.14

ISBN 978-5-7598-1198-2

© Кофанов Ю.Н., 2014
© Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2014

Глава 1
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ И АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

1.1. МИКРОМИНИАТЮРНЫЕ КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ МАЛЫХ СПУТНИКОВ

Сравнительный анализ динамики развития космической микроэлектроники в США, Японии, ЕС и Китая с одной стороны и России с другой, показывает перспективы развития отечественной электронной промышленности в таких приоритетных направлениях, как космическое приборостроение, атомная энергетика и высокоточные интеллектуальные системы вооружения.

Особенностью указанных продвинутых областей является большая номенклатура микроэлектронных компонентов (более 4600 типов) при малых количествах по каждой позиции (от 10 до 1000 штук в год). К этим компонентам предъявляются жесткие требования по радиационной стойкости (от 100 Крад до 1 Мрад) и надежности (до 20 лет безотказной работы).

Накопленный опыт отечественных разработчиков позволяет быстро с технической и экономической точки зрения решать подобную задачу, создавать изделия на мировом уровне с учетом миниатюризации, многофункциональности и минимального энергопотребления.

Ведущие мировые фирмы космического и оборонного сегментов уже около 20 лет используют в своих изделиях так называемые Системы в Корпусе (СвК) (System in Package), где на смену электронно-компонентной базы (ЭКБ) пришли микросистемы в корпусе.

Тем самым достигается миниатюризация изделия (вес, габариты), увеличивается его функциональность и снижается энергопотребление. При этом цикл «разработка - выпуск» сокращается до нескольких недель (программа «microsatellite in six days»).

В России сегодня есть 100% возможность разрабатывать и производить свои отечественные СвК.

В настоящей работе обсуждается концепции применения гибридных интегрированных систем в корпусе в качестве современной ЭКБ „макроуровня" для построения микроспутниковых систем на примере действующей в США практики с анализом сопутствующих проблем и экономических асспектов.

В течение последних десяти лет на мировом космическом рынке твердо установилась тенденция разработки и производства микроспутниковых систем (массой от 1 до нескольких десятков килограммов). В зависимости от массовой характеристки космического аппарата введена условная классификация – микро, нано и пико спутники. В настоящей работе, без нарушения общности, используется термин „микроспутник", поскольку речь идет о применении систем в корпусе для их реализации. Микроспутники стали весьма значимыми для потенциальных потребителей из-за их существенно редуцированной стоимости и значительно сокращенного цикла реализации. Одновременно во многих областях промышленности стали широко разрабатываться и применяться изделия микросистемотехники и субмикронных полупроводниковых технологий (МЭМС, системы на кристаллах и системы в корпусе). Это позволило реализовать множество миссий микроспутниковыми системами (в том числе и распределенными спутниковыми архитектурами) за счет традиционных решений, наработанных на основе классических спутниковых систем. На орбите появились целые микроспутниковые кластерные формации типа американской Ionospheric Observation Nanosatellite Formation (ION-F).

В работе рассматриваются концепции применения гибридных интегрированных систем в корпусе в качестве современной ЭКБ „макроуровня" для построения микроспутниковых систем на примере действующей в США практике с анализом сопутствующих проблем и экономических аспектов.

СПИСОК АВТОРОВ

Авторы параграфа	№ параграфа
Абелян А. С.	6.7.
Агирова З.М.	6.24.
Азарова В.В.	1.9.
Акперов И.Г.	6.6.
Аликаева М.В.	6.24.
Алпеева Т.В.	5.9., 5.10.
Батуев В.П.	4.8.
Баублис Б.П.	7.1.
Белов А.В.	7.7.
Беляков К.И.	4.5.
Бердник В.Л.	7.11.
Береза Б.П.	5.8.
Беркович С.Б.	1.2., 5.1., 5.5.
Брюханова Н.В.	6.6., 7.4.
Булаев И.	1.1.
Бурдаев А.И.	4.7.
Бутягин О.Ф.	5.3.
Васильчиков В.М.	7.1.
Васин В.А.	6.16.
Вахитов Н.Г.	5.6.
Ветчинкин А.Н.	6.10.
Голяев Ю.Д.	4.11., 5.3., 5.4., 5.6.
Голяева А. Ю.	1.8.
Горшков В.Н.	1.9.
Данилин Н.С.	1.1.
Дейнекин И.А.	6.15.
Димитров Д.	1.1.
Емельянов В.В.	5.9., 5.10.
Емельянов В.М.	5.9., 5.10.
Ероян А.Е.	7.6.
Жуковская И.Ф.	7.2.
Звягинцева О.П.	7.2.
Зорин С.А.	4.10.
Иванов М.А.	4.11., 5.6.
Иванус А.И.	6.2.
Исаев М.М.	4.12.
Исаева Е.А.	7.8.
Камалетдинов А.Ш.	6.12., 6.13.
Кандырин Ю.В.	4.9., 5.2.
Канунников А.А.	5.9., 5.10.
Карпова С.В.	6.20.
Касаев Б.С.	6.25.
Кваскоп А.Ю.	7.10.
Кетова Ф.Р.	6.22.
Кизим А.В.	1.4.

Авторы параграфа	№ параграфа
Киселева Т.В.	6.21.
Киселевич В.П.	1.6., 5.7.
Киянова Л.Д.	6.9., 6.17.
Клячкин В.Н.	1.6., 5.7.
Колбас Ю.Ю.	4.11., 5.4., 5.6.
Коновалов С.Ф.	5.4.
Косарев И.М.	6.12., 6.13.
Котов Н.И.	1.2., 5.1., 5.5.
Кофанов Ю.Н.	2.1., 2.2., 3.1., 3.2., 4.6.
Коханова В.С.	6.23.
Кравец А.Г.	7.12.
Крамаров С. О.	1.3., 1.5., 5.15.
Красноплахтич М.В.	6.3.
Кривонос К.К.	6.14.
Кроваткин М.В.	5.3.
Крутиков А.П.	4.11.
Ксенофонтов А.А.	6.12., 6.13.
Ксенофонтов А.С.	6.24.
Куликов О.Е.	4.3.
Куприянов А.А.	5.14.
Курдыбанская А.И.	5.6.
Кшенский О.Н.	1.10.
Леонтьева А.В.	7.9.
Литвиненко И.Л.	6.19.
Литвинова Т. И.	6.18.
Лобанов П.Ю.	1.8.
Лукасевич В.И.	1.5.
Малов А.В.	4.3.
Манохин А.И.	4.6.
Мануйлович И.С.	1.8.
Маслова Е.В.	6.21.
Махаев А.Ю.	1.2.
Миронова О.А.	6.8.
Моисеев А.А.	5.9., 5.10.
Мусаелян А.К.	6.11.
Невелев В.А.	6.16.
Новиков С.С.	1.7.
Палагина А.Н.	6.4.
Петрухин Е.А.	1.9.
Пимнева Л.А.	5.9., 5.10.
Потапова Т.А.	1.7.
Поярков В.Н.	1.10.
Прусаков М.И.	4.2., 4.4.
Пухлий В.А.	5.8.
Сабиров И.	1.1.

Авторы параграфа	№ параграфа
Савельев И.И.	1.7., 5.3.
Садеков Р.Н.	5.1.
Светашев С.С.	7.8.
Семененко А.Н.	4.3., 4.5.
Сергиенко Л.С.	7.5.
Сидорюк О. Е.	1.8.
Скопин К.А.	5.3.
Слободин В.С.	5.12.
Смирнов Д.В.	5.5.
Соловьева Т.И.	4.11., 5.4., 5.6., 7.7.
Сотникова С.Ю.	4.1.
Стефанюк В.Л.	5.13.
Темкин И.О.	7.9.
Терентьева А.В.	5.11.
Титова О.В.	7.12.
Ткачук Е. О.	5.15.
Томилин А.В.	5.4.
Туманова И.Ю.	6.1.
Туник С.И.	5.7.
Турин В.О.	1.10.
Форост Е.В.	6.9.
Халитова И. В.	6.5.
Хлебников П.А.	1.7.
Храмов В.В.	1.3.
Чивилев А.Д.	4.9., 5.2.
Чикарина Л.Я.	7.1.
Шалумов М.А.	4.3.
Шелков Е.А.	4.8.
Шуклин И.И.	5.9., 5.10.
Ястребов А.П.	7.3.
Ястребова Л.В.	7.3.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1
Системный подход к проектированию изделий для ракетно-космической и авиационной техники

1.1. Микроминиатюрные комплектующие нового поколения для малых спутников ... 3
1.2. Обоснование закона формирования уводящих траекторий, не распознаваемых встроенной системой контроля целостности интегрированных инерциально-спутниковых навигационных систем ... 7
1.3. Методы и модели обнаружения и распознавания протяженных объектов на земной поверхности ... 13
1.4. Программно-информационная и методическая поддержка задач технического обслуживания и ремонта оборудования на основе системного подхода ... 26
1.5. Синтез стохастической модели бесплатформенной инерциальной навигационной системы при движении объекта по ортодромии ... 31
1.6. Комплексное оценивание процесса технологической тренировки электронного устройства ... 41
1.7. Информационная система поддержки производства кольцевых лазеров ... 46
1.8. Лазерная интерферометрия для анализа сложных поверхностей ... 53
1.9. Влияние внешних источников рассеяния на полосу захвата кольцевого He-Ne лазера с длиной волны 0,63 мкм ... 61
1.10. Моделирование в САПР SYNOPSIS TCAD мощных биполярных транзисторов после облучения их быстрыми нейтронами ... 68

Глава 2
Моделирование физических процессов в конструкциях радиоэлектронных средств

2.1. Развитие моделирования физических процессов в радиоэлектронных конструкциях ... 81
2.2. Принципы моделирования физических процессов радиоэлектронных конструкций ... 82

Глава 3
Комплексное моделирование взаимосвязанных процессов разнородной физической природы

3.1. Особенности радиоэлектронных конструкций с точки зрения моделирования протекающих физических процессов ... 91
3.2. Метод комплексного моделирования физических процессов радиоэлектронных конструкций ... 97

Глава 4
Проблемы математического моделирования при обеспечении высокой надежности и качества бортовой аппаратуры

4.1. Повышение качества автоматизированного проектирования электронных средств на основе комплексирования физической и математических моделей ... 114
4.2. Разработка электротепловых моделей радиоэлементов ... 120
4.3. Разработка методик и методов для моделирования тепловых процессов в радиоэлектронных средствах произвольной конструкции ... 127
4.4. Электротепловое моделирование радиотехнических устройств с помощью программы Micro-CAP ... 132
4.5. Опыт применения подсистемы АСОНИКА-Т при моделировании блока на тепловые воздействия ... 136
4.6. Математические модели и надежность радиоэлектронных средств при тепловых воздействиях ... 144
4.7. Метод автоматизированного синтеза параметров виброударозащиты радиоэлектронных средств ... 154
4.8. Защита радиоэлектронных средств от механических воздействий высокой интенсивности ... 161
4.9. Применение безусловных неметрических критериев при разработке передачи винт-гайка скольжения ... 168
4.10. Математическое моделирование физических процессов при обеспечении надёжности РЭА ... 176
4.11. Математическое и программное обеспечение квазичетырехчастотного лазерного гироскопа ... 185
4.12. Разработка метода проектирования радиотехнических устройств на основе итеративного моделирования взаимозависимых электрических и тепловых режимов работы радиоэлементов ... 194

Глава 5
Проблемы анализа, оптимизации и принятия решений в сложных многокритериальных инновационных проектах

5.1. Многоальтернативный подход в задаче коррекции систем счисления пути по информации цифровых карт дорог ... 201
5.2. Многовариантный многокритериальный анализ и выбор механических приводов зеркальных антенн ... 203
5.3. Оптимизация упругих элементов датчиков лазерных гироскопов ... 214
5.4. Исследования и сравнительные испытания акселерометров в штатном инерциальном измерительном блоке ... 219
5.5. Инновационные результаты разработок в межрегиональном общественном учреждении «Институт инженерной физики» в области навигационного обеспечения наземных подвижных объектов ... 225
5.6. Оценка погрешностей вычисления координат бесплатформенными инерциальными навигационными системами ... 230
5.7. Статистический контроль процесса пайки в печатных платах ... 234
5.8. Надежность и долговечность биметаллических конструкционных элементов ядерной энергетики в условиях коррозионного воздействия ... 243
5.9. Оценка точности решения обратной задачи моделирования многомерных автокорреляционных характеристик надежности контактных наноструктурированных сверхпроводящих элементов ... 250
5.10. Оценка адекватности и достоверности математического моделирования многомерных автокорреляционных характеристик надежности контактных наноструктурированных сверхпроводящих элементов ... 263

5.11. Возможности использования нечетко-нейронных технологий в задачах поддержки принятия решений в сложных технических системах..... 273
5.12. Прогнозирование загруженности адаптивных систем с использованием самоорганизующейся инкрементальной нейронной сети 282
5.13. Конечный автомат для измерения нечеткости 290
5.14. Проблемы и приемы инфологического моделирования информационного взаимодействия автоматизированных систем..... 293
5.15. Адаптивный логический вывод по прецедентам в системах поддержки принятия решений организационного управления 299

Глава 6
Экономические проблемы повышения эффективности инновационных проектов в различных областях деятельности

6.1. Приоритетные направления развития региональных экономических систем в условиях финансового кризиса 301
6.2. Формирование гармоничной инновационной стратегии предприятий в условиях сильной неопределенности на основе когнитивной технологии 307
6.3. Роль программно-целевого подхода в обеспечении условий инновационного развития регионов 317
6.4. Развитие инновационного потенциала малого и среднего предпринимательства через совершенствование государственной поддержки инфраструктуры 323
6.5. Управление организационной готовностью к изменениям как фактор повышения успешности инновационных проектов 332
6.6. Информационная система прогнозирования потребности рынка труда для развития региональных инновационных проектов 339
6.7. Инвестиционные механизмы обеспечения устойчивого национального и регионального экономического роста 344
6.8. Региональная промышленная политика как инструмент обеспечения экономической безопасности на мезоуровне 353
6.9. Классификация регионов 362
6.10. Роль электроэнергетической инфраструктуры в инновационном развитии 366
6.11. Налоговое стимулирование инновационной деятельности 368
6.12. Исследование динамики налоговых поступлений в центральном федеральном округе в 2006-2011 гг 373
6.13. Анализ налоговых доходов субъектов РФ по видам экономической деятельности (на примере Приволжского федерального округа)..... 377
6.14. Инструменты управления инновационной составляющей экономики Ростовской области 385
6.15. Проблематика инноваций в Ростовской области 390
6.16. Совершенствование основных показателей инновационных проектов развития предприятий автомобилестроения России с учётом человеческого фактора 394
6.17. Пути повышения инновационной активности в агропромышленном комплексе региона 399
6.18. Прогнозирование как элемент регионального менеджмента 409
6.19. Трансформация инновационных систем ведущих экономик мира 414
6.20. Инновационные подходы в маркетинговой политике транснациональных корпораций 420

6.21. Анализ и управление рисками ИТ-сервиса на всех стадиях его жизненного цикла 426
6.22. Инновации на пути преодоления информационной асимметрии рынка гостиничных услуг в регионе 432
6.23. Развитие и роль финансовой инженерии в банковской системе РФ 437
6.24. Роль кредитного риска в снижении уровня участия коммерческих банков в инвестиционных программах 443
6.25. Маркетинг на рынке ценных бумаг 448

Глава 7
Проблемы повышения качества подготовки молодых специалистов

7.1. Государственная политика использования информационно-коммуникационных технологий в системе высшего профессионального и дополнительного образования 457
7.2. Система менеджмента качества в вузе: проблемы внедрения и необходимость развития 463
7.3. Повышение качества образования - важнейшая задача инновационного развития вузов..... 468
7.4. Разработка методологии кадрового обеспечения инновационных проектов региона..... 474
7.5. Формирование кадрового потенциала для обеспечения инновационного развития предприятий реального сектора экономики 482
7.6. Анализ инструментов активизации продаж в сфере образовательных услуг 486
7.7. Магистерская программа «Интеллектуальные лазерные навигационные системы» в МИЭМ НИУ ВШЭ – совместный проект высшей школы и отраслевого предприятия для подготовки нового поколения высококвалифицированных специалистов..... 496
7.8. Элементы Форсайта в кадровом обеспечении региональных инвестиционных проектов..... 501
7.9. Выбор стратегии функционирования вуза на основе мультиагентного моделирования системы высшего профессионального образования 506
7.10. Семантическая модель представления знаний в системе вывода по прецедентам 508
7.11. Построение интеллектуального интерфейса пользователя на основе моделирования интуиции 509
7.12. Управление практико-ориентированным обучением в системах среднего и высшего образования..... 514

Коллективная монография

СИСТЕМНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАДЁЖНОСТИ, КАЧЕСТВА, МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТАХ

Под отв. редактированием
д.т.н. проф. НИУ ВШЭ Ю.Н. Кофанова

Зав. редакцией Бережнова Е.А.

Литературный редактор *М.Б. Давыдова*
Технический редактор *А.Р. Абдулхаев*
Корректор *А.С. Яковлев*
Компьютерный набор *Д.С. Панасик*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20
Тел./факс: (499) 611-15-52

Изд. № 3. Сдано в набор 12.09.2014
Подписано в печать 28.09.2014. Формат 60×90 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать офсетная
Печ. л. 33,8. Тираж 500 экз.

Издательство НИУ ВШЭ

Отношение общества к образованию должно отражаться в таком же отношении со стороны государства: государство должно вести себя по отношению к образованию адекватно этому отношению со стороны общества.

7.7. МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ» В МИЭМ НИУ ВШЭ – СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ И ОТРАСЛЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Назревшая потребность в совершенствовании подготовки специалистов для интенсивно обновляемых высокотехнологичных отраслей промышленности стала мотивацией разработки магистерской программы «Интеллектуальные лазерные навигационные системы» на кафедре «Кибернетика» МИЭМ НИУ ВШЭ. Программа разработана совместно с ведущими специалистами ФГУП «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха, одного из мировых лидеров в области создания лазерных инерциальных систем.

В трудных условиях перестройки ФГУП «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха удалось сохранить уникальные, не имеющие аналогов за рубежом, наукоемкие концепции и технологии в лазерной гироскопии. Оригинальные лазерные гироскопы, разработанные и выпускаемые ФГУП «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха (рис.1), основаны на эффекте Зеемана, не имеют никаких движущихся частей, в том числе виброподвеса, поэтому их относят к приборам нового поколения.



Рисунок 1.

Спрос на продукцию ФГУП «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха настолько возрос в последние годы, что потребовалось подключение серийных заводов для обеспечения государственного заказа. Одним из таких заводов стал ОАО «Серпуховский завод «Металлист» – крупнейшее градообразующее предприятие, имеющее опыт в производстве лазерных гироскопов и акселерометров. На обоих предприятиях идет обновление парка технологического и испытательного оборудования с приобретением лучших образцов зарубежных установок в рамках программ технического перевооружения предприятий оборонного комплекса (рис.2). Однако коллективы специалистов ФГУП «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха и ОАО «Серпуховский завод «Металлист» требуют пополнения молодыми кадрами, способными не только воспринять весь накопленный опыт, но и предложить свежие инновационные решения проблем, сдерживающих дальнейшее совершенствование техники. Новое поколение специалистов должно обладать компетенциями мирового уровня в области использования математических моделей и методов для создания интеллектуальных навигационных систем.

За рубежом лазерные гироскопы начали устанавливаться на самолетах в начале 80-х годов в США. Лидером была фирма Honeywell (США), вложившая крупные средства в технологию производства лазерных гироскопов. Более низкая цена лазерных инерциальных навигационных систем по сравнению с традиционными при тех же точностных характеристиках быстро привлекла покупателей в лице ведущих авиакомпаний. Быстрый прогресс в области разработки лазерных гироскопов, организация их промышленного производства на высочайшем технологическом уровне, который обеспечивает достижение лучших параметров как по точности, так и по надежности, позволил зарубежным фирмам приступить к постепенной, но уверенной замене механических гироскопов на лазерные в системах навигации и управления. По данным зарубежной печати, МО США считает, что лазерные инерциальные навигационные системы будут использоваться во всех новых военных самолетах. Столь же интенсивно идет внедрение лазерных систем на самолетах гражданской авиации. Масштабно использование лазерных гироскопов в ракетной технике, и в этой области лазерные гироскопы часто не имеют альтернативы, благодаря высокой устойчивости к жестким воздействиям, характерным для данного применения.

Начиная с 1990 г. фирмой Honeywell выпущено более 100 000 лазерных гироскопов различных типов; в зарубежной печати сообщается о том, что фирма Honeywell производит более 3000 лазерных гироскопов в месяц.

Приступив к разработкам и производству лазерных гироскопов и систем на их основе вслед за фирмой Honeywell, фирма Litton (впоследствии ставшая частью Northrop Grumman) быстро вышла на лидирующие позиции, чему в немалой степени способствовало то, что разработчиками был создан лазерный гироскоп нового поколения, получивший название Zero-Lock Laser Gyro (ZLG), то есть «ЛГ с нулевым захватом». В отличие от первого поколения лазерных гироскопов, разработанного фирмой Honeywell, в котором используется механическая вибрационная частотная подставка для вывода из захвата, в ZLG подставка создается с помощью внутрирезонаторной ячейки Фарадея, то есть вместо механического вибратора используется магнитооптическое устройство, таким образом, гироскоп типа ZLG – это чисто оптический прибор, что и позволяет отнести его к лазерным гироскопам нового поколения. Он обладает улучшенными точностными характеристиками и низким уровнем шума благодаря отсутствию вибратора и работе на четырех частотах вместо двух (образно говоря, ZLG имеет в общем корпусе как бы два лазерных гироскопа с взаимной компенсацией коррелированных погрешностей). Оборудование для производства обеспечивает высокий уровень точности изготовления корпусов лазерных гироскопов, что особенно важно, т.к. ZLG имеет неплоский оптический контур. В настоящее время фирма Northrop Grumman имеет более 70 заказчиков во всем мире, в том числе во Франции, в Канаде, в Германии, в Австрии, в Швеции, в Южной Корее, в Турции, в Египте, в Бахрейне, в Таиланде, в Бразилии и в др. странах.

Таким образом, практическое подтверждение уникальных свойств лазерных гироскопов, продемонстрированное при самых первых опытах их эксплуатации, стимулировало крупные инвестиции зарубежных фирм в исследования и разработки, а также в оснащение промышленного производства лазерных гироскопов суперсовременным технологическим оборудованием. Это позволило занять зарубежным системам на их основе устойчивые позиции на рынке навигационных систем и систем управления самого разного класса и иметь уверенные перспективы дальнейшего расширения сфер применения в сторону более точных систем. По прогнозу зарубежных экспертов в ближайшее время лазерные гироскопы будут применяться во всех областях, где требуется стабильность смещения нуля от 0,00015 до 10 °/ч.



ДВУХОСНЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ACUTRONIC

Рисунок 2.

Все процессы, происходящие за рубежом в области лазерной гироскопии, свидетельствуют о необходимости интенсификации работ по совершенствованию отечественных лазерных гироскопов и систем на их основе, увеличению производства и расширению областей применения этих систем. Необходимым условием для этого является подготовка молодого поколения высококвалифицированных специалистов, обладающих глубоко профилированными знаниями в области разработки лазерных навигационных систем.

Описание магистерской программы. Современные навигационные системы – это сложный комплекс измерительных средств, обрабатывающих сигналы различной физической природы, а также программных систем, реализующих математические методы обработки информации с целью повышения точности и надежности управления различными динамическими объектами.

Будущим магистрам в области проектирования и разработки математического и программного обеспечения современных навигационных систем необходимы хорошие базовые знания по математике, физике и информатике, а также умения и навыки в области постановки математических задач, их решения аналитическими и численными методами, теоретического и прикладного программирования, разработки соответствующего программного продукта, его отладке, тестированию, сертификации и продвижению.

Выпускники программы получают основательную подготовку в области современной теории и практики математического моделирования, систем искусственного интеллекта, проектирования математического обеспечения систем управления и обработки информации, а также физических основ создания навигационных систем, лазерных гироскопов и акселерометров, использования навигационных систем для управления ракетно-космической и авиационной техникой.

Магистерская программа «Лазерные интеллектуальные навигационные системы» предусматривает углубленное изучение фундаментальных основ построения навигационных систем, математических методов управления динамическими объектами, методов хранения, обработки, математического моделирования и анализа геопространственной информации, проектирования прикладных программных систем.

Особое внимание при обучении уделяется формированию у магистрантов проектировочного мышления.

Научно-исследовательская работа магистранта, научно-производственная практика и подготовка магистерской диссертации проводятся в совместном научно-образовательном центре кафедры «Кибернетика» МИЭМ НИУ ВШЭ, ФГУП «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха, ОАО «Серпуховский завод «Металлист».

Магистранты активно вовлекаются в научные исследования, в обсуждения – «мозговые штурмы» возможных путей решения технических проблем, участвуют в семинарах и конференциях, готовят к публикации научные статьи.

Обучение по данной программе проходят выпускники бакалавриата или специалитета естественно-научных факультетов российских и зарубежных вузов, освоившие образовательную программу в сфере информационно-коммуникационных технологий и успешно прошедшие вступительные испытания.

Научным руководителем магистерской программы «Лазерные интеллектуальные навигационные системы» является профессор МИЭМ НИУ ВШЭ Валерий Николаевич Афанасьев.

В.Н. Афанасьев – один из ведущих специалистов в области теории управления в приложении к системам различного назначения. Им разработан метод проектирования нестационарных систем с неполной информацией об объекте, его параметрах и взаимодействии с внешней средой. Результаты исследований Афанасьева В.Н. отражены во многих статьях, обзорах и книгах, опубликованных как в России, так и за рубежом. Они используются в ряде научно-исследовательских организаций при проведении работ научно-прикладного характера, при чтении курсов по теории управления в высших учебных заведениях. Им опубликовано более 250 научных и методических работ, из них свыше 25 – учебно-методические. Учебники, автором которых является В.Н.Афанасьев, выдержали несколько изданий, в том числе за рубежом.

Теоретические разработки Афанасьева В.Н. получили дальнейшее развитие в работах его учеников – за период с 1980 года более 30 аспирантов и докторантов, руководителем которых был Афанасьев В.Н., успешно защитили диссертации.

Реализация образовательной программы подготовки магистров в рамках программы «Лазерные интеллектуальные навигационные системы» обеспечена квалифицированными научно-педагогическими кадрами. Все преподаватели, осуществляющие учебный процесс, имеют степени доктора или кандидата наук и большое количество печатных работ.

Преподаватели используют инновационные формы занятий, в том числе авторские спецкурсы, индивидуальные консультации, мастер-классы, проводимые в научных и производственных подразделениях ФГУП «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха. Отсутствие научной и учебной литературы по инерциальным навигационным системам на зеемановских лазерных гироскопах восполняется подготовленными и планируемыми к выпуску учебно-методическими пособиями.

Структура учебного процесса магистерского курса предусматривает поэтапный переход от фундаментальной теории к специальным дисциплинам и практике (рис.3).

Для первого семестра первого года обучения сформирован общесистемный блок (~764 ауд.ч.), включающий спецглавы математики (~184 ч), спецглавы физики (~228 ч), информационные технологии (~352 ч).

Второй семестр первого года обучения содержит блок специализации (~350 ауд.ч.), предусматривающий изучение следующих дисциплин специализации:

- Навигационные системы.
- Лазерная гироскопия.
- Акселерометрия.
- Теория систем.
- Проектирование информационных систем.
- Геоинформационные системы.

- Объектно-ориентированные языки программирования и современные среды разработки приложений.
- Управление динамическими объектами.
- Управление проектами создания наукоемких объектов и систем.

Проектирование систем поддержки принятия решений.

Для повышения эффективности программы магистранты уже с первого семестра привлекаются к участию в конкретных проектах ФГУП «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха по разработке инерциальных лазерных систем, в исследованиях и испытаниях блоков этих систем на самых современных стендах с использованием математических методов аналитико-синтетической обработки полученной информации.

Второй год обучения (третий и четвертый семестры) посвящен развитию и оценке системного опыта, синтезирующего системные знания и опыт работы в проектах. Магистранты проходят стажировку в научно-производственном комплексе ФГУП «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха. Цель стажировки – получение содержательного опыта работы в проектах по созданию интеллектуальных лазерных инерциальных систем, а также сбор и обработка материалов для подготовки выпускной квалификационной работы, которая представляет собой исследовательскую работу научно-прикладной направленности (рис.4).

Выпускники магистратуры, полностью освоившие магистерскую программу, получат научную степень магистра науки и технологий по направлению «Прикладная математика». Лучшие из них могут продолжить свое образование в аспирантуре МИЭМ НИУ ВШЭ или ФГУП «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха с целью подготовки и защиты диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических или технических наук. Аспиранты, успешно защитившие диссертации, являются основным резервом научно-педагогических кадров факультета Прикладной математики и кибернетики МИЭМ НИУ ВШЭ.



Рисунок 3.



Рисунок 4.

Целевое обучение, предусмотренное в рамках магистерской программы «Лазерные интеллектуальные навигационные системы», позволяет усилить мотивационный фактор и заинтересованность магистрантов в изучении предлагаемых предметов с учетом перспективы получения стабильной престижной работы. В то же время, высокий уровень подготовки магистрантов инициирует на предприятии переход к разработке качественно новых инерциальных систем с адаптивными интеллектуальными свойствами, таким образом, обеспечивая повышение конкурентоспособности отечественной продукции.

Выпускники магистратуры будут востребованы не только на предприятиях, курирующих программу. Они смогут заниматься научной или практической работой в научных учреждениях РАН и отраслевых предприятиях соответствующего профиля в качестве разработчиков современных систем обработки информации и управления, получив высококачественную теоретическую подготовку, подкрепленную опытом работы в коллективе разработчиков с высокой ответственностью за результаты самых перспективных проектов, включенных в государственные программы.

В дальнейшем на созданной учебно-методической базе планируется также организация курсов повышения квалификации, что обеспечит углубленную переподготовку инженерного персонала, занятого в разработке и производстве лазерных интеллектуальных навигационных систем и датчиков для них.

Предложенная методика обучения позволит не только сохранить, но и преумножить достижения отечественной науки и техники. Используемый эффективный подход тесного совмещения обучения с исследовательской, научно-практической деятельностью является одним из путей преодоления кризиса российской высшей школы, способствуя возвращению российских вузов на уровень флагманов мирового высшего образования.

7.8. ЭЛЕМЕНТЫ ФОРСАЙТА В КАДРОВОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Стремление привлечь инвестиции и повысить инвестиционную привлекательность фирмы, территории, страны отражают традиционный экономический механизм доступа к