

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Дальневосточный государственный
университет путей сообщения»

**НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В УПРАВЛЕНИИ
ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК, АВТОМАТИКЕ
И ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ**

Труды Всероссийской научно-практической конференции ученых
транспортных вузов, инженерных работников и представителей
академической науки с международным участием

(Хабаровск, 29 сентября 2017 г.)

Под редакцией А.И. Годяева

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2017

УДК [656.2.07+656.25](062)
ББК О280я54+О274я54
Н76

Редакционная коллегия:

Годяев А.И., д-р техн. наук, проф. (отв. редактор)
Балалаев А.С., д-р техн. наук, проф. (член редкол.)
Каликина Т.Н., канд. техн. наук, проф. (член редкол.)
Онищенко А.А., ведущий инженер (отв. за выпуск)

Н76 Новые тенденции развития в управлении процессами перевозок, автоматике и инфокоммуникациях : тр. Всерос. науч.-практ. конф. ученых трансп. вузов, инженерных работников и представителей академической науки с международным участием (Хабаровск, 29 сентября 2017 г.) / под. ред. А.И. Годяева. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2017. – 241 с. : ил.

ISBN 978-5-262-00750-9

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, выполненных преподавателями, аспирантами, докторантами, студентами, а также сотрудниками ОАО «РЖД» и IT-компаний в области автоматике и телекоммуникаций, технологии транспортных процессов, математического моделирования процессов, информационных технологий.

Издание предназначено для студентов, преподавателей, научных работников, магистрантов, аспирантов и технических специалистов в соответствующих областях.

УДК [656.2.07+656.25](062)
ББК О280я54+О274я54

ISBN 978-5-262-00750-9

© ДВГУПС, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

МАКЛЫГИН Н.В. Дальневосточная железная дорога – 120 лет в пути	6
ДАВЫДОВ Ю.А. 80-летию ДВГУПС.....	11
DR. ABHUYUDAY. Cost reduction policies and driving behaviour. Ir train drivers influencing diesel traction energy consumption.....	19
ТИЛЬК И.Г. Итоги опытной эксплуатации автоблокировки АБТЦ-И	35
АЛЕКСЕЕВ В.М., ВАГАНОВ А.В. Разработка защиты корпоративной сети от утечки информации по скрытым каналам.....	39
МАЛИНИН О.В., ЩЕЛУХИН А.С., АЛЕКСЕЕНКОВА Е.В. Результаты проведения экспериментальных исследований опытного образца системы «Витязь-М», оборудованного режимом автоматизированного ведения поезда, на Калининской линии Московского метрополитена.....	44
АЛАТЫРЕВА А.С., ГОРЕЛИК В.Ю. Применение обобщенного структурного метода для оценки качества проектирования микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики	48
БАЛАЛАЕВ А.С., ДОВИДЕНКО В.В. Логистические аспекты организации движения поездов в направлении морских портов	52
БАЛЕНКО В.В., СЕРОВА Д.С. Определение параметров, влияющих на величину пропускной и провозной способности железнодорожных участков	59
ГОДЯЕВ А.И., ПРОХОРЕНКО А.Г. Формализация описания схематических планов станций с элементами осигнализации при построении автоматизированных рабочих мест	61
ГОПКАЛО В.Н., ГОДЯЕВ А.И., ДАВЫДОВ Б.И. Метод контроля отклонений траектории движения поезда	67
ГУБИНА О.В. Повышение эффективности работы Ванино-Советско-Гаванского транспортного узла	73
ДАВЫДОВ Б.И. КАБЛУКОВА К.С., ЧЕБОТАРЕВ В.И. Вероятностная модель распространения задержек по цепи поездов	79
ЕРМОЛИН Ю.А. Надежность объектов и устройств железнодорожного транспорта при сезонно изменяющейся интенсивности отказов	84
КОЛОГРИВАЯ И.Е., ШУЛИН А.М. Дополнительный комплекс мер для обеспечения безопасности движения	88
КОЛОДЕЗНАЯ Г.В., АНТИПИНА И.Ю. Модернизация сетей технологической связи с использованием IP-телефонии.....	93
КОРОЛЬ Р.Г., ГЛУШАК А.С, ЗЕЗИНА М.А. Принципы компоновки терминальных объектов логистических центров	

(на примере логистического центра, сопутствующего мостовому переходу через реку Амур (Хэйлунцзян))	97
КОРОЛЬ Р.Г., ДЕМИДОВА А.Е. Интеграция российской транспортно-логистической инфраструктуры в реализации нового шелкового пути «Один пояс – Один путь».....	102
КОРОЛЬ Р.Г., ЛУНЕВ С.П. Организация перемещения грузов между Хуньчунь (КНР) и портом Зарубино (РФ) с помощью технологии HYPERLOOP.....	107
КРАМАРЕНКО Е.Р., ГОДЯЕВ А.И., КИРИЛЕНКО А.Г. Применение алгоритма предпочтений при управлении движением автономных транспортных средств	113
КУЗЬМИНА Н.А, ОДУДЕНКО Т.А. Комплексная система подхода к обеспечению безопасности объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта	118
ШИРОКОВА В.В., КУЗЬМИНА Н.А. Влияние изменения числа формируемых назначений на величину допустимой переработки вагонов на сортировочной станции	124
САВИН Е.З., МИЛЬКОВ Ю.А. Воздействие электрического поля на волоконно-оптический кабель, подвешенного на опорах контактной сети электрифицированной железной дороги	134
КУХАРСКАЯ О.В., САВИН Е.З. Методы оценки величины сетевой задержки цифрового потока для DVB-T2	139
БАРАНОВ Л.А., МАКСИМОВ В.М. Пути повышения энергоэффективности управления процессом перевозок и их реализация на Московском метрополитене	144
МЕРКУЛОВ А.В. Применение методов изометрической интерполяции в алгоритмах компьютерного моделирования железнодорожных участков	150
МАЛИНИН О.В., ЩЕЛУХИН А.С., МИЛЕЙКОВСКИЙ Д.И. Автоматический режим прицельной остановки составов метрополитена и контроль остановки состава на станции	156
МОНАХОВ О.И. Разработка энергооптимальных алгоритмов управления секционной тягой многосекционных тепловозов.....	161
ИСАЕВ А.О., ОНИЩЕНКО А.А. Модель участка железной дороги, оборудованного современными устройствами ЖАТ в масштабе 1:87 на компонентах ARDUINO и микроконтроллерах AVR	164
ФЕДЯНИН И.В., ОНИЩЕНКО А.А. Разработка прибора для измерения параметров сигналов устройств СЦБ и генерации диагностических воздействий на микроконтроллерах AVR	169

ЯНЧЕНКО Я.С., ОНИЩЕНКО А.А. Информационно-обучающая система оценки и повышения квалификации обслуживающего персонала	176
ПЕЛЬМЕНЁВ В.А. Математическое описание переходных процессов в тракте передачи фазосинхронной рельсовой цепи.....	181
ПОПОВА А.В., ПРОКОПОВИЧ М.Р., СМЕЛИКОВА И.Н. Практическая значимость специальных измерений в телекоммуникационных системах с волновым мультиплексированием	185
БАРАБАШ П.И., САВИН С.З. Математические модели профилактических работ в транспортных инфокоммуникационных системах	189
ГОРЕЛИК А.В., ЖУРАВЛЕВ И.А., ОРЛОВ А.В. Концепция нормирования и оценки показателей надежности объектов железнодорожной автоматики ...	195
СИДОРЕНКО В.Г. ЧЖО М.А. Применение методов искусственного интеллекта к решению задач планирования перевозочного процесса метрополитена.....	201
СКВОРЦОВ С.В., КОЛОДЕЗНАЯ Г.В. Информационное обеспечение курса «Сети и системы мобильной связи».....	206
СТАФЕЕВ А.В. Снижение уровня боковых лепестков спектра QPSK-сигнала	211
ТЕЛЕГИНА В.А., ГРАЧЕВ В.Т. Анализ транспортной доступности в Дальневосточном федеральном округе.....	216
ТЕЛЕГИНА В.А., ЕГОРОВА Е.В. Направления работы по повышению уровня клиентоориентированности для ОАО «РЖД».....	221
ШАМАНОВ В.И. Динамика электромагнитной обстановки для рельсовых цепей и АЛС на участках с электротягой	225
ШЕВЦОВ А.Н., ПЕТРОВА А.С., ЕПИФАНОВА Е.П. Увеличение пропускной способности и эффективности транспортной сети с использованием технологии OTN	231
ШЕХОВЦОВ А.И. Моделирование технологии обеспечения заявок грузоотправителей подвижным составом.....	242



УДК 625.1(091)(571.6)

Маклыгин Н.В., Дальневосточная железная дорога, Хабаровск

ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА – 120 ЛЕТ В ПУТИ

Статья посвящена юбилею Дальневосточной железной дороги. Рассмотрены основные исторические события, перспективные направления развития.

Ключевые слова: Дальневосточная железная дорога, магистраль, регион.

Maklygin N.V., Far Eastern Railway, Khabarovsk

FAR EASTERN RAILWAY – 120 YEARS IN THE WAY

The article is devoted to anniversary of the far Eastern railway. Examines the main historical events, perspective directions of development.

Key words: Far-Eastern railway, highway, region.

Совсем недавно мы отметили знаменательную дату – 120-летие Дальневосточной железной дороги, которая является стержнем транспортной системы Дальнего Востока.



Рис. 1. Дальневосточная железная дорога – 120 лет в пути

Современная Дальневосточная магистраль ведет отсчет своей истории от Уссурийской железной дороги, введенной в постоянную эксплуатацию 1 ноября 1897 года и соединившей крупнейшие города Дальнего Востока Владивосток и Хабаровск [1].

В 1916 году построен мост через р. Амур у Хабаровска, ставший последним звеном единого Великого Сибирского железнодорожного пути [2].



Рис. 2. Исторические вехи Амурского моста

В 20–30-е годы прошлого века, для увеличения пропускной способности Дальневосточной магистрали, был реализован план реконструкции, который включал в себя прокладку вторых путей на всем протяжении дороги; строительство новых веток хозяйственного значения; возведение ряда участков – подъездных линий от Транссиба к будущему БАМу: Волочаевка–Комсомольск, Ургал–Известковая.

28 февраля 1936 года, объединив Уссурийский и Восточно-Амурский участки Великого Сибирского рельсового пути – Транссиба, построенного на рубеже XIX–XX веков, дорога пролегла от Архары до Владивостока.

Даже в тяжелое военное время продолжалась работа по реконструкции и укреплению отдельных отраслей транспортного хозяйства, были пущены в эксплуатацию 2 электростанции, 10 трансформаторных подстанций.

В 1947 г. принята в постоянную эксплуатацию железнодорожная линия Комсомольск – Советская Гавань, которая открыла второй выход Транссиба к Тихому океану.

В годы послевоенных пятилеток на ДВЖД была осуществлена коренная техническая реконструкция: паровозная тяга заменена на тепловозную и частично электровозную, внедрены диспетчерская централизация, автоматическая блокировка [3].

В 1960–90-е гг. проводились работы по электрификации, которые завершились в 2002 году, переводом с тепловозной тяги последнего участка Губерovo–Свиягино.

В 1997 году к Дальневосточной железной дороге присоединена часть Байкало-Амурской магистрали, а с октября 2010 года – Сахалинская железная дорога.



Рис. 3. Дальневосточная железная дорога

Дорога – это живая история. В названиях станций увековечены имена проектировщиков и строителей, героев войны и труда.

Сегодня Дальневосточная железная дорога это – коллектив, состоящий из более 65 тыс. человек (с учетом дочерних и зависимых обществ) [4].

Занимая одно из ведущих мест в транспортировке экспортно-импортных грузов (доля которых более 35 % от общего объема перевозок экспортных грузов России), дорога сегодня работает в условиях постоянного роста грузооборота, который в 2016 году составил 251,5 млрд т-км с ростом к 2008 году в 1,8 раза. Только за последние 20 лет:

- средний вес грузового поезда вырос на 35 %;
- среднесуточная выгрузка вагонов выросла в 2 раза и составила более 5,5 тыс. вагонов;
- передача через пограничные переходы выросла в 9 раз, в 2016 году перевезено 11,5 млн тонн экспортных грузов.



Рис. 4. Показатели Дальневосточной железной дороги с 1996 по 2016

На долгосрочную перспективу прогнозируется устойчивый рост объема экспортных перевозок, который к 2025 году составит более 300 млн тонн в год.

В целях развития пропускной и провозной способностей с 2013 года реализуется проект развития инфраструктуры Восточного полигона.

На эти цели предусмотрены средства в объеме 562 млрд руб., из них в границах Дальневосточной железной дороги 236 млрд руб.

В результате провозная способность дороги к 2020 году увеличится на 66,5 млн тонн [5].

На Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорогах на протяжении последних лет успешно внедрялись элементы полигонных технологий. Именно поэтому, на базе этих дорог создан Восточный полигон с центром управления в г. Иркутске.

Сегодня полигон является единым технологическим пространством без искусственных барьеров с ориентацией всех участников перевозочного процесса на общий результат [6].

Ежегодно коллективы региональных дирекций, структурных подразделений железной дороги и функциональных филиалов ОАО «РЖД» пополняют 200 молодых инженеров. Это наш стратегический актив, которому компания создает благоприятные условия для личного и карьерного роста.



Рис. 5. Создание Центра управления перевозками на Восточном полигоне (ЦУП ВП)

Главным направлением такой кадровой работы стал конкурс «Новое звено», ставший за последние семь лет одним из важнейших инструментов вовлечения молодёжи в инновационную деятельность. За это время в конкурсе приняли участие более 900 молодых работников полигона железной дороги, разработано 225 проектов.

Выступая на четвертом Восточном форуме, Президент России В.В.Путин отметил, что главная цель ускоренного, опережающего освоения Дальнего Востока – это подъём экономики и инфраструктуры, формирование новых производств и рабочих мест.

Ведущая роль в развитии Дальневосточного региона принадлежит ученым. Только с участием науки, путем внедрения инновационных технологий возможно решение таких стратегических задач, стоящих перед Дальневосточной железной дорогой, как организация новых международных транспортных коридоров, строительство мостового перехода на о. Сахалин и многих других.

Список литературы

1. Орельчикова, А.Ю. Железнодорожный транспорт в истории России (XIX век) : учебное пособие. – М. : МИИТ, 2006. – 33 с.
2. История железнодорожного транспорта России. В 2 томах. Том 1. 1836–1917; Иван Федоров. – Москва, 2013. – 336 с.
3. Тайны железных дорог; Робинс. – Москва, 2014. – 664 с.
4. Бернацкий, Л.Н. Сверхмагистраль и сверхмагистрализация железнодорожного транспорта СССР; М. – Л. : Плановое хозяйство – Москва, 2012. – 256 с.
5. Радциг, А.А. Влияние железных дорог; Книга по Требованию. – Москва, 2012. - 276 с.
6. Фадеев, Г.М. История железнодорожного транспорта России и СССР; С-Пб-М : МПС. – Москва, 2014. – 752 с.



УДК 625.1

Давыдов Ю.А., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

80-ЛЕТИЮ ДВГУПС

Статья посвящена юбилею ДВГУПС. Рассмотрены основные исторические события.

Ключевые слова: Дальневосточный государственный университет путей сообщения, образование, наука, международная деятельность, студенческая республика.

Davydov, Y.A., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

THE 80TH ANNIVERSARY OF DVGUPS

The article is devoted to anniversary of FESTU. Examines the main historical events.

Key words: Far Eastern State Transportation University, education, science, international activities, student Republic.

Свою историю ДВГУПС ведет с далекого 1937 года. В те годы в стране был индустриальный подъем, была значительная нехватка профессиональных кадров, особенно на Дальнем Востоке.

И в этой связи 8 сентября 1937 г. вышел приказ народного комиссара путей сообщения Кагановича Лазаря Моисеевича об организации в Хабаровске института инженеров железнодорожного транспорта. Основой для этого документа стало решение ЦК ВКП(б) и СНК СССР от 17 августа 1937 г. в котором указано: «В целях подготовки постоянных инженерно-технических кадров для дорог Дальнего Востока, особенно из молодёжи коренного населения Дальнего Востока, организовать в Хабаровске институт инженеров железнодорожного транспорта по специальностям: движение и грузовая работа; паровозное хозяйство; постройка железных дорог и путевое хозяйство с общим контингентом студентов 1500 человек».

Именно с этого факта наш ВУЗ ведет свою славную историю.

Основание ХабИИЖТа

В июле следующего 1938 года был заложен первый камень в фундамент первого здания ВУЗа, в котором было запланировано размещение общежития и учебных аудиторий. Начальником строительства, а впоследствии начальником института стал Тимофей Александрович Павленко.

В июне 1939 г. начала работать первая приемная экзаменационная комиссия. Первый набор студентов составил 106 человек. В первые годы в ХабИИЖТе было всего три факультета: паровозный; постройки железных дорог, путевого хозяйства, движения и грузовой работы; механизации путевых и строительных работ. Первыми научно-педагогическими работниками института стали доценты, прибывшие из ЛИИЖТа, Московского электромеханического института транспорта, выпускники Дальневосточного государственного университета.

Во время Великой Отечественной войны в ХабИИЖТе особенно усилилась военная и физическая подготовка на базе военно-физкультурной кафедры. Институт оказывал активно помощь фронту: только за 1941–1943 годы в действующую армию по мобилизации и добровольно ушли 177 студентов, рабочих и служащих института. Но, не смотря на это, кафедры начали проводить научно-исследовательские работы по железнодорожной тематике и лабораторные испытания.

В это время было образовано вечернее отделение с подготовкой инженеров по профилю института. Был открыт первый спортивный зал института.

В 1944 г. состоялся первый выпуск: из стен института вышли 84 инженера. 16 из них получили дипломы с отличием.

В послевоенные годы институт продолжал активно развиваться и к 1947 году насчитывал 28 кафедр. Усилилась связь с производством, стали постоянно проходить научные конференции, развивались новые виды спорта, самодеятельность.

Становление ХабИИЖТа в 50-70-х годах

С 1949 года по 1977 год начальником института, а впоследствии ректором стал Валентин Иосифович Дмитренко.

В 50-х годах XX века институт продолжал свое поступательное движение к полноценному научно-образовательному комплексу. К этому периоду относятся и организация первой базы геодезической и геологической практик, организация на базе ХаБИЖТа учебно-консультативного пункта Всесоюзного заочного института инженеров железнодорожного транспорта и создание собственного заочного факультета.

В этот период началось расширение влияния института на Дальнем Востоке: были созданы учебно-консультационные пункты в Уссурийске, Свободном, Южно-Сахалинске, Иркутске (будущий ИрГУПС), Чите.

Продолжалось совершенствование материальной базы: создавались новые учебные и научные лаборатории, было завершено строительство здания общежития, сдан в эксплуатацию главный корпус ХаБИИЖТа, одной из визитных карточек Хабаровска. ХаБИИЖТ прирастал и современной электронной техникой: в институте введена в эксплуатацию первая в Хабаровском крае ЭВМ «Урал-2».

Расширился перечень образовательных программ. В середине 60-х годов был создан Факультет повышения квалификации, который и сегодня активно развивается, используя тесные контакты со многими предприятиями и организациями Дальневосточного региона.

Активную позицию в развитии института всегда занимали его студенты. И на заре стройотрядовского движения первый студенческий строительный отряд в крае появился в 1966 г. именно в ХаБИИЖТе. Назывался он «Энергия» и насчитывал 100 бойцов. Уже на следующий 1967 год в ХаБИИЖТе были созданы студенческие отряды «Механик», «Горизонт», «Луч», «Паллада», «Пегас» общей численностью 500 бойцов.

Не обошла стороной институт и «стройка века» – БАМ. В течение только двух лет, с 1974 по 1975 гг., на строительство БАМа было направлено 110 молодых специалистов от ХаБИИЖТа.

УКП в г. Чите преобразован в филиал ХаБИИЖТа.

У студентов и преподавателей появилась возможность реализовывать все свои спортивные таланты: в 1969 г. был открыт спортивный комплекс ХаБИИЖТа. А уже в 1976 г. после принятия в эксплуатацию лабораторного корпуса и двух девятиэтажных пристроек к нему значительно расширились учебные площади института.

К этому времени ХаБИИЖТ сформировался как крупный учебно-производственный комплекс, и был официально признан одним из ведущих транспортных ВУЗов страны.

Развитие ХаБИИЖТа в 80-е годы

В феврале 1977 г. приказом Министерства путей сообщения на пост ректора ХаБИИЖТа был назначен Артур Григорьевич Тиличенко.

В 70–80-е годы XX века характерной особенностью жизни ВУЗа стала связь с производством. Управление ДВЖД и ученые ХабИИЖТа совместно решали задачи улучшения научно-технического потенциала дороги.

В рамках взаимодействия организовано научно-творческое объединение «Дальневосточная дорога – ХабИИЖТ», была разработана комплексная целевая программа совершенствования работы Хабаровского железнодорожного узла, активно внедряются научные разработки ВУЗа, создаются филиалы кафедр на производстве.

Развивается учебно-материальная база, институт прирос общежитиями, в 1981 году начата работа по формированию фондов музея.

Открыт учебно-консультационный пункт в г. Тынде.

В ноябре 1988 г. состоялось заседание расширенного Совета института, на котором впервые избирался ректор. Им стал Виктор Григорьевич Григоренко.

ХабИИЖТ–ДВГАПС–ДВГУПС

В сложный постперестроечный период, несмотря на экономические трудности в стране ВУЗ не остановил своего развития. Так, например, был создан Лицей для выпускников железнодорожных школ.

В первый год работы Лицея 39 юношей, приехали в ХабИИЖТ со всех отделений ДВЖД. До сих пор Лицей ВУЗа – одно из самых популярных учебных заведений у старшеклассников Хабаровска и Хабаровского края.

Международное сотрудничество в этот период стало одним из приоритетных направлений в работе ВУЗа. В ХабИИЖТе начали учиться иностранные студенты: в 1992 г. более 100 китайских студентов прибыли на учебу из Харбина и Чаньчуня. В 1996 г. была открыта первая совместная образовательная программа двойных дипломов с Университетом Аляски, США.

В марте 1993 г. совершилось одно из эпохальных событий в жизни ВУЗа: был официально утвержден новый статус – институт стал Дальневосточной государственной академией путей сообщения (ДВГАПС). А в марте 1997 г. приказом Министерства общего и профессионального образования Российской Федерации Дальневосточная государственная академия путей сообщения переименована в Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС).

Количество специальностей выросло в четыре раза, а контингент студентов утроился. Активно работает аспирантура университета. Реконструировано общежитие № 1 под учебный корпус, построены новые общежития.

Из учебно-консультационных пунктов созданы филиалы университета в Свободном, Южно-Сахалинске, Уссурийске, Тынде.

Университет на рубеже веков

В начале XXI века значительно расширилась география ВУЗа – в состав университета вошли техникумы железнодорожного транспорта всего региона.

В это время ДВГУПС получил не только российское, но и международное признание. ВУЗ удостоен национальной общественной премии России «Золотая колесница» в престижной номинации «Лидер российской транспортной науки и образования», а также международной награды «EUROPEAN QUALITY AWARD» как один из ВУЗов – лидеров российского высшего образования.

В 2007–2008 годах университет стал победителем в рамках приоритетного национального проекта «Образование».

В декабре 2007 г. был избран на должность ректора ДВГУПС Борис Евгеньевич Дынькин.

Постоянно открываются новые специальности, налаживаются международные контакты, расширяется ареал взаимодействия в науке. Университет стал инициатором создания Международной ассоциации транспортных ВУЗов АТР, в которую вошли более 25 организаций из стран региона.

ДВГУПС получил золотую медаль в сфере информационной безопасности крупнейшей Всероссийской конференции «Инфофорум». В 2012 году, в год своего 75-летия университет повторно удостоился изменившей свой статус международной общественной премии «Золотая колесница».

Университет стал координатором работ по модернизации Северного широтного хода.

Университет сегодня

В настоящее время университет является одним из крупнейших образовательных центров и крупнейшим транспортным ВУЗом на Востоке России. ДВГУПС представляет собой единый научно-образовательный комплекс, реализующий программы общего, среднего профессионального, все уровни высшего и дополнительного образования в Хабаровске, Уссурийске, Свободном, Тынде, Южно-Сахалинске.

Главной задачей ВУЗа остается обеспечение кадрами транспортной отрасли региона, а также научное сопровождение проектов экономического развития Дальневосточного федерального округа.

В университете реализуется современная парадигма – «образование через всю жизнь». Количество реализуемых основных программ около – 150 и, кроме того, порядка 100 программ в области дополнительного образования.

Контингент обучающихся в целом по университетскому комплексу составляет около 20000 человек.

В последние годы по количеству принятых заявлений и зачисленных студентов университет заслуженно занимает лидерские позиции в Хабаровском крае и Дальневосточном регионе.

Ежегодно, завершив обучение, стены ДВГУПС покидают более 3500 специалистов, бакалавров, магистров, аспирантов. За свою 80-летнюю историю ВУЗ стал «alma mater» для 82000 выпускников. Так, инженерно-технический и управленческий состав железных дорог Дальнего Востока и Забайкалья на 80% укомплектован выпускниками ДВГУПС.

В ДВГУПС на протяжении более чем 60 лет работает военная кафедра, а ныне – Институт военного обучения, где ведется подготовка по программам подготовки офицеров, а также солдат и сержантов запаса.

Студенты постоянно подтверждают статус ВУЗа, являясь победителями и призерами в мероприятиях всех уровней, именными стипендиатами, участвуют в многочисленных международных и всероссийских студенческих олимпиадах. ДВГУПС стал абсолютным чемпионом по результатам Международной олимпиады в сфере информационных технологий «IT-Планета», в котором участвовало 158 ВУЗов из 108 городов. В копилке ВУЗа призовые места в финале Национального чемпионата «Молодые профессионалы» WorldSkills Russia.

Сегодня ДВГУПС располагает мощнейшей учебной и научной базой. Это – научно-исследовательские лаборатории по проблематике региона, научно-инженерные и научно-внедренческие центры, творческие коллективы кафедр, собственная издательская база, все необходимые условия для занятия спортом и творчеством.

Постоянно создаются новые лаборатории, оснащенные инновационным оборудованием, современной информационно-вычислительной техникой. За последние годы созданы лаборатории: «Микропроцессорные системы управления движением на станции», «Перспективные транспортные технологии и системы», «Техника высоких напряжений» и другие.

Учебный процесс реализуют около 1000 преподавателей, из них более 600 штатных работников профессорско-преподавательского состава, более 65 % из которых имеют ученые степени или звания.

НТБ ДВГУПС является одной из крупнейших в Хабаровском крае, ее совокупный библиотечно-информационный фонд составляет более 1,3 млн. экз.

Результаты ДВГУПС в деле подготовки кадров признаны работодателями ДВ региона. Доказательством этого являются высокий уровень трудоустройства и получение университетом свидетельств о профессионально-общественной аккредитации образовательных программ.

Система повышения квалификации и профессиональной переподготовки в университете – это также результат слаженной работы коллектива университета. Ежегодно по программам ДПО в университете проходят обучение около 10000 человек по программам, связанным с приоритетными направлениями экономики, науки и техники.

Как и для любого современного ВУЗа, одним из важнейших направлений деятельности ДВГУПС является проведение научных исследований. Научная деятельность университета на всем протяжении отмечена славными вехами: создание проблемных лабораторий для нужд различных отраслей народного хозяйства, подготовка кандидатов и докторов наук, зарождение научных школ.

Так, первой научной школой, на базе которой в 1950 году была открыта аспирантура, является школа «Исследование проблемы проектирования, строи-

тельства и эксплуатации инженерных сооружений в условиях промерзающих грунтов», основателем которой является д.т.н., заслуженный деятель науки и техники РСФСР Александр Васильевич Паталеев.

За многолетнюю историю аспирантуру ВУЗа закончили более 1000 человек, более 600 из них защитили кандидатские диссертации. В докторантуре университета подготовлено 64 доктора наук.

Только за последние пять лет учеными ВУЗа опубликовано более 250 научных статей, индексируемых в международных наукометрических базах, более 6000 статей входящих в РИНЦ, более 1000 статей в изданиях из перечня ВАК.

Наши студенты участвуют во всех профильных научных мероприятиях, проводимых в регионе. Только за последние годы более 10000 студентов ДВГУПС приняли участие в научных мероприятиях, из них более 3000 стали победителями. Среди достижений: I место в конкурсе молодёжи и студентов России и Китая «Инновационная деятельность и открытие бизнеса» (КНР); Абсолютное чемпионство ДВГУПС по результатам Международных олимпиад в сфере информационных технологий.

Впечатляют цифры и только за последний учебный год: 58 побед в научных конкурсах, 28 побед в интернет-олимпиадах, 134 победы в олимпиадах, 283 лауреата конференций.

Неотъемлемой составляющей научных исследований является изобретательская деятельность ученых и специалистов университета. Систематическая правовая охрана изобретений в ДВГУПС осуществляется с 1975 года. Результат этой деятельности – создание прототипов, экспериментальных действующих образцов, технологий, востребованных производством («свежий» пример – заинтересованность руководства компании «Локомотивные технологии» образцами продукции профильной кафедры). За период с 1975 по 2016 год сотрудниками ВУЗа создано 415 изобретений и 131 полезная модель.

В планах развития университета предусматривается формирование на базе университета регионального транспортного научно-инновационного центра, увеличение объема и расширение тематики научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

В современных условиях глобализации университет активно развивает международную деятельность. Международное сотрудничество ДВГУПС эффективно реализуется в формате: международных ассоциаций и консорциумов, совместных образовательных программ, академических обменов, краткосрочных профессиональных стажировок и летних школ.

Первым ВУЗом-партнером в области международного сотрудничества стал Хэйлунцзянский университет (г. Харбин, КНР). Первый набор иностранных студентов произошел в далеком 1988 году.

За прошедшие годы в ДВГУПС прошли обучение более 5,5 тыс. человек из разных стран мира. На сегодняшний день у ВУЗа около 70 иностранных партнеров из КНР, Австралии, Японии, Вьетнама, КНДР, Монголии, Республики Корея, США, Казахстана, Кыргызстана, Узбекистана, Украины.

Университет состоит в пяти международных ассоциациях и консорциумах: Международная ассоциация транспортных университетов стран Азиатско-Тихоокеанского региона (МАТУ АТР), Ассоциация ректоров транспортных ВУЗов РФ и Китая, Ассоциация ВУЗов Дальнего Востока и Сибири России и Северо-Восточных провинций Китая (АВРИК), Российско-Кыргызский консорциум технических университетов (РККТУ), Консорциум ВУЗов Китайско-Российского международного университета.

Сегодня в состав Международной Ассоциации транспортных университетов, созданной при поддержке университета, входят 28 участников из 8 стран (Китай, Республики Корея, Казахстана, Узбекистана, России, Австралии, Украины и Монголии). В рамках МАТУ АТР проводятся международные симпозиумы транспортных университетов Европы и Азии, организован сетевой университет транспорта и логистики стран АТР, реализуются совместные исследования, профессиональные стажировки, краткосрочные программы и проекты.

Ежегодно в ДВГУПС проводится Хабаровская международная летняя школа, за время существования которой в обучении приняли участие более 1000 иностранных слушателей.

Поддерживая и укрепляя международные связи с давними партнерами, ДВГУПС всегда открыт для новых проектов и предложений.

В ДВГУПС студенчество наравне с ППС выступает полноправным субъектом организации жизнедеятельности университета. Высшим совещательным органом «студенческой республики ВУЗа», является Совет обучающихся. В него входят студенческие сообщества по направлениям деятельности:

- студенческая профсоюзная организация (охват более 5000 человек), обеспечивает защиту прав и социальную поддержку студенчества, и представляет его интересы на всех уровнях власти.

- совет студенческого самоуправления университета – это организация социально-значимых и творческих проектов на уровне ВУЗа, края, региона.

Основными направлениями деятельности студенчества при поддержке преподавателей и сотрудников ВУЗа, стали: общественно-значимая деятельность, творчество и спорт.

Студенчество ВУЗа входит в Молодежное правительство при Законодательной Думе Хабаровского края, работает в Молодежной общественной палате при Законодательной Думе края, участвует в региональном фестивале «Альма Матер», реализует программу формирования здорового социального пространства «Я выбираю жизнь», продолжает многоэтапный поисковый проект «Память сильнее времени». И это только часть из десятков ежегодных проектов.

14 волонтерских отрядов университета работают в 5 основных направлениях: социальное, событийное, волонтерство Победы, экологическое, сопровождение инклюзивного образования.

Уже 10 лет добровольческое движение ДВГУПС «Динамика» удерживает лидерство добровольчества в городе Хабаровске.

В этом году исполнился 51 год студотрядному движению ВУЗа.

Творческие коллективы ВУЗа ежегодно принимают участие более, чем в 100 творческих проектах. Одними из крупнейших являются «Студенческая весна», «Гаудеамус», «Золотая Лира».

Двум творческим коллективам ДВГУПС присвоено звание «Народный коллектив любительского художественного творчества», подтверждаемое ими более 10 лет. 3 известных российских творческих коллектива образовали выпускники шоу-группы «Планета Голливуд».

11 сезонов творческие коллективы ВУЗа удерживают первенство на фестивале «Студенческая весна», борясь, побеждая, завоеывая право быть лучшими из лучших. Только за 2016–2017 учебный год у творческих коллективов университета 28 дипломов 1, 2, 3 степени краевых, региональных и всероссийских фестивалей и конкурсов.

На спортивной базе университета более 5000 студентов систематически занимаются физической культурой – на занятиях, в секциях, группах спортивной направленности.

В университете культивируется 33 вида спорта, от футбола до скалолазания.

Только за последние годы тренерами ДВГУПС подготовлено: 38 победителей и призеров Всероссийских турниров, 26 победителей и призеров первенств и чемпионатов России, 92 победителя и призера первенств и чемпионатов ДФО, 22 победителя и призера Спартакиады студентов транспортных ВУЗов России.

В 2016-2017 учебном году подготовлены: 14 мастеров спорта России, 36 кандидатов в мастера спорта России, 149 спортсменов 1 разряда, 267 спортсменов массовых разрядов.

Наш университет уверенно смотрит в будущее. И в этом заслуга всего коллектива преподавателей, сотрудников и студентов ВУЗа.

Литература

Интернет-ресурс: <https://prezi.com/view/rVj2XEqZQKQensZSDaF>. 26.10.2017.

УДК 656.225:658.011.56

Dr. Abhyuday, Indian Railways Institute of Mechanical & Electrical Engineering,
Jamalpur, Munger, India

COST REDUCTION POLICIES AND DRIVING BEHAVIOUR. IR TRAIN DRIVERS INFLUENCING DIESEL TRACTION ENERGY CONSUMPTION

The 70 % of Indian railways trains are running by diesel locomotives which accounts for 15 % of working expenses. Energy efficient train driving tactics reduces the fuel consumption without having to invest in heavy and expensive energy-efficient equipment. In manual driving, contrary to automatic train operation (ATO), drivers need to manipulate the notch (throttle) and the brake

throughout the journey. Driver cannot keep the same speed for a long time but iterate acceleration and braking. Driver operating on same line, same traction unit and time-table shows significant variations in energy consumption. Any mismatch in throttle opening and speed of a train produces excess black smoke of unburnt fuels. Thus good drivers are those who can use notch and brake handles efficiently in a given route conditions. For empirical study using same route and timetable, a group of 140 diesel drivers is tested for soft skills. Features of soft skills of driving such as frequency of acceleration, braking efforts, choice of speed and exploitation of coasting possibilities varies significantly from driver to driver. However training, route learning and experience also gradually improve the soft skills of driving. Finally ideal driving style will be those who have shown frugal use of driving traits such as average time spent in each notch, average fuel spent in each notch, count of brake applications, coasting percentage and punctuality. This paper provides a simplified approach for assessment of fuel consumption and running time to find out more suitable driving style to save energy as well as running time for the diesel locomotive driven trains of IR. The «Eco driving» is the economical use of kinetic energy. Experimental results show that in the manually driven trains, there is a possibility of fuel saving by 30 %. The purpose of this paper is to explain how to scale the various soft driving skills among diesel train drivers of Indian Railways and how to fix best fuel quota for a given journey of a train.

Key words: Eco driving; soft skills driving; diesel-train drivers; energy consumption.

1. Introduction

Indian Railways' total cost is dominated by staff cost, pension fund and fuel. Both pension and fuel expenses are external to the system and have been increasing (S. Pitroda, 2012). In IR, diesel locomotive is still dominating the population of IR's locomotives. Diesel is most suitable mode of traction where frequency of rail traffic is low. Electric tractions have been mostly provided in dense traffic. As on 31.03.2010 out of total 20059 route kilometre of IR only 64015 route-KM is electrified i.e. 68.67 % of total route-KM trains are operated by diesel locomotives. 70 % of Indian railways trains are running by diesel locomotives which accounts for 15 % of working expenses. Figure 1 shows that the cost of fuel is still dominating in energy costs. Thus, a reduction in energy consumption might account for a huge saving as well as reduction in working expenditure. Thus in this chapter only diesel traction drivers have been evaluated on the basis of fuel saving driving style.

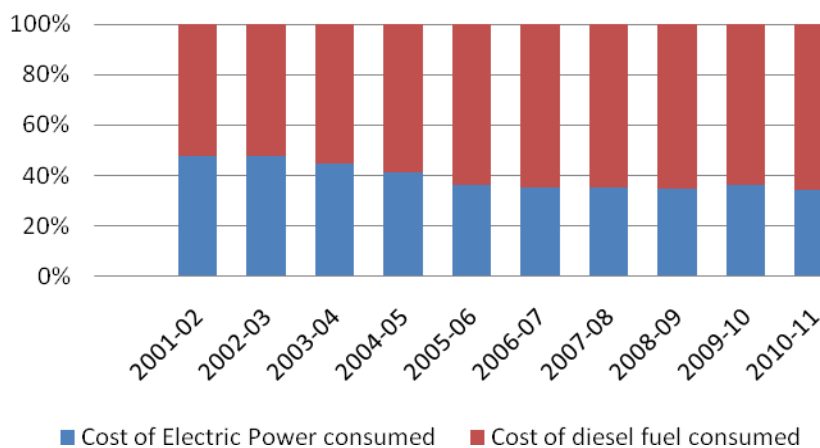


Fig. 1. Percentage energy costs during 2001--02 to 2010--11

Recently, railways across the world are putting effort towards reducing energy consumptions, reduction of carbon emissions and working costs reduction. After phasing out steam traction, there remain, mainly, two choices for providing traction energy and they are: diesel locomotives and electric locomotives. Diesel and electric locomotives are widely employed for traction around the world. Apart from the increasing the mechanical efficiency of a locomotive, there are several other ways for reducing energy consumption. Prominent among them are: improving train aerodynamics or rolling stock, improving the train control, constructing more energy-efficient timetables, energy-friendly driving regimes, and meticulous use of tractive effort while driving. Off late there has been an increased attention towards driving styles which is considered as one of the major factors that influences fuel consumption. Energy efficient train driving tactics reduce the fuel consumption without having to invest in heavy and expensive energy-efficient equipment. For IR fuel cost being one of the major components of the total costs of operation it is necessary to explore the possibility of reducing fuel consumption through means like improving driving behaviour. The potential for such savings can be significant as 60 % of locomotives for IR are diesel locomotives and are operated manually. This chapter is aiming to provide with a simplified approach for assessment of fuel consumption in terms of driving style of the Indian railway particularly diesel locomotive driven trains.

1.1. Review of literature

A lot of money can be saved by reducing the fuel consumption of the train. Energy efficient train driving tactics reduces the fuel consumption without investing in heavy and expensive energy-efficient equipment. In manual driving, contrary to automatic train operation (ATO), drivers need to manipulate the notch (throttle) and the brake throughout the journey. Driver operating on same line, same traction unit and timetable shows significant variations in energy consumption among themselves. Any mismatch in throttle opening and speed of a train produces excess black smoke of unburnt fuels. Thus good drivers are those who can use notch and brake handles efficiently in a given route conditions.

Kinematic or dynamic motion equations i.e. (Newton's motion formulas) are used to model movement of a train by many authors. Appropriate operation strategies can be reduced energy consumption significantly. Using genetic algorithm Han et al. (1999) has designed the optimal train driving strategy for Automatic traffic operation (ATO). Further the algorithm was applied for conducting cost benefit analysis of the Seoul city MRT. McLeod et al (2005) has modelled train driver performance and analysed it from ergonomics point of view. The situational models developed have established the importance of understanding the state of driver cognition at specific time in a specific situation under the specific context. Smith (2012) has suggested that driving styles are one of the major factor for low energy consumption and concluded that the increasing the carrying load factor (passenger occupancy achieved) of trains are the best way of improving energy efficiency of railways. Albrecht et al. (2014) used the theory of optimal train control of a train. It was suggested to use me-

ticulously the four driving modes i.e. maximum power use, hold power, coast whenever possible, hold regen (if the train has regenerative braking), results of minimum energy savings. Using realistic examples authors has shown that overall energy consumption can be reduced by using more power during acceleration. Chevrier, Pellegrini and Rodriguez (2013) have proposed energy saving methods by minimizing both energy consumption and running time of trains. Alternative running times have been calculated using both bi-objective evolutionary approach and the maximum principle. Results have shown that coasting or cruising increases travel duration but deduces the energy consumption. Many authors have studied the efficient driving parameters on high speed trains.

Sicre et al (2014) has used genetic algorithm and a fuzzy model to Spanish high speed line, and plotted Pareto curve for energy consumption (in KWH) and running time (in second) and shown that optimal driving has significant energy savings potential (6.7 %). Qualitatively and quantitatively Bocharnikov et al. (2007) have shown that energy saving are affected by the acceleration and braking rates applied by drivers. Though coasting increases the total journey time considerably but appropriate driving skills (coasting, traction and brake application) helps in energy savings. Applying genetic algorithm on a 8.53 km section of DC suburban railways it was shown that 12.5 % penalty in running time can contribute utmost 31.27 % of energy saving. In Martin's (2008) study it is shown that mere 5 % extension on run time can produce energy savings up to 20 % on a suburban system. Norio (2003) develops a model which estimates power consumption at high precision with 2 % deviation from real situation. It is found by Baldassarra et al. (2011) that 7 to 20 % reduction in energy consumption can be obtained by reducing maximum speed to eco-speed and tactfully performing coasting. A full scale testing of running resistance of train and driver behaviour of Sweden Railway has been modelled by Lukaszewicz (2001). The model shows that only slight increase of running time of manually driven freight trains can reduce the energy usage by 10–25 %. Grabocka et al. (2014) has recommended optimal policy for eco driving and shown that up to 50 % energy saving can be obtained if drivers follow the policy.

Due to potential cost saving and reduction in carbon emission eco driving has caught the attention of many railway companies across the world. 28 European members of UIC have collectively signed a commitment to reduce CO₂ emission to 50 % from their railway operations by 2030 with respect to base year 1990. SNCF, a French railway has introduced a 19-step energy saving program to reduce this consumption and saving of 5–10 % SNCF's energy costs (Veitch, 2012). In UIC monitoring report of 34 companies based in 29 countries of Europe including Russia (RZD) and Turkey (TCDD), total energy consumptions has been reduced to 25 % compared to total energy consumption of 74814 GWh in 1990 (UIC, 2012). Energy consumption of a train strongly depends on traction system and comfort function equipment's rather on real efficiency of instantaneous operational parameters and maintenance conditions (UIC UNIFE, 2010). According to Danish State Railway

(DSB) report, different driving style could cause relevant variation among different drivers operating same traction unit and timetable (Buchwald, 2009). Deutsche Bahn AG of German railway has reported a potential saving of 80,000 Euro per day through energy efficient driving (Strössenreuther, 2004).

The situation of railway transportation in developing and emerging countries like India is quite different from the developed countries where trains are being operated by automatic control operation (ATC). In IR trains are controlled manually and instruction of sectional controllers and experience is the prime criteria for driver's allocation. So to keep pace with international developments on energy savings it has become important for IR to find appropriate eco driving behaviour.

1.2. Objective and Methodology

Based on the previous discussion and the review of literature the following objectives are identified for this study is to evaluate fuel consumption among Diesel Traction Drivers and provide a roadmap for possible savings in fuel costs. For finding IR driver behaviours while driving a locomotive, an experiment has been conducted using 146 drivers. The data collected through test-drive has been analysed to calculate potential fuel savings.

2. Driving Style as a Strategy for Reducing Energy Consumption

While driving any vehicle the throttle movements is an important parameter. In locomotive throttle handle is provided in form of eight notches. Each notch can be applied by driver in stepwise to accelerate the train. Each step of notch is dedicated eight different types of speed ranges. Too rapid notch changing indicates amateur driving and should be avoided. The train movement has three positions: accelerating mode, idle mode or decelerating mode. The movements of notch not only control the speed of a vehicle but also put control on the fuel consumption. Experienced drivers use the notch prudently. Rash driving consumes more fuel. Figure 2 shows a conventional mode driving.

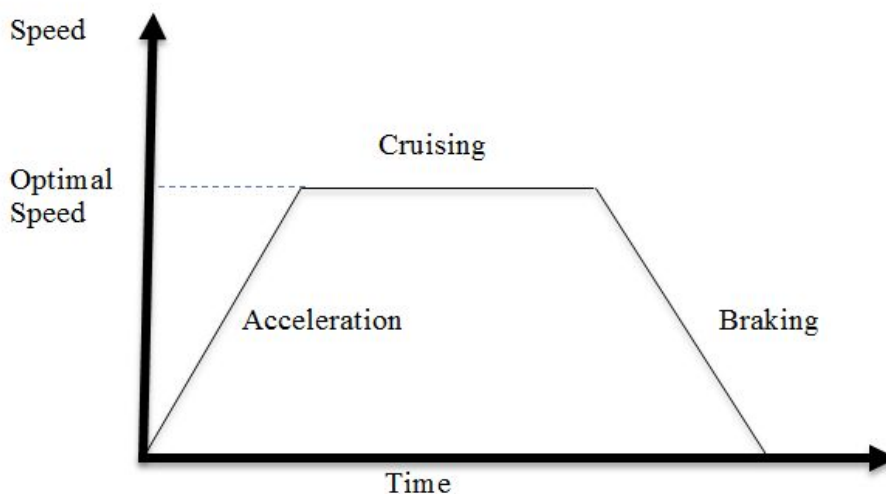


Fig. 2. Conventional mode of driving

The decelerating mode is also known as braking mode. Braking generates friction and heats and wastes the kinetic energy of the vehicle. Short application and short release of brakes also affect the traction efforts badly. A brake handle is provided in diesel locomotive which operate the A-9 valve which apply braking force to stop a train. Brake system uses pneumatic pressure which is build up by a locomotive. To achieve simultaneous braking, coaches are interconnected with pneumatic pipes. Discontinuity of supply of pneumatic pressure results in braking. The gradual and simultaneous braking phenomena of a train distinguish it from other transporting vehicles. Sudden stop or irregular application of notch produces jerks which is a chief cause of parting a train.

Thus in train, drivers have only two handles to operate a train: notch i.e. throttle handle and braking handle. Mismatch in throttle opening and speed of a train produces excess black smoke. In Automatic Train Operation (ATO) drivers just push the start button when they want to start train and they do not need to manipulate the notch and the brake. In manual driving, contrary to Automatic Train Operation (ATO), drivers need to manipulate the notch (throttle) and the brake throughout the journey. Driver cannot keep exactly the same speed for a long time but iterate between acceleration and braking.

Practically the conventional driving regime as shown in Figure 2 is not fully achievable. In addition, they apply coasting for smooth running of trains. Figure 3 shows a usual speed profile over one section in four steps (assuming no slope and curve in tracks): acceleration, cruising, coasting and braking.

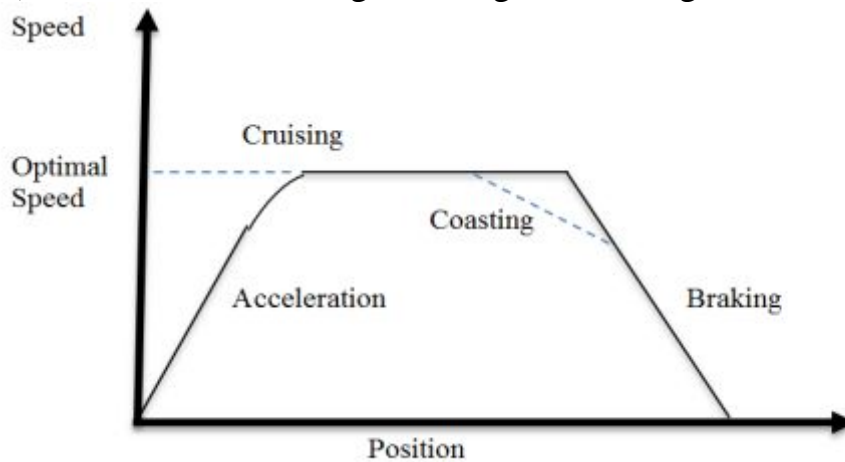


Fig.3. Usual speed profile while driving

Thus, good drivers are those who can iterate these steps of driving efficiently in a given routes conditions and presents a proper distributing of running times in each driving modes: powering, coasting and braking. Fuel consumption during a journey varies from driver to driver. The driving pattern, i.e. the speed over time diagram, has a considerable influence on the energy consumed by a train on a given trip under given restrictions such as time table, stops, speed restrictions on the way and installed traction power. The driving style (i.e. acceleration or deceleration at each point of

trip) should be chosen in such a way to minimize energy consumption while respecting the journey conditions. Good drivers are expected to save fuel/energy as well as observe punctuality by using own strategy in driving style.

Energy consumption decreases when running time is increased because running curves can include considerable coasting time. If train travels at lower speed than scheduled it saves energy but this comes at the expense of punctuality and passengers' annoyance. Trains are driven by driver so it is not possible for drivers to run the train following the ideal assumptions. Driver operating on same line, same traction unit and time-table shows significant variations in energy consumption.

Some drivers have the potential to improve their fuel efficiency significantly (Beusen B, 2009). Thus, a train-driver efficiency can be compared either on the basis of time saved or save in fuel consumption. Though drivers can be graded on the basis of fuel efficiency but reduction of energy consumption by increasing travel time is also not advisable. Especially in diesel driven trains, for sustainability, saving in energy consumption is inevitable. Prudency in driving can be achieved by experience and training. Prior knowledge of travel routes is also advantageous which gives opportunity to plan the driving. A crew can chose a strategy either to drive a train from energy saving point of view or time saving point of view. Thus in a manual driving, driving styles can affect the fuel consumption significantly. So quantification of the variation in driving style among the diesel traction trains is needed. In following sections each mode of the train movement is described using Newton's motion equation.

3. Theoretical Background

A train moves forward if traction force (v) is more than running resistance(v).

Running resistance is offered due to rolling friction, bearing friction, air resistance and track topology. If m_{train} is the mass of the train running with v speed then the following energy balance equation holds.

$$F_{tr}(v) - F_r(v) \geq m_{train} v \frac{dv}{dx} \quad (1)$$

Where $\frac{dv}{dx}$ is referred as the velocity profile with respect to distance (x) and is given by the following equations:

$$\frac{dv}{dx} = \frac{F_{tr}(v) - F_r(v)}{m_{train} v}$$

Total Energy Consumption (TEC) by single train to roll the train's (TEC_{train}) is calculated with respect to distance (x) and the following relationship is used for cal-

culating the above, where η is indicating efficiency of traction system which varies between 0 and 1.

$$TEC = \eta TEC_{train} = \int F_{tr}(v) dx$$

In electric locomotive pantograph is used to collect power through contact with an overhead catenary wire. The power required is the sum of energy consumption for traction and passenger comfort. For diesel driven trains, power needed at passenger compartments are fulfilled by batteries; hence, power consumption in providing passenger comfort has been discarded. Total journey time is calculated by integration of time (t) for each calculation step

$$\int t dx = \int \frac{x}{v} dx$$

According to the theory of optimal control, there are four optimal regimes defined by application of the Maximum Principle – acceleration at full power, cruising at constant speed, coasting (inertia motion while the engine is stopped), and maximum braking (according to the service braking, softer than emergency braking). Tractive forces are applied to achieve certain speed. During application of notch, train accelerates. Let F_{max} be the maximum tractive effort produced to attain speed v , then during acceleration the following relationship holds.

$$F_{tr}(v) = F_{max}(v)$$

If a train runs at constant speed acceleration become nil. In cruising phase, the minimum tractive effort counterbalances the resistance force and therefore, $F_{tr}(v) = F_r(v)$. Skip braking or minimizing the requirement of brake application during the journey can be the good fuel saving strategy which improves cursing possibility. In coasting mode, trains utilize the kinetic energy of the train to overcome the resistance force and runs under inertia. During coasting application, engine is stopped or put under ideal mode. Thus, tractive effort becomes nil i.e. $F_{tr}(v) = 0$. As a consequence, the energy consumption during coasting is lowest.

Brakes are used to stop a train at signal. During braking, no tractive effort is required to pull the train i.e. $F_{tr}(v) = 0$. However, during braking mode, kinetic energies are lost in overcoming frictional forces of brake shoes. In locomotive dynamic brake equipment is provisioned which saves the wheel from worn out. In diesel locomotives, dynamic brakes convert the energy due to motion into electrical energy and dissipated in grids. Whereas in electric locomotives generated electricity by regenerative equipment is returned to overhead supplies for reuse. Figure 4 shows the

above equation of motion graphically which are adopted by train drivers. Speed profile during the journey can be combination of these modes of driving.

To apply the right mode of driving at right time is a very important skill. It can be attained either by training of crew or using on board driver advisory system. On board, Driving Advice Systems (DAS) helps the drivers in selecting the right mode of driving at the right time but in manual driving, these skills vary among the drivers. Also driving pattern cannot be same for the loaded or empty trains, freight train and passenger train operation. The Indian railway has classified their drivers into four grade and only high grade drivers are assigned with the express train operation. The guidelines for the grading of drivers are available in General Rule 1976 which is published by Ministry of railways. At present, gradation on the basis of fuel saving is not in practice.

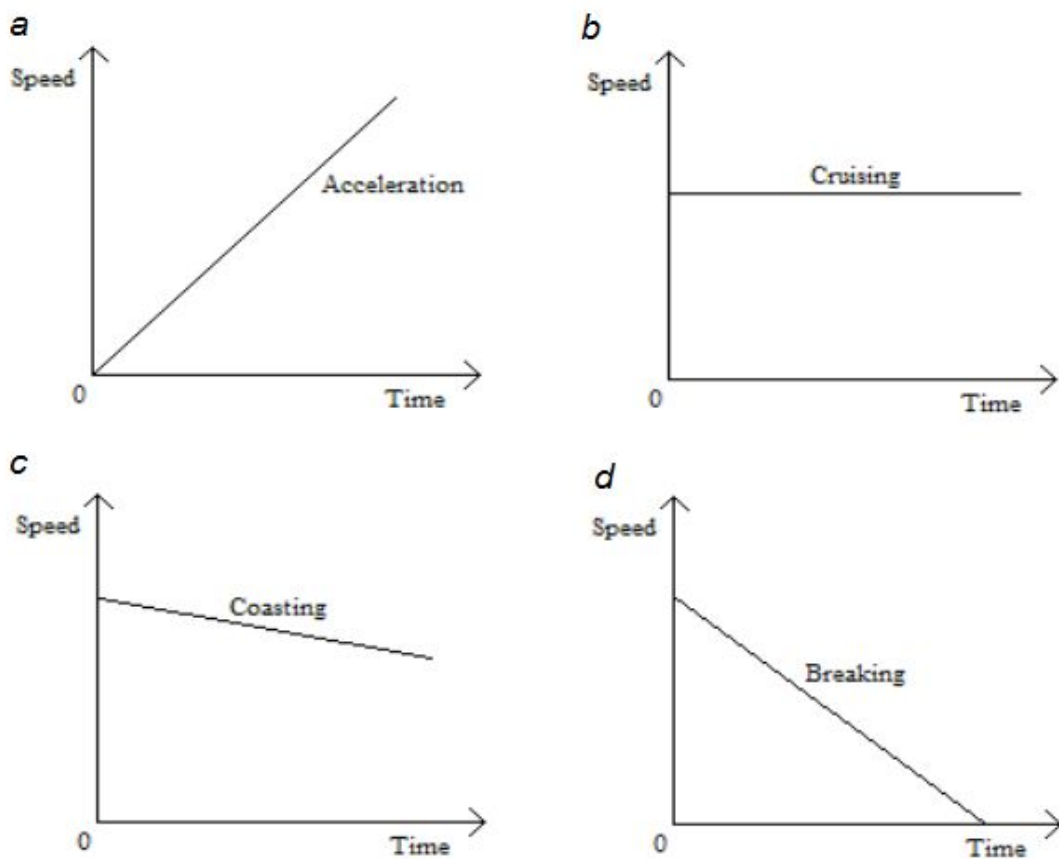


Fig. 4. Different modes of driving; (a) accelerating; (b) cruising; (c) coasting; (d) braking

The purpose of eco-driving or energy efficient driving is to improve fuel economy. Fuel consumption of a train depends on design of engine, engine efficiency and age, aerodynamic drag (significant only at higher speed), rolling friction, track topology, stoppage times, frequency of acceleration and braking efforts etc. Out of which except frequencies of acceleration and braking efforts, all factors are fixed for a given travel route and timetable, hence, the possibility of any short term changes are very low. On the other hand in manual driving, attributes like frequency of acceleration

and braking efforts, choice of speed, exploitation of coasting possibilities, etc. are related to driving skills. These factors are varied by drivers using two handles, Notch handle is used for acceleration and A-9 handle is used for air brake. These aspects of driving can be improved by offline or online counselling and training. Application of on board driving advice units or driving advice systems in locomotives can also be taken as measures for fuel saving in long term and medium term strategy respectively. In present study, the possibility of potential for energy savings in diesel driven trains is analysed which can be categorised as a short term fuel saving strategy.

4. Experimental Design and Data Analysis

To understand the driving behaviour of IR drivers and to draw insights on possible strategies for improving fuel saving this research conducted driving tests on a set of 140 diesel locomotive drivers who are being trained for promotion to higher grades. The changed driving behaviour after training is also analysed to show interrelationships between the variables. The experimental setup is as follows. An exercise with a fleet of 140 drivers and has been conducted in a simulator in diesel locomotive driven passenger train mode with 19 coaches. During the exercise engine horse power, trailing weight and length is kept constant to 6203 HP, 457 meters and 957 tonnes. The test route and timetable are also kept unchanged for all drivers. During the experiment, external resistance forces, engine internal tractive forces, track topology are taken similar. Thus the collected data from the same exercises are assumed to be collected under similar test condition. An eco-driver must use the coasting mode of driving as far as possible and anticipate the signal to pre plan their modus operandi. In Table 1 the test drivers are grouped and rated based on the fuel consumed (each quartile represents a group) during the test driving.

Table. 1. Driver ratings based on fuel consumed in test drive

Rating	Descriptions	Litres of diesel consumed
1	Mean energy consumption below the first quartile for all drivers	< 133.625
2	Mean energy consumption between the first quartile and the median for all drivers	≥ 133.625 & < 140.27
3	Mean energy consumption between the median and the third quartile for all drivers	≥ 140.27 & < 145.155
4	Mean energy consumption above the third quartile for all drivers	> 145.155

The lower range and upper range of fuel consumption for test distance is found 102.7 litres, 182.1 litres respectively. This shows that among diesel drivers the maximum fuel saving possibility (between upper and lower range) is 43.60 %.

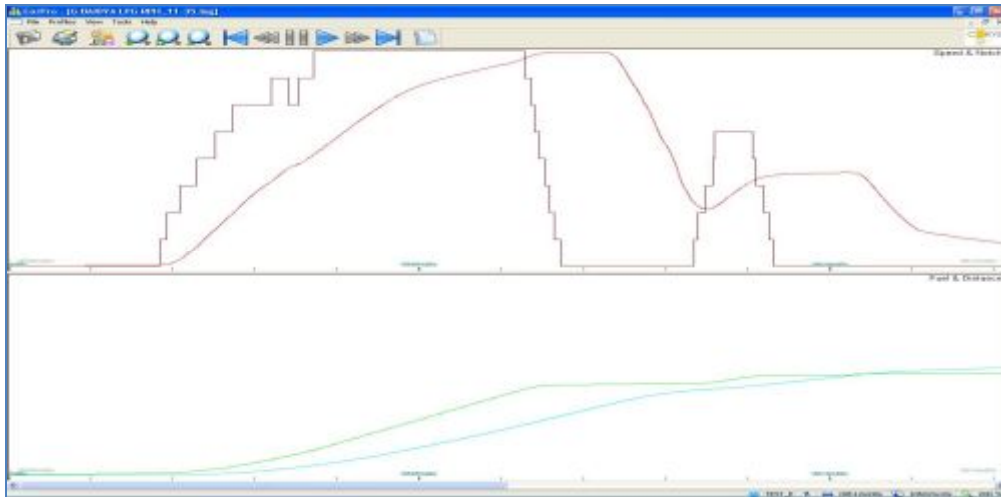


Fig. 5 (a). Example of speed profile and fuel consumption by a driver

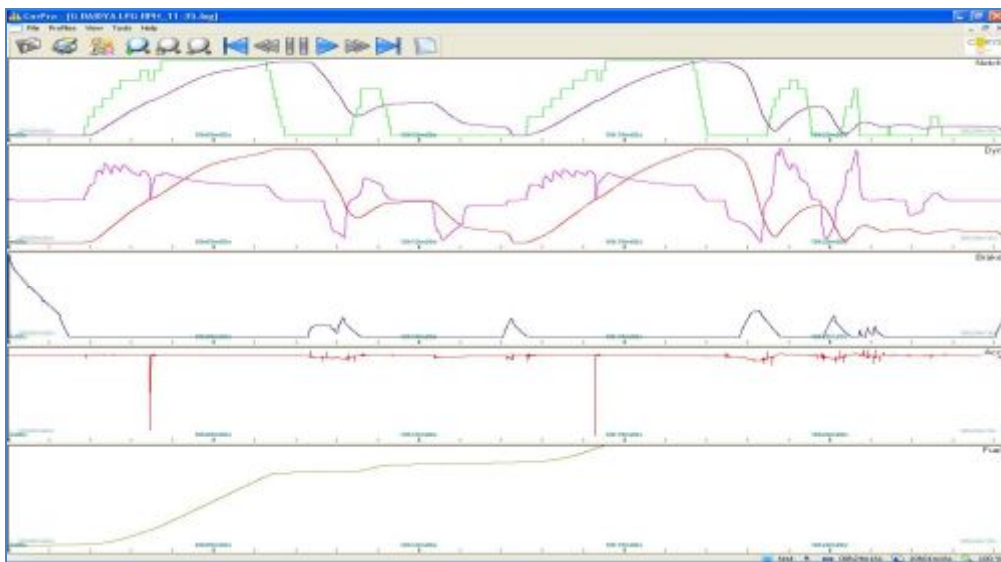


Fig. 5 (b). Driving output (Notch, dynamic, brake, acceleration and fuel) in time window

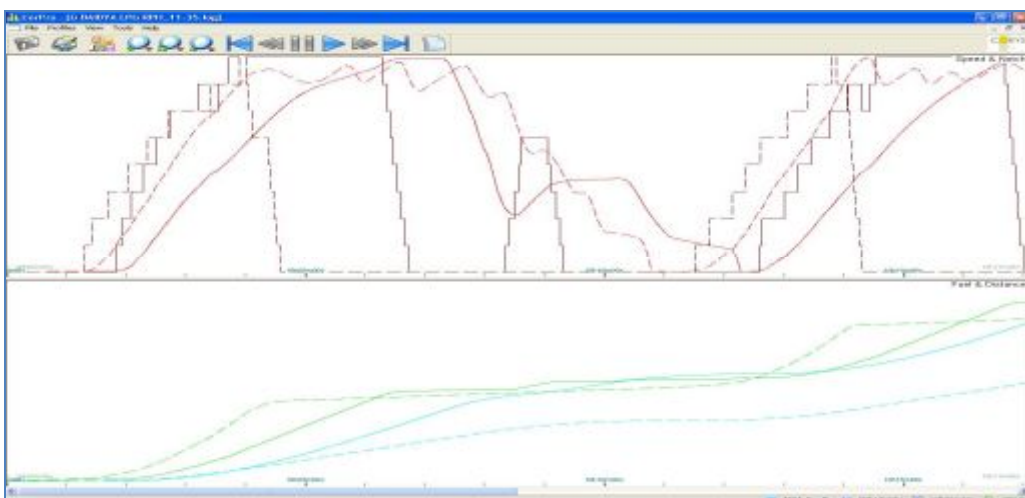


Fig. 5 (c). Comparison of driving pattern by two drivers during the test driver

Figure 5 (a) is a screenshot of the simulator displaying the applied notch, speed achieved, distance travelled and fuel burned in the y-axis with respect to time elapsed which is shown on the x-axis. Stepwise application of notch is shown in step function curve. Speed profile is shown in solid line. In the lower portion of graph, the green line shows the fuel and the blue line shows the distance with respect to time (shown in X-axis).

Figure 5 (b) shows the various driving parameters like notch, dynamic and brake application, acceleration and fuel used, with respect to time. Graph between fuel used and time elapsed shows that drivers has exhausted the allotted fuel quota in the middle of the test run. Presence of more than one speed profile shows the effort of drivers to save fuel by coasting.

Figure 5 (c) shows a comparison of driving pattern adopted by two drivers during the test drive. Curves in solid line shows the applied notch, speed achieved, distance travelled and fuel burned in the y-axis with respect to time elapsed which is shown on the x-axis, for one driver. Similarly dashed line gives these parameters for another driver. The data collected are analysed on the basis of following aspects of driving.

4.1. Maintain a steady speed

Driving at a steady speed is the most important fuel saving strategy. Irregular speed and higher speed driving demand more fuels per kilometer. Optimal efficiency can be achieved subject to cruising with no stop, at minimal throttle applications and transmission at full load condition.

4.2. Minimize idling

Starting and stopping a diesel locomotive consumes more fuel than idling. Hence, maximizing the idling can result in more fuel saving.

4.3. Accelerate gently

Change in position of notch increases the RPM of wheels till peak torque is reached. Each acceleration application requires fuels. Sudden and excessive application of the notch should be avoided by drivers. Notch selection should match the speed requirements otherwise unnecessary fuel burn result in the form of smoke. Fuel requirement of a train is minimized when acceleration is minimized. Figure 6 shows variation in average time spent in each notch (denoted as 1st, 2nd...8th notch) and use of dynamic braking during test run of 140 diesel trains drivers and Figure 7 shows variations in average fuel spend in each notches. Since dynamic braking generates energy hence it is kept under notch category. Higher percentage of fuel burning in 8th notch indicates that notch is a favourite notch.

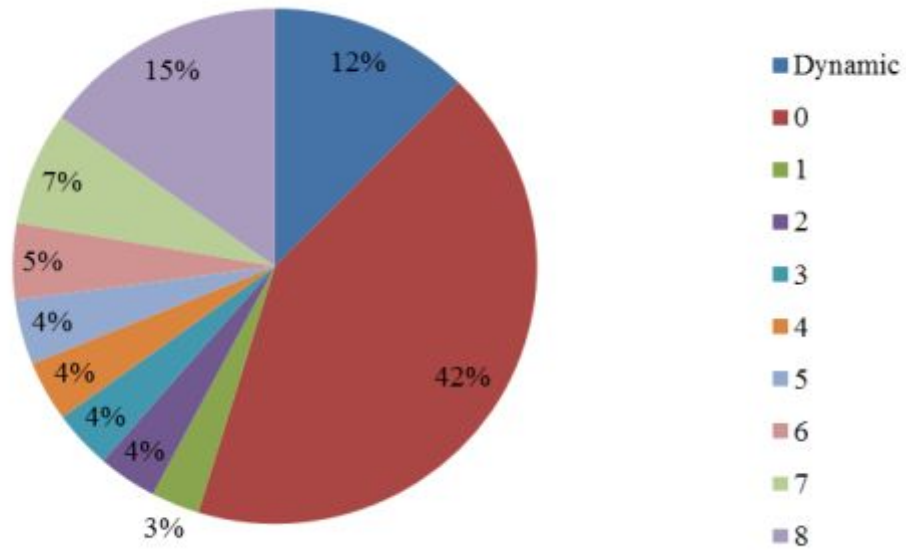


Fig. 6. Average time spent in each notch by 140 diesel train drivers

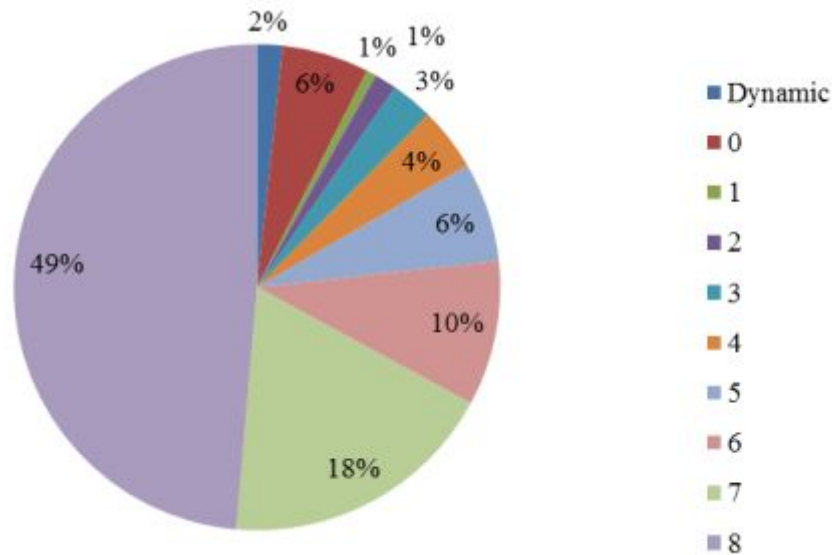


Fig. 7. Average fuels spent in Each Notch by 140 diesel train drivers

4.4. Coasting or gliding

Concept of coasting or gliding is to dissipate stored energy (kinetic and gravitational potential energy) against rolling resistance and aerodynamic drag forces. Experienced train drivers avoid misuse of the stored energy in friction braking. Figure 8 indicate that there is a significant variation in the degree of coasting used by the drivers and only few drivers are able to show extraordinary coasting.

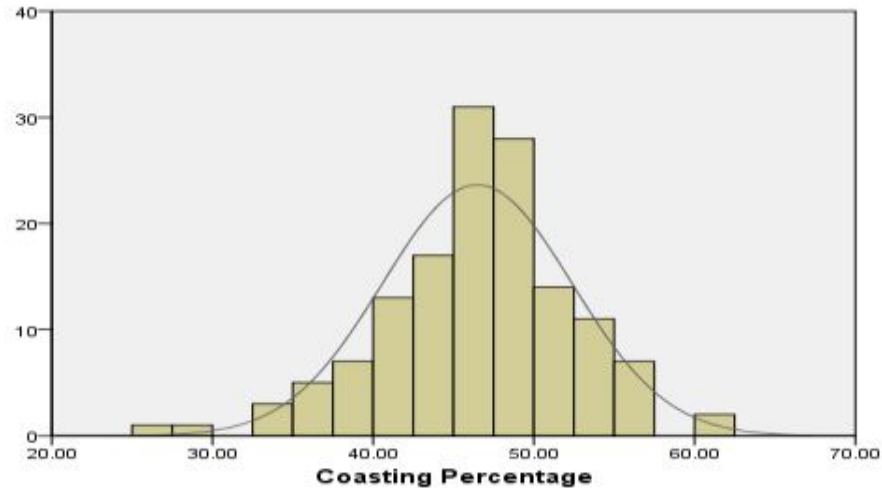


Fig. 8. Count of coasting utilization

Further Figure 9 shows a considerable negative relationship between coasting percentage and fuel burnt during the test journey. Average application of coasting is 47.47 % with standard deviation of 5.66 %. Drivers, who have coasted more is showing less fuel consumption. In fact in a journey there may be several velocity profiles and coasting applications. Awareness of route elevations and track geometries results in more coasting.

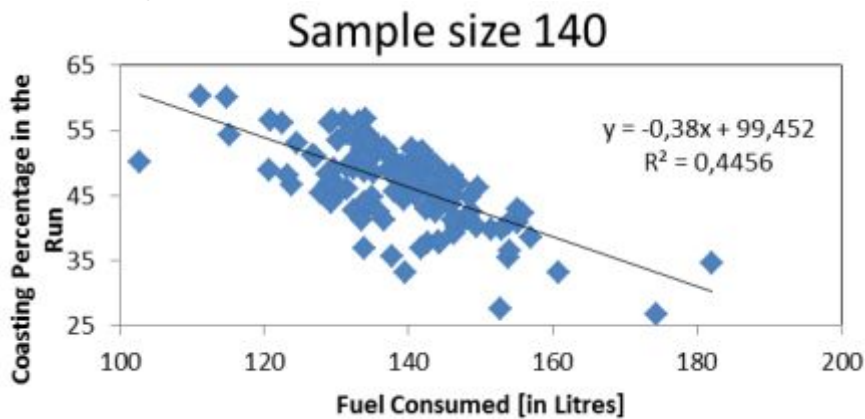


Fig. 9. Relationship between coasting application on fuel consumption

4.5. Dynamic braking

Brakes are applied to reduce the speed of trains by dissipating the kinetic energy due to motion into heat. Some braking equipment has the ability to convert the kinetic energy into electricity rather than wasting them into heat energy. In electric train the regenerative brake equipment generates electrical energy which is either stored or transmitted back to grid for reuse whereas in diesel locomotive dynamic brakes generate electrical energy which is dissipated through a resistive load. So, in this study, possible gains through the use of dynamic braking have not been considered as fuel saving skills. Therefore, it is expected that more full service braking will result in more running time and the fuel consumption. Figure 10 show the variation in the number of times brakes

applied by drivers. Such variation depicts possibility of improvement.

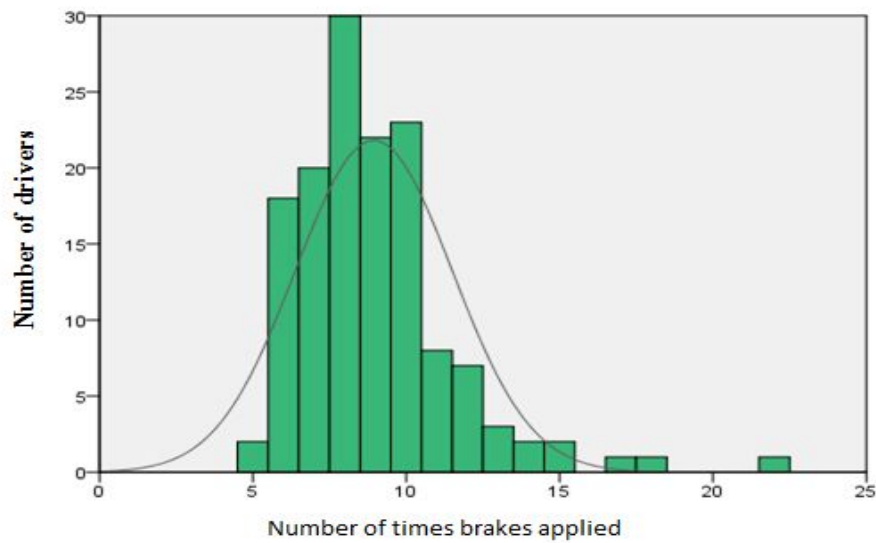


Fig. 10. Count of brake applications during experimental run

Figure 11 shows a relationship between coasting percentage and count of brake application. Coasting and braking is negatively associated. This means drivers who have applied minimum braking during test run displayed increased use of coasting application thus less braking tactic has tendency to save more fuel.

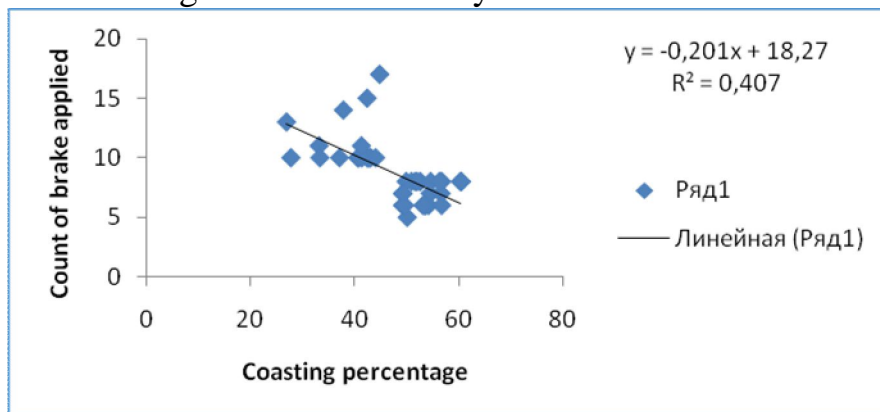


Fig. 11. Relationship between coasting percentage and count of brake application

Thus, results from the experiment show that the drivers tested do not behave uniformly in terms application of acceleration, braking frequency, coasting application resulting in variation in fuel consumed. This leaves immense possibility for savings in fuel consumption. As observed during the experiment and in the results presented above this variation is more behavioural than structural. The driving style definitely can improve through installation of driver advisory devices like, Automatic Train Control (ATC). However, more awareness, counselling and on board training is required to change the driving behaviour in terms of using more of coasting and less of full service braking.

Crew controller (the controlling officer for driver) can also fix a quota for fuel for

each journey to force drivers to drive in a desired manner. Fuel cost being one of the major cost components of IR such efforts can significantly contribute towards financial profitability of IR. The result of test drive among the sample of 140 diesel locomotive drivers shows considerable potential of fuel savings through improved driving skills. As fuel cost is one of the prime contributors to the working expenses, any fuel saving strategy may result in considerable cost reduction. Fuel consumption shows negative relationship with coasting percentage and braking. Experiment suggests that drivers in IR should be encouraged to use more coasting and desist from unnecessary braking. It is concluded that considerable variations exist in driving behaviours. The driving skill can be improved through driving training or application of on board driver advisory system.

5 Conclusions

The result shows that the fuel consumption is very sensitive to some parameters such as degree of coasting, frequency of brake application, frequent change in velocity etc. Data analysis shows that there is ample scope for improvement in fuel saving by adopting suitable driving techniques. Drivers can be sorted out and graded on the basis of fuel economy.

The observations made from the analysis of the data obtained from the experiment are as follows:

- Higher coasting percentage leads to lesser fuel consumption.
- There is a variation in the driving style of the representative drivers participated in the experiment in terms of percentage of coasting used.
- Frequent braking leads to higher fuel consumption. It was also observed that a large number of representative drivers frequently used brakes resulting in less coasting and higher fuel consumption.

Therefore, the outcome of the experiment suggests that drivers in IR should be encouraged to use more coasting and desist from unnecessary braking. This also requires training of drivers and implementation of automatic driving advisory system. Fuel saving reduces the operating costs as well as carbon emissions thus promotes the green possibility in the Railway traffic. Fuel saving measures will contribute towards sustainable energy.

References

1. Albrecht, A., Howlett, P., Pudney, P., Vu, X., Zhou, P., & Chen, D., 2014, October). Using maximum power to save energy. In *Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014 IEEE 17th International Conference* (pp. 1205–1208).
2. Baldassarra, A., Cosciotti, E. & Ricci, S. (2011). Energy efficiency and environmental criteria in the awarding of railway vehicles and services: methodologies of implementation and monitoring. In *Proceedings of 9th World Congress on Railway Research*. Lille, France.
3. Bochamnikov, Y.V., Tobias, A.M., Roberts, C., Hillmansen, S., & Goodman, C. J., 2007. Optimal driving strategy for traction energy saving on DC suburban railways. *Electric Power Applications, IET*, 1(5), 675–682.

4. Buchwald, P. (2008). GEKKO – guide to energy efficient driving. UIC-Rail energy Workshop, Roma, Italy, Available at https://www.google.co.in/?gfe_rd=cr&ei=VxlYVc-LD4XC8geynoCQCw#q=GEKKO.+Guide+to+Energy+Efficient+Driving.+Denmark.+In+Proceedings+of+Workshop%2C+UIC-Rail+energy.+Roma%2C+Italy. (Retrieved on May 7, 2015).
5. Chevrier, R., Pellegrini, P., & Rodriguez, J., 2013. Energy saving in railway timetabling: A bi-objective evolutionary approach for computing alternative running times. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 37, 20–41.
6. Grabocka, J., Dalkalitsis, A., Lois, A., Katsaros, E., & Schmidt-Thieme, L. (2014). Realistic optimal policies for energy-efficient train driving. In *Proceedings of the IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2014)*, Qingdao, China, 629–634.
7. Han, S.H., Byen, Y.S., Baek, J.H., An, T.K., Lee, S.G., & Park, H.J., 1999. An optimal automatic train operation (ATO) control using genetic algorithms (GA). In *TENCON 99. Proceedings of the IEEE Region 10 Conference (Vol. 1, pp. 360–362)*.
8. Lukaszewicz, P. (2001). Energy consumption and running time for trains. Unpublished dissertation. Available at http://www.researchgate.net/profile/Piotr_Lukaszewicz2/publication/260713065_Energy_consumption_and_running_times_for_trains_ISSN_1103-470X_ISRN_KTH_FKTD_-_0125_-_SE/links/00463537dba533105f000000.pdf. (Retrieved on May 15, 2015)
9. McLeod, R.W., Walker, G.H., & Moray, N., 2005. Analysing and modelling train driver performance. *Applied ergonomics*, 36(6), 671–680.
10. Ministry of Railways (2001–2013). *Annual Statistical Statements*. Government of India, New Delhi.
11. Tomii, N. (2003). Development of algorithm to calculate energy saving train performance curve. *Railway Technology Avalanche* 3, 20. Railway Technical Research Institute Tokyo. Available at <http://www.rtri.or.jp/eng/publish/newsletter/pdf/03/RTA-03-04.pdf> (Retrieved on May 01, 2015).
12. Planning Commission. (2013). *Twelfth five year plan (2012–2017): economic sectors Volume II*. New Delhi: Government of India, Available at http://planningcommission.gov.in/plans/planrel/12thplan/pdf/12fyp_vol2.pdf (Retrieved on May 15, 2015).
13. Sicre, C., Cucala, A.P., & Fernández-Cardador, A., 2014. Real time regulation of efficient driving of high speed trains based on a genetic algorithm and a fuzzy model of manual driving. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 29, 79–92.
14. Strössenreuther, H. (2004). Energy-efficient driving. Available at <http://www.uic.org/spip.php?article1809> (Retrieved on April 13, 2014).
15. UIC UNIFE. (2010). *Technical Recommendation 100_001 Specification and verification of energy consumption for railway rolling stock*. Available at http://tecrec-rail.org/IMG/pdf/TECREC_100_001_ENERGY_STANDARD_VER_1_2_final.pdf (Retrieved on May 15, 2015).
16. UIC. (2012). *Energy consumption and CO2 emissions 1990-2010 European data overview*. Available on http://www.uic.org/IMG/pdf/co2_report-data_2010.pdf (Retrieved on April 13, 2014). УДК 656.256.3

Тильк И.Г., АО «Научно-производственный центр "ПРОМЭЛЕКТРОНИКА"», Екатеринбург

ИТОГИ ОПЫТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОБЛОКИРОВКИ АБТЦ-И

В статье рассмотрена система автоблокировки с тональными рельсовыми цепями АБТЦ-И.

Ключевые слова: автоблокировка с тональными рельсовыми цепями, опытная эксплуатация, структура, автоматизированное рабочее место, эффективность.

Tilk I.G., JSC «Scientific-production center "PROMELEKTRONIKA"», Ekaterinburg

RESULTS OF ABTC-I TRIAL OPERATION

The article describes the system autolock with track circuits tonal.

Key words: automatic blocking system with tone track circuits, trial operation, structure, workstation, efficiency.

В декабре 2016 года на перегоне ст. Орск парк Г – Блок Пост 337 км Южно-Уральской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» была введена в опытную эксплуатацию автоблокировка с тональными рельсовыми цепями АБТЦ-И разработки научно-производственного центра «Промэлектроника».

АБТЦ-И применяется как самостоятельное техническое средство ЖАТ и предназначена для интервального регулирования движения поездов на участках железных дорог, в том числе и высокоскоростных, с любым видом тяги. Она может применяться на однопутных, двухпутных и многопутных перегонах железных дорог всех категорий, работать в режиме подвижных блок-участков. АБТЦ-И, как неинтегрированная автоблокировка, обеспечивает совместную работу как с системами МПЦ, так и с любыми типами релейных и релейно-процессорных централизаций.



Рис. 1. Перегон ст. Орск парк Г – Блок Пост 337



Рис. 2. Шкаф АБТЦ-И

Система АБТЦ-И включает в себя аппаратуру тональных рельсовых цепей, аппаратуру управления проходными светофорами, аппаратуру увязки со станционными системами централизации и другими смежными системами ЖАТ, а также автоматизированные рабочие места электромеханика СЦБ и дежурного по станции. Постовая аппаратура системы АБТЦ-И размещается на постах ЭЦ или в транспортабельных модулях, напольное оборудование – в путевых коробках в непосредственной близости от пути и в трансформаторных ящиках путевых светофоров. В аппаратуре тональных рельсовых цепей системы применены путевые трансформаторные модули МПТ-1 собственной разработки с повышенным КПД.

Система АБТЦ-И имеет алгоритм смены направления движения по перегону. В системе используется трехзначная и четырехзначная светофорная сигнализация и рельсовые цепи тональной частоты без изолирующих стыков длиной до 800 м. Длина обслуживаемого перегона без промежуточных пунктов – до 30 км, с промежуточными пунктами – без ограничений. Движение может осуществляться по показаниям путевых светофоров или АЛСО. На перегоне может быть до 120 рельсовых цепей, проходных светофоров в обоих направлениях – до 60, охраняемых и неохраняемых переездов до 60.



Рис. 3. АРМ ШН

АБТЦ-И показала высокую эксплуатационную надежность. Отмечается простота регулировки параметров кодового сигнала и сигнала АЛСН с АРМ электромеханика, а также отсутствие специальных требований к обслуживанию. Система диагностики АБТЦ-И показала свою эффективность. Реализованный дистанционный контроль состояния нитей огня светофора и общего состояния сигнальной точки позволяет выявлять предотказные состояния и оперативно на них реагировать. Данные о текущем состоянии системы, ее реконфигурации, а также результаты внутренней самодиагностики непрерывно архивируются в соответствии с точным временем, формируемым спутниковыми навигационными системами ГЛОНАСС/GPS.

В настоящее время разрабатываются технические решения по применению подвижных блок-участков в системе АБТЦ-И и ведется создание на ее основе системы интервального регулирования с использованием радиоканала, виртуальных блок-участков и принципов динамического регулирования интервалов попутного следования поездов.

Литература

Микропроцессорная автоблокировка с тональными рельсовыми цепями АБТЦ-И / Интернет-ресурс: <https://www.npcprom.ru/ru/produkcija/abtc-i>. 01.10.2017.

УДК 004.322.067

Алексеев В.М., Ваганов А.В., Российский университет транспорта (МИИТ),
Москва

РАЗРАБОТКА ЗАЩИТЫ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ ОТ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ ПО СКРЫТЫМ КАНАЛАМ

В статье рассмотрены вопросы организации скрытых каналов с помощью встроенных агентов в операционные системы. Современное состояние исследований в данной области науки, сравнение с мировым уровнем показывает, что отсутствуют теоретические разработки анализаторов скрытых каналов, а также отсутствуют программно-аппаратная реализация моделей анализаторов скрытых каналов. В статье предложен подход реализации анализаторов скрытых каналов на основе методов самоорганизации. Предложена реализация функции перепутывания пакетов с целью разрушения передачи по скрытым каналам.

Ключевые слова: скрытый канал, анализатор, тайный агент, пакет.

Alekseev M.V., Vaganov A.V., Russian University of transport (MIIT), Moscow

DEVELOPMENT OF CORPORATE NETWORK PROTECTION FROM INFORMATION LEAKAGE THROUGH HIDDEN CHANNELS

The article discusses the issues of covert channels using built-in agents in operating systems. The current status of research in the field of science, compared with the world level shows that there is no theoretical development of analyzers covert channels, and there are no hardware and software implementation of models of analyzers covert channels. The paper proposed approach to the implementation of analyzers covert channels based on the methods of self-organization. The proposed implementation of the function entanglement packages for the purpose of destroying the transmission for hidden channels.

Key words: hidden, channel, analyzer, secret agent, pack.

Обзор публикаций по скрытой передаче информации показал, что проблема скрытых каналов передачи является актуальной. В настоящее время скрытые агенты, поставляемые в современных операционных системах, выполняют различные задачи по сбору данных с компьютеров, через казалось бы, безобидные приложения. Объёмы занимаемые ОС растут значительно, а функции практически остаются прежними. Это косвенное доказательство того, что внутри ОС большое количество тайных агентов организаторов, тайных агентов по передаче информации. Необходимый инструмент для сбора информации - это приложения, легально установленные на персональных средствах: коммуникаторах, компьютерах, серверах и других вычислительных средствах [1,2,3]. Надо отметить, что обновления ОС одновременно, являются обновлениями тайных агентов. Технология работы тайных скрытых каналов основана на следующем

принципе. Скрытое ПО (агенты) не позволяет себя контролировать, так непосредственно располагается в ядре. Тайный агент начинает действовать от команды из вне, следовательно, в системе должны быть организованы скрытые каналы доставки управляющей команды. Занимаются этим агенты-организаторы скрытых каналов. Передача и прием информации должна осуществляться по тем же каналам, что и работает корпоративная сеть некоторого предприятия. Передача осуществляется посредством оборудования локальной сети: точки доступа, коммутаторы, защитные экраны и маршрутизаторы. Передача информации по скрытым каналам происходит далее через оборудование оператора связи, где основным звеном являются сервера и маршрутизаторы.

Таким образом, через канал связи от внешнего источника к нелегальному агенту должно быть передана информация, объём которой зависит от типа решаемых задач. Но, если такая передача будет замечена, то "закладку" можно будет уничтожить. Ясно, что передача информации автомату скрытому агенту должна осуществляться через ту же входную последовательность, что и информация компьютерной системе (КС). За работой КС наблюдает некоторый субъект U , который не видит скрытого управления агентом и располагает некоторой информацией от текущего состояния КС и поданного на вход задания.

Субъект U не видит в состоянии s скрытый канал $x \rightarrow z$ тогда и только тогда, когда $I_s(X, Y) = I_s(X, Y | Z)$ [3]. Данное определение интерпретируется следующим образом. Если S получает сообщение $z \in Z$ и не хочет, чтобы этот факт был замечен субъекту U , то информационный поток от X к Y должен оставаться таким же, как и в случае, когда скрытой передачи по каналу $X \rightarrow Z$ просто нет.

В формировании скрытого канала участвуют скрытые агенты серверов, коммутаторов, маршрутизаторов. Наиболее рационально контролировать появление скрытых каналов передачи на оборудовании с большими очередями: коммутаторах и маршрутизаторах, обязательным атрибутом которых является наличие стека пакетов, откуда могут извлекаться недостающие пакеты, в случае их отсутствия в информационном потоке. Таким образом, из текущего информационного потока и стека пакетов происходит формирование последовательности в скрытом канале (рис. 1).

SAs, sw, r, pr – скрытые агенты, отвечающие за сбор данных с сетевых устройств и формирование объема передаваемой информации. SAk – скрытый агент передачи информации, передает информацию по одному из признаков или их комбинации.

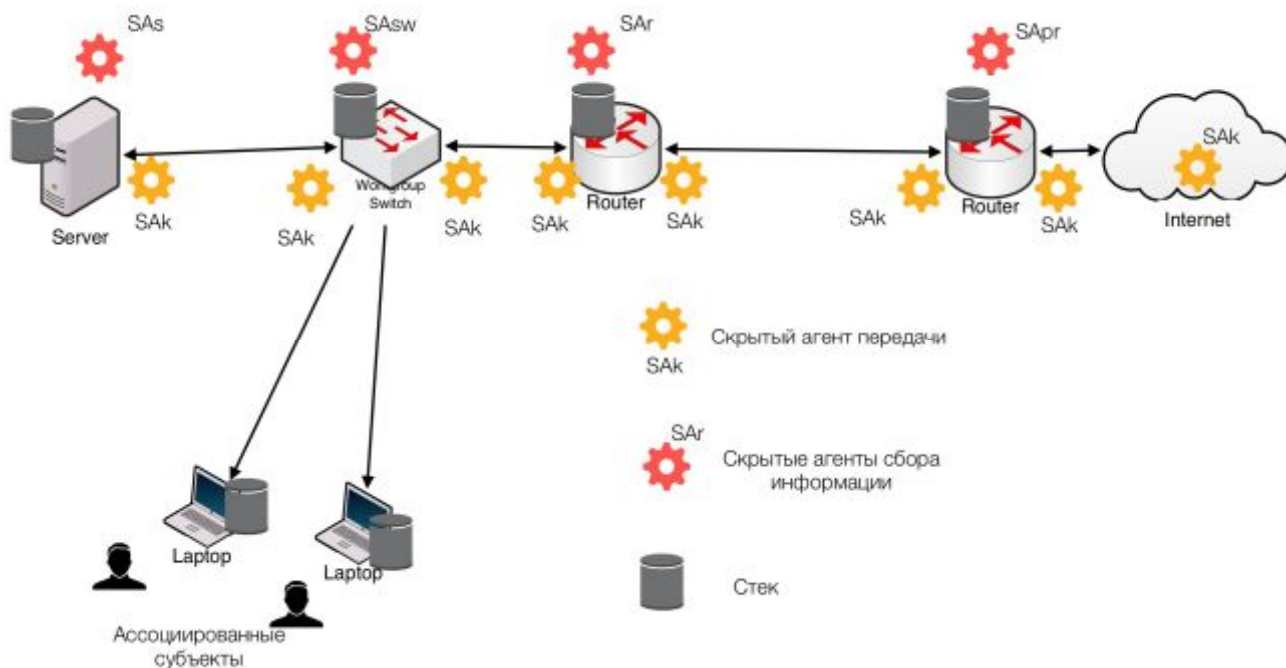


Рис. 1. Структурная схема формирования скрытых каналов

Рассмотрим разработку анализатора информационного потока на основе перцептрона [4]. Работа анализатора базируется на анализе ситуации по сформированным решающим правилам в пространстве заданных признаков. Особенность работы анализатора заключается в том, что требуется распознать комбинацию из существующих параметров, формирующих информационные потоки скрытых каналов. Для реализации скрытого канала возможно использование синхронизирующих последовательностей обозначающих начало и конец передачи скрытого потока. Организатором всей передачи является тайный посредник. Для организации передачи используются синхропакеты: начало, «ноль», «единица», окончание. Повторяемость некоторых комбинаций является признаком, что существует скрытая передача.

Однорядный перцептрон для случая применения одного признака для передачи информации по скрытому каналу содержит возможные комбинации пакетов, упорядоченных по некоторому признаку, например по протоколу. В случае применения двух признаков, решающие функции будут содержать два признака и так далее (рис. 2).

Рассмотрим случай с двумя признаками. Формирование скрытого канала при использовании двух признаков происходит следующим образом. В качестве признака может использоваться заранее заданная последовательность ip – адресов для определенных протоколов, например HTTP-UDP или любая другая пара, например HTTP-RTCP и так далее. Необходимо отметить, что формирование скрытой последовательности может быть основано на порядке расположения пакетов. Следовательно, перцептрон должен содержать в базе решающих правил комбинации расположения пакетов, в приведённом примере: UDP и HTTP.

Последовательность пакетов разделяется на потоки по протоколам, при этом в каждом потоке может формироваться скрытый канал. В случае формирования последовательности из двух признаков синхросток формируется из последовательностей пакетов двух протоколов.

На представленном рисунке показаны два случая формирования скрытых каналов на пакетах одного протокола и пакетах двух протоколах. Во втором случае, решающие правила должны учитывать то, что комбинация расстановки пакетов протоколов также может быть использована для формирования синхросток скрытых каналов, как показано на рисунке.

Если попытаться сформировать на признаке X_1 последовательность из общего потока, то у субъекта U ничего не получится, так как пакеты перепутаны. Перцептрон с двумя признаками будет иметь решающие функции:

$$R_j = (x_1^* - x_1)_j^2 + (x_2^* - x_2)_i^2, \quad (1)$$

где x_1^* и x_2^* – центральные значения признаков при обучении перцептрона; x_2^* – принимает числовое значение, соответствующее типу пакета DNS – 1, DHCP – 2, HTTP – 3, и т. д.

Использование перцептрона позволяет создавать анализаторы скрытых каналов, работающих на нескольких признаках, при этом сам перцептрон должен быть многорядным.

В конечном итоге, информация полученная от перцептрона о существовании скрытого канала, необходима чтобы применить методы позволяющие предотвратить передачу по скрытым каналам. Для реализации этой задачи предлагается исследовать методы перепутывания пакетов. Техническая реализация метода требует значительных скоростей обработки информации, что предопределяет использование оптических интерфейсов, связывающих сервер перепутывания и буферное хранилище, куда временно помещаются пакеты. Причем алгоритм должен беспрепятственно пропускать определённые пакеты, которые нельзя перепутывать, иначе произойдет нарушение работы сетевых устройств.

Таким образом, применение перцептрона для распознавания скрытых каналов позволяет значительно повысить эффективность борьбы со скрытыми каналами в корпоративном сегменте сетей.

Список литературы

1. Интернет-ресурс: http://www.jetinfo.ru/jetinfo_arhiv/raspredelennye-ataki-na-raspredelennye-sistemy/o-kanalakh-skrytykh-potajnykh-pobochnykh-i-ne-tolko/2006. 10.01.2017.
2. Интернет-ресурс: http://www.internet-technologies.ru/articles/article_2826.html. 10.01.2017.
3. Грушко, А.А. Скрытые каналы и безопасность информации в компьютерных системах - Дискретная математика, 1998 г., т. 10, вып 1.
4. Алексеев, В.М. Система мониторинга информационной безопасности для высокоскоростного транспорта - Наука и техника транспорта, МИИТ, № 4, 2016 г.

УДК 656.342:625.42

Малинин О.В., Щелухин А.С., Алексеенкова Е.В., Московский государственный университет путей сообщения императора Николая II» МГУПС (МИИТ), Москва

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА СИСТЕМЫ «ВИТЯЗЬ-М», ОБОРУДОВАННОГО РЕЖИМОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЕДЕНИЯ ПОЕЗДА, НА КАЛИНИНСКОЙ ЛИНИИ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В данной статье приводятся требования, предъявляемые к режиму автоматизированного ведения поезда на Калининской линии, описываются изменения, которым подверглась система «Витязь-М» в процессе внедрения режима. Кроме того, описываются этапы отладки программного обеспечения, особенности и результаты внедрения опытного образца системы «Витязь-М», оборудованного режимом автоматизированного ведения поезда, на Калининской линии Московского метрополитена.

Ключевые слова: режим автоматизированного ведения поезда, время хода, токоразделы, прицельная остановка, Автоматическая Локомотивная Сигнализация с Автоматическим Регулированием Скорости, RFID, стенд Главного Конструктора, поездное управление, обкатка программного обеспечения, подконтрольная эксплуатация.

Malinin O.V., Shchelukhin A.S., Alekseenkova E.V., Moscow State University of Communications of Emperor Nicholas II (MIIT), Moscow

RESULTS OF THE EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE «VITYAZ-1M» SYSTEM PROTOTYPE, EQUIPPED WITH THE AUTOMATIC TRAIN CONTROL MODE, ON THE KALININ-SKAYA LINE OF THE MOSCOW METRO

There are the requirements for automatic train control on the Kalininskaya line given, the changes to which the «Vityaz-V» system was subjected during the introduction of the mode described in this article. In addition, there are the stages of software debugging, features and results of the introduction of the prototype of the «Vityaz-V» system equipped with the automatic train control mode on the Kalininskaya line of the Moscow Metro described in the article.

Key words: automatic train control mode, driving time, current sections, aiming stop, Automatic Locomotive Alarm with Automatic Speed Control, RFID, the Chief Designer's stand, train control, run-in software, controlled exploitation.

На Калининской линии Московского метрополитена ставилась задача разработки режима автоматизированного ведения поезда (АВП) для составов из вагонов моделей 81-760/761. Режим должен был обеспечивать:

- автоматизированное ведение поезда по заранее рассчитанным траекториям (для 2-х времен хода) без возможности регулирования времени хода по перегону;
- соблюдение скоростных ограничений во время следования по перегонам и на станциях;
- соблюдение правил проследования токоразделов;
- функциональную стыковку с режимом «Прицельная остановка»;
- совместное функционирование с системой автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости (АРС-АЛС);
- контроль открытия дверей.

В процессе разработки совокупности алгоритмов, обеспечивающих реализацию режима АВП, стало ясно, что опытный образец системы «Витязь-М» для поездов из вагонов моделей 81-760/761 будет представлять собой модифицированную систему «Витязь-М». В отличие от системы «Витязь-1М», обеспечивающей выполнение режима АВП на Кольцевой линии московского метрополитена, изменениям подвергнется только её программное обеспечение.

Система определения местоположения (СОМ) электропоезда на линии изменениям не подвергалась, в ее состав вошли:

- 1) Поездные устройства системы определения местоположения:
 - RFID считыватель системы определения местоположения состава;
 - RFID антенна;
 - ВЧ-кабель.
- 2) Путевые устройства системы определения местоположения:
 - Датчики путевые (радиочастотные RFID-датчики, установленные на пути между рельсами на кронштейнах).

Обмен информацией между поездными и путевыми устройствами СОМ осуществляется посредством радиочастотного канала связи (RFID технология).

Программное обеспечение ряда составляющих системы «Витязь-М» претерпело изменения, позволяющие режиму АВП, функционирующему в блоке Процессора Центрального Управления Бортового Компьютера Поездного

Управления (ПЦУ БКПУ), отдавать управляющие воздействия в блок управления тяговым приводом и далее в тяговый привод.

Программное обеспечение режима АВП разрабатывалось в несколько итераций, каждая из которых включала в себя следующие этапы:

- отладка ПО на стенде Главного конструктора;
- загрузка ПО в аппаратуру на составе из вагонов моделей 81-760/761 электродепо «Новогиреево»;
- обкатка ПО без пассажиров по Главным путям Калининской линии Московского метрополитена (не менее 2 полных рейсов по каждому пути) в непиковое и в пиковое время;
- фиксация замечаний локомотивной бригады;
- снятие регистраций с регистратора параметров движения поезда (РПДП);
- анализ результатов испытаний и коррекция ПО в соответствии с ними.

В случае если обкатка без пассажиров проходила успешно и без замечаний локомотивных бригад ПО проходило подконтрольную эксплуатацию на линии с пассажирами в рабочем графике движения. Замечания локомотивных бригад по результатам подконтрольной эксплуатации систематизировались, анализировались, происходила корректировка ПО с последующей обкаткой без пассажиров.

Калининская линия Московского метрополитена оборудована системой АЛС-АРС (участок «Третьяковская» – «Новогиреево» – АРС-ДАУ, участок «Новогиреево» – «Новокосино» – АРС-Днепр)[4], она имеет следующие особенности:

- в рельсовых цепях имеется информация о предупредительной скорости;
- характеристики системы рассчитаны на подвижной состав и интенсивность движения электропоездов, которые были в 60-х годах XX века.

Как и Кольцевая линия Калининская линия московского метрополитена является уникальным объектом, в связи с этим автоматизация движения электропоездов на ней имеет свои особенности.

Наличие информации о предупредительной скорости с одной стороны облегчает процесс автоматизации ведения поезда по перегону. С другой стороны на линии существует ряд участков, движение по которым, под руководством только лишь показаний системы АЛС-АРС о допустимой и предупредительной скорости, может привести к сработке системы АРС. Это связано с тем, что протяженность защитных и блок-участков не соответствует тормозным путям поезда, двигающегося с разрешенной скоростью. Такого рода проблема приводит к невозможности использования общих алгоритмов обработки данных системы АЛС-АРС. В связи с этим возникает необходимость привязки алгоритмов обеспечения не превышения скорости к конкретным перегонам и даже к конкретным рельсовым цепям.

Использование полного служебного торможения (третья уставка электро-торможения) на поездах, эксплуатируемых на Калининской линии, оказалось неприемлемым в связи с тем, что оно нарушает требования к комфорту перевозки пассажиров. Это повлекло за собой необходимость разработки алгоритмов более плавного подтормаживания, что негативно сказалось на динамике ведения поезда.

Кроме того, существует ряд участков пути, на которых необходима полная остановка состава, несмотря на разрешающие показания системы АЛС-АРС. В одних случаях это обусловлено тем, что впереди следующий состав могут забирать против движения в тупик, в других – особенностями спроектированной системы АЛС-АРС.

Внедрение режима АВП осуществлялось последовательно в несколько этапов:

1. Стационарная проверка функционирования подвижного состава в электродепо в штатном режиме.

2. Обкатка подвижного состава на парковых путях электродепо.

3. Обкатка подвижного состава на главных путях Калининской линии.

В период с 01.09.15 г. по 01.09.17 г. было проведено более пятидесяти обкаток на оборудованных 8-ти вагонных составах из вагонов моделей 81-760/761 приписки электродепо «Новогиреево».

4. Подконтрольная эксплуатация подвижного состава в режиме АВП с пассажирами в рабочем графике движения поездов на Калининской линии.

По уже имеющимся результатам подконтрольной эксплуатации режим АВП обеспечивает:

– автоматическое управление составом в процессе движения по перегонам в соответствии с выбранной интенсивностью (в базу данных режима АВП заложены две траектории движения состава для различных времен хода по каждому перегону);

– соблюдение ограничений скорости;

– соблюдение правил проследования токоразделов;

– соблюдение графического времени хода с отклонением не более ± 5.0 с в непиковое время;

– совместное функционирование системы автоведения и системы АРС-АЛС;

– прицельную остановку на станции;

– контроль открытия дверей с правильной стороны.

В настоящее время три состава приписки электродепо «Новогиреево» оборудованы режимом АВП и находятся в подконтрольной эксплуатации с пассажирами в рабочем графике. Сопровождение ПО режима АВП проводится и в настоящее время. Систематически производится анализ, систематизация и коррекция замечаний специалистов эксплуатирующих оборудованные режимом АВП составы.

Список литературы

1. Баранов, Л.А. Оптимизация управления движением поездов. – М. : МИИТ, 2011. 164 с.
2. Баранов, Л.А., Головичер Я.М., Ерофеев Е.В., Максимов В.М.; под ред. Л.А. Баранова. Микропроцессорные системы автоведения электроподвижного состава. – М. : Транспорт, 1990. – 272 с.

УДК 004.31-022.53:656.25-048.25

Алатырева А.С., Горелик В.Ю., Российский университет транспорта (МИИТ), Москва

ПРИМЕНЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО СТРУКТУРНОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Статья посвящена оценке качества проектирования микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики. Количественная оценка качества процесса проектирования систем железнодорожной автоматики на примере системы микропроцессорной централизации может быть получена с помощью функциональной структуры процесса проектирования на основе обобщенного структурного метода.

Ключевые слова: микропроцессорные системы железнодорожной автоматики и телемеханики, технологический процесс, процессная модель, обобщенный структурный метод.

Altyria A. S., Gorelik, V. Yu., Russian University of transport (MIIT), Moscow

THE USAGE OF THE GENERALIZED STRUCTURAL METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF DESIGN OF MICROPROCESSOR SYSTEMS OF RAILWAY AUTOMATICS AND TELEMCHANICS

The article is devoted to assessing the quality of design of microprocessor systems of railway automatics and telemechanics. Quantitative assessment of the quality of the design process of railway automation on the example of microprocessor interlocking system can be obtained using the functional structure of the design process on the basis of the generalized structural method.

Key words: microprocessor systems of railway automatics and telemechanics, process, process model, generalized structural method.

Основным способом повышения эффективности технологий проектирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики в настоящее время является максимальная унификация узлов и типизация принимаемых решений [1]. При этом создание типовой технологии проектирования микропроцессорной системы централизации (МПЦ) базируется на ряде основополагающих принципов ее построения, определяющих, в конечном счете, уровень технологической эффективности. Задача разработки технологии заключается в создании логической схемы процесса проектирования МПЦ, т. е. формировании структуры технологического процесса (ТП) в виде логически и технологически организован-

ной последовательности операций с учетом взаимосвязи всех функций проектирования. Методологической основой решения данной задачи является использование процессной модели.

Для эффективного применения процессного подхода при разработке технологии проектирования системы МПЦ должны быть определены и подвержены постоянной процедуре контроля и аудита отдельные шаги или подпроцессы (рис. 1) на основе определенного набора количественных показателей качества.

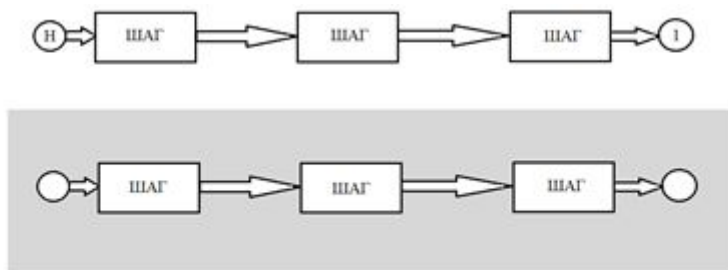


Рис. 1. Макет построения процессной модели

Оценка качества процесса проектирования МПЦ может быть получена с помощью построения функциональной структуры процесса проектирования на основе обобщенного структурного метода. Данный метод ориентирован на формализацию процесса проектирования в целом, т. е. как действий человека, так и операций технической части. Подготовка модели процесса проектирования для последующей оценки эффективности и качества должна проводиться по следующей методике:

- необходимо сформулировать цели работ по оценке эффективности и качества (присвоить название всему оцениваемому процессу; перечислить получаемые продукты труда);
- следует собрать исходные данные (составить таблицу (в качестве примера приведена таблица) с перечнем всех работ, входящих в процесс проектирования, и поставить каждой работе в соответствие ее модель (типовую функциональную единицу (ТФЕ)) в соответствии с обобщенным структурным методом, где в зависимости от назначения различают такие единицы как: функционеры (основные и дополнительные) и композиционеры (вспомогательные и служебные));
- требуется составить модель в виде функциональной сети (например, модель процесса проектирования на ранних стадиях жизненного цикла, показанную на рис. 2).

В дальнейшем на основе полученной модели оцениваются показатели трудоемкости, стоимости и безошибочности выполнения отдельных операций и всего технологического процесса в целом.

Таблица. Технология проектирования на ранних стадиях жизненного цикла

Перечень состояний проекта	ТФЭ (условное обозначение)
1	2
1. Начало	
2. Инициатива реализации или модернизации	
3. Определение ключевых параметров будущего проекта	
4. Подготовка технического задания (ТЗ), технического условия (ТУ)	
5. Подбор объектов в соответствии с ТЗ, ТУ	
6. Сводная информация о различных объектах для реализации проекта	
7. Первичный анализ размещения объектов	
8. Предварительный экономический расчет, укрупненные показатели	
9. Отбор и ранжирование объектов по ключевым критериям	
10. Предложения заказчика	
11. Фиксация схем, сделки и условий. Предварительные обязательства	
12. Организация сделки	
13. Утвержденные ТУ и ТЗ для разработки проекта	
14. Запрос соответствующих документов и схем у служб «Ш», «П», «НГЧ», «РЦС»	
15. Проверка ключевых условий на экспертном уровне	
16. ТУ и ТЗ для проектирования	
17. Передача документации в проектный институт	
18. Анализ, проверка, запрос схем	
19. Оценка, определение вариантов выбора удовлетворяющей системы	
20. Разработка стадии «П»	

21. Анализ исходной документации (ТУ, ТЗ) по проекту	
22. Экономический расчет (спецификации)	
23. Анализ плана работ отдела проектирования	
24. Оценка соответствия плана работ, бюджета	
25. Проверка на экспертном уровне	
26. Замечания	
27. Согласование выполнения проекта	
28. Разработка стадии «Р»	
29. Анализ исходных данных	
30. Разработка перечня технической документации	
31. Разработка схем, чертежей	
32. Разработка программного обеспечения	
33. Разработка спецификаций, смет	
34. Передача проекта соответствующим организациям	
35. Пуско-наладочные работы	
36. Замечания	
37. Ввод в эксплуатацию	

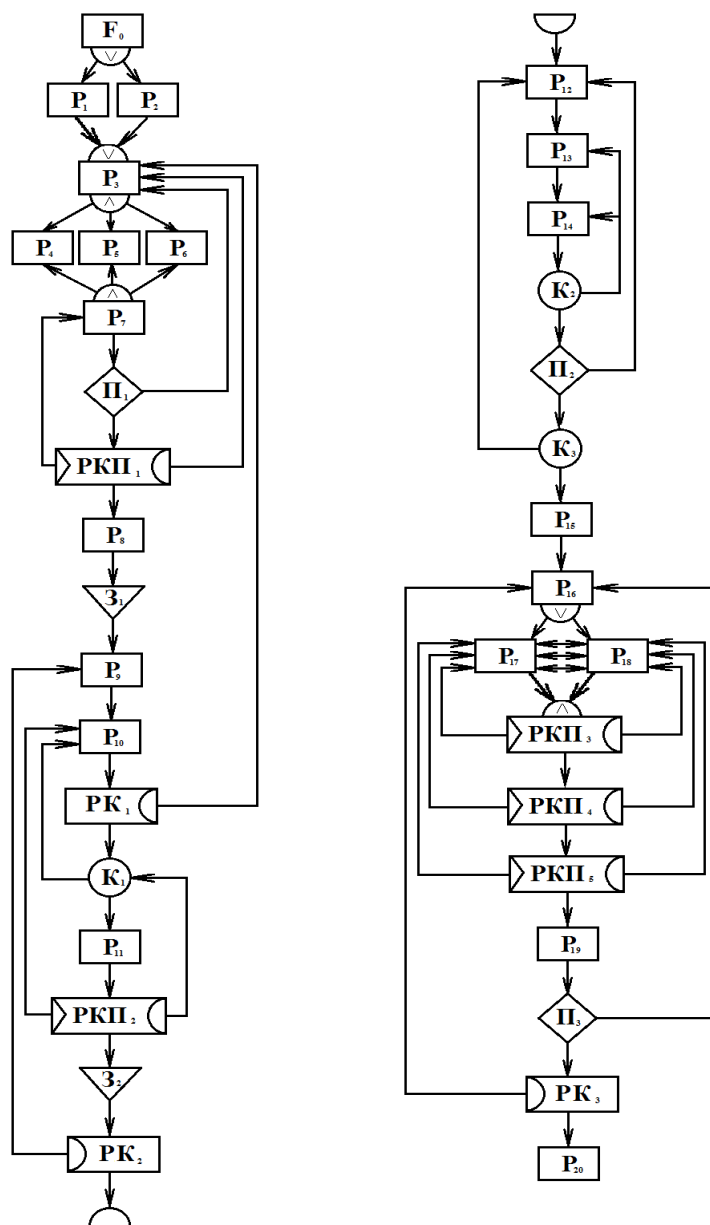


Рис. 2. Модель процесса проектирования на ранних стадиях жизненного цикла

Список литературы

1. Ошурков, И.С., Баркаган, Р.Р. Проектирование электрической централизации. – М. : Транспорт, 1980.
2. Крылов, А.Ю. Синтез и реализация микропроцессорных систем диспетчерского управления движением поездов: Дисс. на соиск.уч. степени к-та техн. наук. – М.: РГОТУПС, 2002 (на правах рукописи).
3. Методические указания по разработке процессной модели технического обслуживания и ремонта устройств и систем ЖАТ хозяйства автоматики и телемеханики. Система управления качеством выполнения технологических процессов «УРРАН-КАЧЕСТВО-АВТОМАТИКА» (утверждена главным инженером Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД» Насоновым Г.Ф. 2017 г.)
4. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник / А.Н. Адаменко, А.Г. Ашерев, И.Л. Бердников и др.; под общ.ред. А.И. Губинского и В.Г. Ефграфова. – М. : Машиностроение, 1993.

УДК 656.225.078.1

Балалаев А.С., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

Довиденко В.В., Комсомольский центр организации работы железнодорожных станций, Комсомольск-на-Амуре

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ Поездов в направлении морских портов

Целью данной работы является попытка сформулировать основные положения устойчивого функционирования транспортной системы, систематизировать подходы к управлению транспортными потоками на полигоне в условиях внедрения интегрированной технологии управления движением грузовых поездов по расписанию.

Ключевые слова: живучесть, надёжность, устойчивость, транспортная система, тянущая и толкающая системы управления потоками, твёрдые нитки графика.

Balalaev A.S., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

Dovidenko V.V., Komsomolsky center of the organization of work of railway stations, Komsomolsk-on-Amur

LOGISTICAL ASPECTS OF THE MOVEMENT OF TRAINS IN THE DIRECTION OF SEA PORTS

The purpose of this work is an attempt to formulate the main provisions of the sustainable operation of the transport system, to systematize approaches to the management of transport flows on the landfill in the context of the introduction of an integrated technology for managing the movement of freight trains on a schedule.

Key words: vitality, reliability, stability, transport system, pulling and pushing flow control systems, solid threads of the schedule.

Проблема обеспечения «конвейерного» продвижения грузопотока в морские порты представляет собой комплексную задачу, охватывающую не только взаимодействие припортовой станции и порта в рамках транспортного узла, а весь полигон, включающий технические станции, участки и, собственно, транспортный узел, т. е. транспортную систему, состоящую из нескольких подсистем (рис. 1).

Качественное функционирование системы возможно только при выполнении определённых условий, основными из которых являются [1,2]:

- обеспечение надёжности и живучести системы;
- согласованность управления системой на всех участках перевозочного процесса.

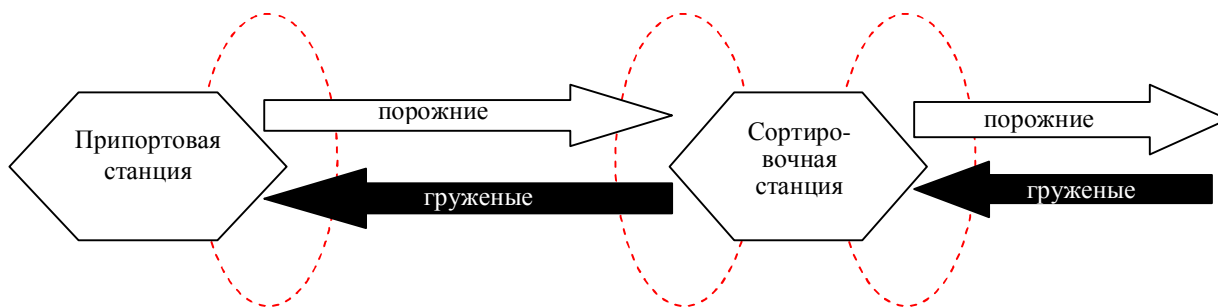


Рис. 1. Полигон управления продвижением вагонопотоков в морские порты:
 ○ – узкие места в функционировании транспортной системы.

Надежность – способность системы в течение определенного промежутка времени сохранять заданное значение параметров, характеризующих функционирование системы, под которыми в рассматриваемом вопросе можно считать равномерное прибытие требуемых грузов в количестве, не превышающем перерабатывающей способности морского порта, по технологии «точно в срок».

Живучесть – свойство системы, характеризующее ее способность функционировать под влиянием внешних нагрузок, возбуждаемых в окружающей среде. В нашем случае внешними нагрузками, оказывающими влияние на транспортную систему, будут отказы, неравномерная погрузка-выгрузка и пр. факторы, дестабилизирующие систему. Для станций организации вагонопотоков (сортировочных и участковых) под живучестью необходимо понимать способность осуществлять свои основные функции по выполнению графика движения поездов (ГДП) и плана формирования поездов (ПФП).

Воздействию подвергаются элементы системы хаотическим образом, как по отдельности, так и одновременно. Под воздействием дестабилизирующих факторов элементы системы будут давать сбои и оказывать влияние на следующие элементы по цепочке.

Стойкость – живучесть системы в докритической области функционирования под влиянием внешних ненормативных воздействий. Если на какой-либо элемент логистической цепи оказано влияние внешнего дестабилизирующего импульса, то стойкостью данного элемента будет способность не передавать этот импульс внешнего воздействия дальше по цепи. Если величина импульса превышает стойкость элемента, на который импульс приложен, то импульс будет передан на следующий элемент. При этом импульсы уменьшают как живучесть отдельных элементов, так и системы в целом.

При незначительном нарушении графика движения поездов техническая станция справляется с импульсом внешнего воздействия за счет заложенной в нее живучести. Когда порог живучести превышен, то станция не выполняет свою функцию в полном объеме либо по прибытию, либо по отправлению (рис. 2).

У станций формирования маршрутов для сокращения времени на формирование маршрута может быть применено объединение струй вагонопотоков, но это уже будет нарушением плана формирования поездов, т. е. и в этом случае станция не будет справляться со своими функциями в соответствии ПФП и

ГДП. В частности, на рис. 2, *а* представлен случай нарушения станцией графика движения поездов по отправлению с целью обеспечения приёма поездов на станцию. Этот способ наиболее часто встречается, чтоб не останавливать поезда на перегоне. В этом случае импульс внешнего воздействия передаётся на следующий элемент системы, но в более ослабленном виде. То есть в случае, когда на элемент цепи воздействует внешний импульс превышающий надёжность элемента, то данный импульс передаётся дальше по цепи, затухая по мере движения.

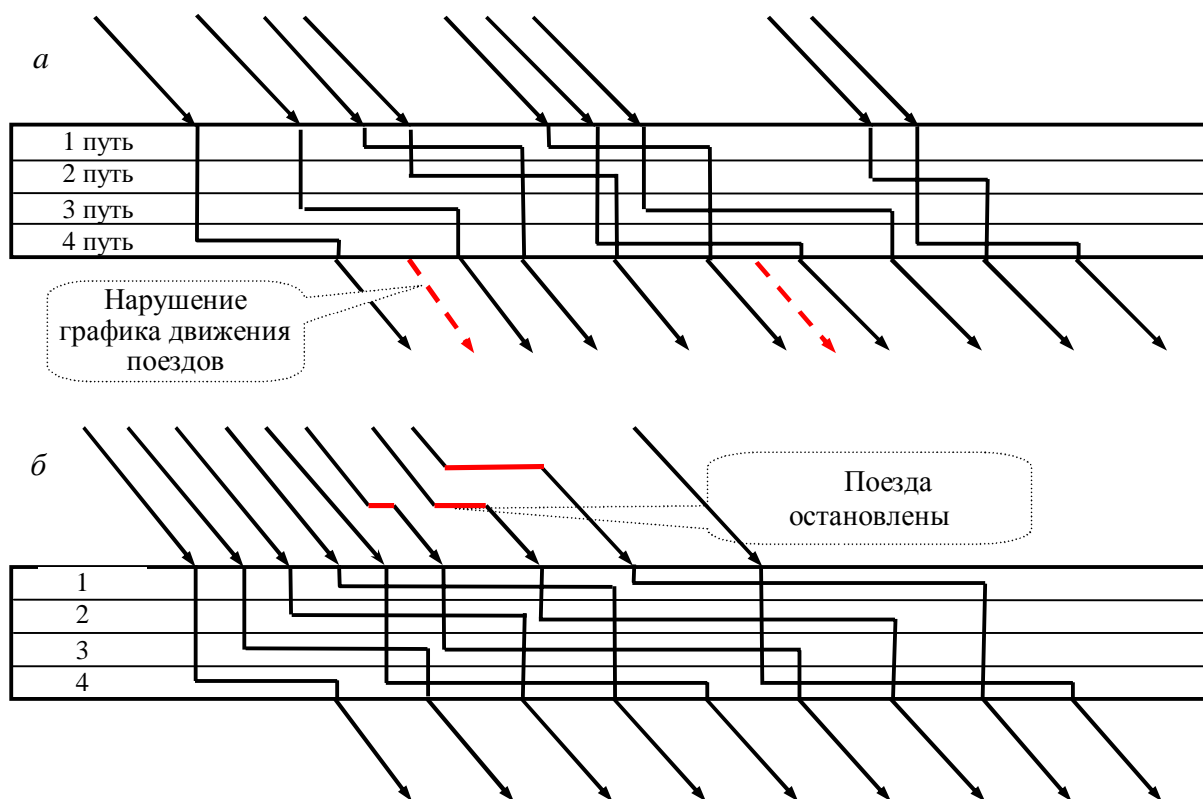


Рис. 2. Предел живучести превышен, станция не выполняет свои функции по приёму или отправлению поездов: *а* – станция не выполнила функцию по отправлению поездов в соответствии с графиком движения, но выполняет по приёму; *б* – станция не выполнила функцию по приёму поездов, но выполняет по отправлению

Такой подход необходимо учитывать как для всей транспортной системы в целом, так и для любой её подсистемы (технических станций, участков, припортовой станции во взаимодействии с портом), состоящих в свою очередь из элементов. Если живучесть элементов примерно одинакова, то импульс по мере прохождения будет затухать, если же живучесть сильно различается, то при прохождении его по цепи, возможен выход из строя элемента, к которому был приложен импульс хотя и в ослабленном виде, но все равно больше порогового значения его живучести.

Зная живучесть элементов полигона, можно установить предельный внешний импульс N_y , не нарушающий технологию его функционирования: он будет равен минимальному значению живучести любого из элементов данной транс-

портной системы. При условии, что импульс внешнего воздействия не будет превышать величины N_v , каждый из элементов и система в целом будут выполнять свои функции по продвижению вагонопотока.

Для условий организации движения поездов по фиксированным (твердым) ниткам графика, время простоя поезда на станции ($t_{ст}$) складывается из времени обработки поезда ($t_{обр}$) и времени ожидания графика ($t_{ож.гр}$): $t_{ст} = t_{обр} + t_{ож.гр}$. Интервал между поездами по прибытию на станцию составляет $I = t_{ст}/m$, где m – число путей на станции, специализированных для приема поездов. При таком интервале прибытия поездов на станцию, она будет работать в штатном режиме.

Возможный минимальный интервал прибытия I_{min} определяется как $I_{min} = t_{обр}/m$. Он представляет собой предел живучести, при котором станция будет выполнять функции по прибытию, но не выполнять по отправлению (ГДП будет нарушен и ослабленный импульс перейдет на следующий элемент). В случае если интервал между поездами будет меньше, чем I_{min} , станция перестанет выполнять свои функции по приему поездов.

В настоящее время на сети железных дорог Российской Федерации согласно разработанной в ОАО «РЖД» «Концепции интегрированной технологии управления движением грузовых поездов по расписанию» движение поездов организуется по твердым ниткам графика, при этом контроль времени прибытия и отправления по каждой станции ведется по фиксированному времени. В этом случае состав готовится к отправлению по твердой нитке, обеспеченной локомотивом и локомотивной бригадой. Формирование каждого состава при данной технологии осуществляется таким образом, чтобы подготовить его ко времени заданной нитки графика, обеспеченной локомотивом и локомотивной бригадой.

Вместе с данной концепцией ОАО «РЖД» внедряет систему бережливого производства, главной особенностью которой является уменьшение производственных запасов, и данная технология должна реализовываться уже на основе принципов тянущей системы управления транспортными потоками. Для решения задачи пропускания увеличивающегося вагонопотока необходимо совместить эти две системы на полигоне дороги с целью согласованного управления полигоном на всех участках перевозочного процесса. Проблемы при продвижении вагонопотока на полигоне могут возникать (рис. 1):

- при приеме поездов с грузом на сортировочную станцию;
- при отправлении поездов с грузом с сортировочной станции;
- при приеме поездов с грузом на портовую станцию;
- при отправлении поездов с порожними вагонами с портовой станции;
- при приеме поездов с порожними вагонами на сортировочную станцию;
- при отправлении поездов с порожними вагонами с сортировочной станции.

Проблемы с приемом груженых или порожних вагонов, как на сортировочной, так и на портовой станции связаны с нарушением технологии работы какого-то из её элементов и перешедшего на всю систему. В результате нарушается ритм работы станции. Ритм работы станции зависит от соблюдения такта работы ее элементов, при этом под тактом понимается рациональная продолжи-

тельность операции на каком-либо элементе (участке) станции. Так как время на каждую станционную операцию жестко регламентировано, можно установить взаимозависимость такта отдельных операций и ритма работы станции. В результате появляется возможность заранее задавать ритм работы, какой нужен на данный период. Ограничением является условие, чтобы время такта было не менее времени на выполнение технической операции на станции на данном элементе. Применение ритма позволит оценивать любой участок станционной цепи (контроль на каждом звене логистической цепи является характерной особенностью толкающей логистики).

Такт для каждого элемента может быть различным, но не должен изменяться более чем на определенную величину. Так, если k – это время такта (например, для сортировочной горки это будет горочный интервал), то Δk – время, на которое такт предыдущего элемента может быть уменьшен или увеличен. Величина Δk должна рассчитываться исходя из буферной способности парка станции.

Так, если $k_{п.п.} > k_{с.п.}$ (где $k_{п.п.}$ и $k_{с.п.}$ соответственно такт парка приема (ПП) и сортировочного парка (СП)), то будет происходить «затаривание» вагонами парка СП, которое будет иметь место до тех пор пока не будет превышено значение рабочего парка для СП (для удобства принимаем, что длина входящих составов в сортировочную систему равна длине исходящих из нее). Если же рассмотреть проблему вывоза, то здесь вагонопоток простаивает в ожидании отправления. У простоя вагона в ожидании отправления несколько причин, связанных и с парком локомотивов, наличием «окон» на прилегающих участках и т. п. Если же говорить о технологических причинах простоя подготовленного сортировочной станцией состава, то она одна – простой в ожидании нитки графика [3].

При от отправлении поездов с сортировочной станции по готовности их следование по перегонам будет происходить согласно установленным норм без учета нормативных точек по проследованию поездом технических станций (рис. 3).

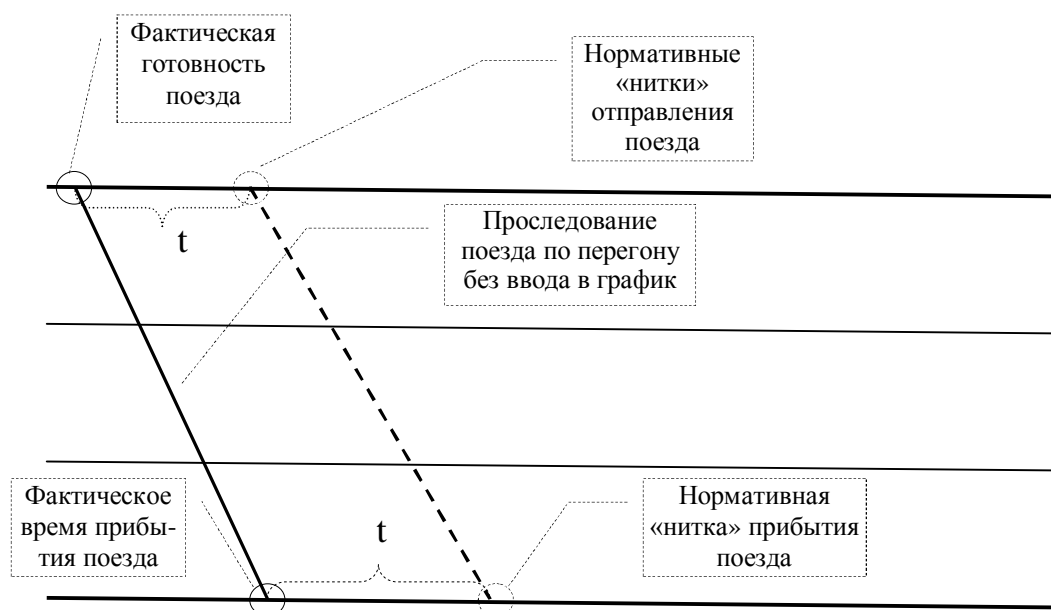


Рис 3. Отправление по готовности и следование поездов по участку без ввода в график

При такой технологии отсутствует простой поездов в ожидании отправления на нитку графика ($t_{н.от.}$ – время неграфикового отправления), но при этом имеют место потери, связанные с неграфиковым отправлением, такие как: несогласованность подвода локомотива, локомотивной бригады и пр., что ведет к увеличению эксплуатационных расходов. Также присутствует и неграфиковое прибытие поезда на конечную для полигона станцию ($t_{н.пр.}$ – время неграфикового прибытия).

При отправлении по «твердой нитке» и следовании поездов по участку с вводом в график возникает простой в ожидании отправления, как на сортировочной станции, так и на станциях участка, где производится ввод поезда в график ($t_{о.г.}$ – время ожидания графика). Схема движения приведена на рис. 4.

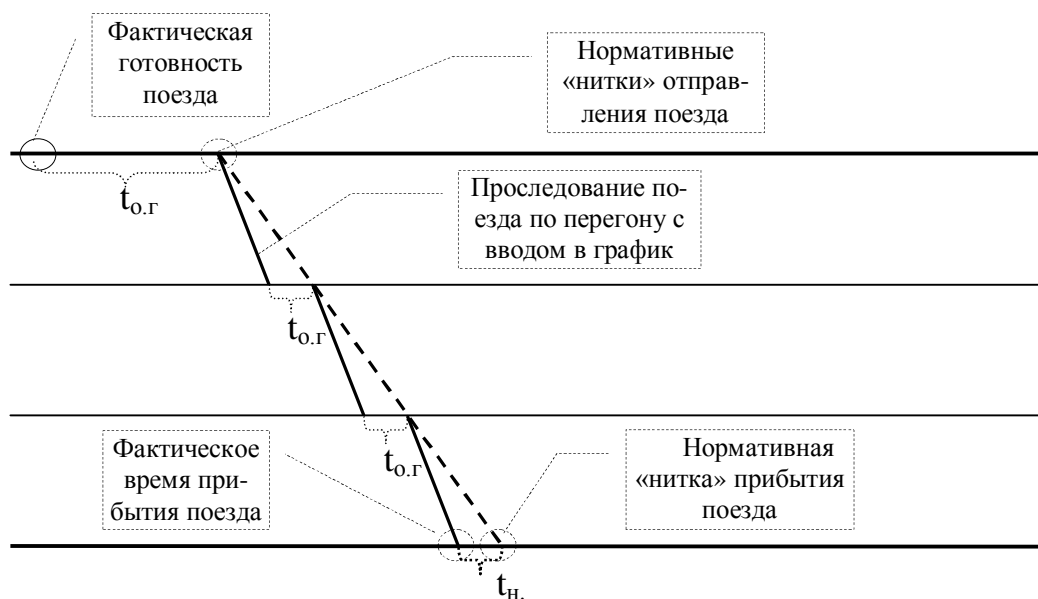


Рис 4. Отправление по «твердой нитке» и следование поездов по участку с вводом в график

Имеет место лучшая подвязка локомотивов и бригад, что экономит эксплуатационные расходы, но замедляет продвижение потока и увеличивает производственные запасы в виде простаивающих поездов на сортировочных станциях в ожидании графика.

В результате увеличивается пропускная способность перегона, но увеличиваются эксплуатационные расходы. Таким образом, для увеличения пропускной способности перегона, что является на данный момент определяющей задачей, происходит перенос непроизводительные простои с продвижения продукта по цепочке (груженых и порожних вагонов) на инфраструктуру (локомотивы, локомотивные бригады и пр.). Следовательно, на перегоне будет применяться тянущая система. При этом элементом, вытягивающим поток со станции, будет участок за счет увеличения его пропускной способности. Единственным технологическим ограничением на отправление поезда может быть межпоездной интервал. Схема применения различных систем управления транспортными потоками на полигоне приведена на рис. 5.

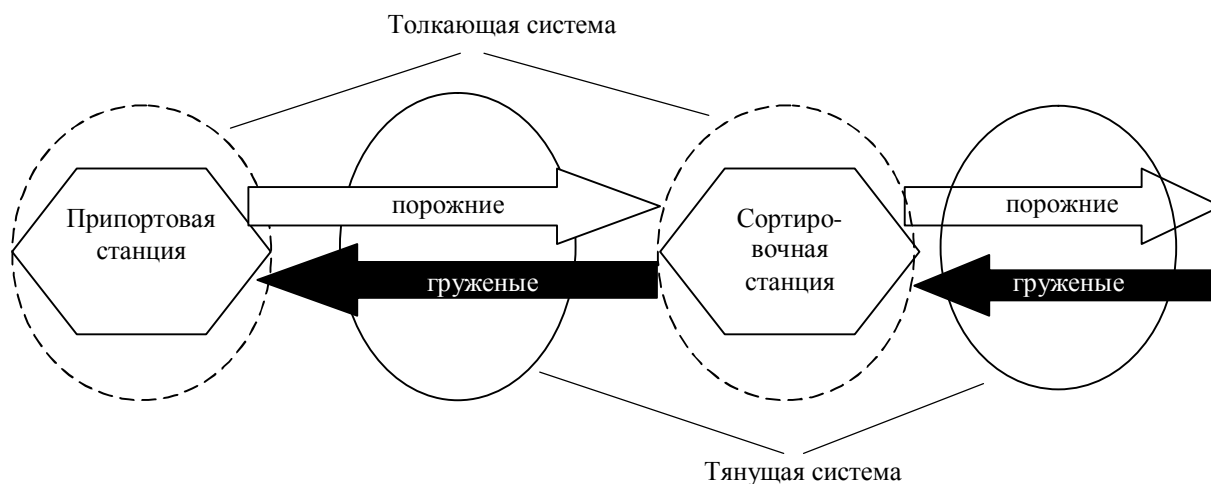


Рис. 5. Применение систем управления транспортными потоками на полигоне

В результате на станциях применяется толкающая система, так как необходим контроль за работой каждого элемента и оперативное вмешательство при каком-либо сбое, на перегонах – тянущая, так как нужно обеспечить максимальную пропускную способность по перегону. Вместе с тем «поточная» технология выполнения операций на сортировочной станции предполагает организацию материального потока по тянущей системе управления и только недостаточно надёжная работа отдельных элементов не позволяет её использовать. Повышение качества работы технических станций и переход на тянущую систему управления позволят обеспечить сквозную организацию вагонопотока на всём полигоне до транспортного узла, обеспечивая синергетический эффект благодаря слаженным действиям на технических станциях и участках полигона. Взаимодействие транспортного узла, функционирующего на основе толкающей системы управления материальными потоками, с остальными подсистемами, работающими на основе тянущей системы управления, должно регулироваться корпоративным логистическим центром припортовой железной дороги совместно с требующим создания узловым транспортно-логистическим центром.

Список литературы

1. Кульба, В.В. Методология исследования проблем обеспечения безопасности на ж.-д. транспорте / В.В. Кульба, С.А. Косяченко, А.Б. Шелков // Управление большими системами. Специальный выпуск 38 «Проблемы управления на железнодорожном транспорте», 2012. – С. 3–19.
2. Кочкаров, А.А. Обеспечение стойкости сложных систем. Структурные аспекты / А.А. Кочкаров, Г.Г. Малинецкий // Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. – 2009. – № 53. – 34 с.
3. Довиденко, В.В. К вопросу управления транспортными потоками на полигоне на основе логистического подхода / В.В. Довиденко, А.С. Балалаев. – Инновационные технологии в автоматике, информатике и телекоммуникациях: сб. тр. науч.-практ. конф. учёных трансп. вузов, инженерных работников и представителей академической науки с междунар. участием. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2013. – 291 с. – С. 234–239.

УДК 656.222.021.5

Баленко В.В., Серова Д.С., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВЕЛИЧИНУ ПРОПУСКНОЙ И ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКОВ

В статье определены параметры первого и второго порядка, определяющие величину пропускной и провозной способности железнодорожной линии. В зависимости от значений данных параметров, определены факторы влияния, которые выступают ограничениями повышения пропускной и провозной способности железнодорожного участка. Также выбран способ определения рационального варианта этапности развития.

Ключевые слова: пропускная способность; провозная способность; параметры, влияющие на пропускную способность; пропускная способность железнодорожных участков.

Balenko V.V., Serov D.S., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

THE DEFINITION OF THE PARAMETERS, BLYUMINA THE VALUE OF TRANSPORTATION AND CARRYING CAPACITY OF RAILWAY SECTIONS

The article identifies parameters of the first and second order, determining the value of the throughput and carrying capacity of the railway line. Depending on the values of these parameters, it is determined the factors of influence, which are the limitations of increasing the throughput and capacity of the railway section. The selected method of determination of rational variant phasing of development.

Key words: carrying capacity; carrying capacity; the parameters that affect the throughput; the throughput capacity of railway sections.

В международных экономических отношениях России, Дальневосточный регион играет важную стратегическую роль благодаря выгодному географическому положению и близости к странам АТР. Основную долю грузопотоков на Дальневосточной железной дороге составляют экспортные перевозки грузов (уголь – 67 %, нефть – 12 %, лес – 10 %, прочие – 11 %). В связи с этим, наибольшее увеличение объемов грузопотока (на 68,5 % к 2025), намечается на железнодорожных линиях, ведущих в порты Дальнего Востока [1].

Между тем, в настоящее время даже при существующих размерах грузопотока Дальневосточная железная дорога имеет значительные затруднения в организации эксплуатационной работы, которые обусловлены следующими факторами:

1. Дальневосточная железная дорога представляет собой квазипараллельный тип транспортной системы, то есть на ней преобладает одно развитое направления движения, а станции на полигоне размещены с незначительной густотой;

2. Большая часть объектов транспортных направлений Дальневосточной железной дороги работает с загрузками близкими к предельным.

Поэтому в условиях роста объема экспортных перевозок, определение экономически целесообразной и технически выполнимой последовательности мероприятий по повышению пропускной и провозной способности является приоритетной задачей для Дальневосточной железной дороги.

Пропускная и провозная способность каждого отдельно взятого участка зависит от множества параметров. По результатам проведенных исследований выделены основные параметры, определяющие величину пропускной и провозной способности железнодорожной линии. Параметрами первого порядка являются значения, определяющие техническую оснащенность участка, а параметрами второго порядка выступают ограничения, имеющиеся на рассматриваемом участке.

Таким образом, пропускную и провозную способность каждого отдельно взятого участка определяют следующие параметры первого порядка:

1. Количество главных путей на участке $n = \begin{cases} 1 - \text{однопутная линия;} \\ 2 - \text{двухпутная линия;} \end{cases}$
2. Условие тягового обслуживания $z = \begin{cases} 1 - \text{линия электрифицирована;} \\ 2 - \text{линия неэлектрифицирована;} \end{cases}$
3. Выбор устройств СЦБ на участке $\begin{cases} А - \text{линия оборудована автоблокировкой} \\ РА - \text{линия оборудована полуавтоблокировкой} \end{cases}$.

В зависимости от значений данных параметров первого порядка, при определении пропускной и провозной способности учитываются факторы влияния на пропускную и провозную способность, которые выступают ограничениями и являются параметрами второго порядка.

К параметрам второго порядка относятся:

– Для участков $n = 1, z1, А$, $n = 1, z2, РА$: 1. длина ограничивающего перегона ($l_{огр.пер.}$), 2. скорость хода на ограничивающем перегоне (V_x), 3. масса поездов обращающихся на ограничивающем перегоне ($Q_{бр}^{гр}$);

– Для участков $n = 1, z1, А$, $n = 1, z2, А$: 1. длина ограничивающего перегона ($l_{огр.пер.}$), 2. скорость хода на ограничивающем перегоне (V_x), 3. масса поездов обращающихся на ограничивающем перегоне ($Q_{бр}^{гр}$), 4. коэффициент пакетности ($K_{пак}$), 5. межпоездной интервал (I);

– Для участков $n = 2, z1, А$, $n = 2, z2, А$: межпоездной интервал (I).

Очевидно, что на железнодорожных участках с различным техническим оснащением требуется индивидуальный комплекс мероприятий по увеличению пропускной и провозной способности и рациональная этапность их проведения.

Рациональным вариантом этапности развития называется такая последовательность мероприятий, по изменению их технического состояния и такие сроки реализации этих мероприятий, которые в совокупности с принятой технологией работы за расчетный период (T), обеспечивает минимум суммарных приведенных расходов, которые отражают критерий целевой эффективности.

Рациональный вариант этапности развития определяется:

$$\Theta = \sum_{t=0}^T K_t \cdot \alpha_t + \sum_{t=0}^T C_t \cdot \alpha_t \rightarrow \min, \quad (1)$$

где K_t , C_t – соответствующие капитальные вложения и эксплуатационные расходы на шаге t ; α_t – коэффициент дисконтирования затрат.

При постоянной норме дисконта коэффициент дисконтирования имеет вид:

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (2)$$

где E – норма дисконта.

С целью учета неопределенности условий реализации проекта, норма дисконта может быть скорректирована на величину поправки – риск (p):

$$E = \frac{(E+p)}{(1-p)}, \quad (3)$$

Так же необходимо отметить, что соответствующие капитальные вложения и эксплуатационные расходы зависят от выбранного мероприятия повышения пропускной и провозной способности. К данным мероприятиям относятся:

- 1 – Повышение ходовых скоростей движения грузовых поездов;
- 2 – увеличение нормы массы и длины поездов;
- 3 – изменение параметров организации движения (коэффициент пакетности, величина межпоездного интервала),
- 4 – уменьшение расстояния между станциями на участке (для однопутных линий).

Для каждого мероприятия существуют различные способы их реализации.

Для мероприятия – повышения скоростей грузовых поездов, способами реализации являются:

- снятие инфраструктурных ограничений на участке (снятие ограничений скорости движения грузовых поездов),
- замена локомотивного парка, эксплуатирующего на рассматриваемом участке, на более мощные.

Для мероприятия – увеличение нормы массы и длины поездов:

- замена локомотивного парка, эксплуатирующего на рассматриваемом участке, на более мощные;

– снятие ограничений по состоянию железнодорожного пути систем электроснабжения, автоматики и телемеханики;

– удлинение приемоотправочных путей станций формирования, промежуточных, технических и станций расформирования;

– введение инновационных вагонов.

Для изменения (увеличения) коэффициента пакетности:

– увеличение приемоотправочных путей на разъездах и промежуточных станциях;

Для изменения (уменьшения) межпоездного интервала:

– снятие ограничений электроснабжения, автоматики и телемеханики;

– замена локомотивного парка, эксплуатирующего на рассматриваемом участке, на более мощные, исходя из условий и ограничений на участке.

Для уменьшения расстояния между станциями:

– открытие дополнительных разъездов.

Таким образом, при выборе рационального варианта развития линии необходимо учитывать следующие критерии:

1. Провозная способность железнодорожной линии после модернизации превышает требуемые объемы перевозок: $\Gamma \geq U$;

2. Длительность периода модернизации минимальна: $T \rightarrow \min$;

3. Минимум суммарных приведенных расходов $\mathcal{E} \rightarrow \min$.

Литература

Баленко, В.В., Серова Д.С. Определение факторов, влияющих на пропускную способность железнодорожных участков / В.В. Баленко, Д.С. Серова // сб. трудов. – Хабаровск : ДВГУПС, 2017.

УДК 656.257

Годяев А.И., Прохоренко А.Г., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОПИСАНИЯ СХЕМАТИЧЕСКИХ ПЛАНОВ СТАНЦИЙ С ЭЛЕМЕНТАМИ ОСИГНАЛИЗОВАНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАБОЧИХ МЕСТ

В статье рассматриваются вопросы формализации описания схематического плана станции с элементами осигнализации с целью последующей автоматизации построения АРМов оперативного управления движением на станции с использованием модульности, типизации и клонирования элементов. Описывается подход к решению задачи обоснованного выбора структуры используемых модульных элементов и оптимизации их количества.

Ключевые слова: схематический план станции, структурирование и формализация описания, модульность, типизация, клонирование, автоматизация построения АРМов.

Godyaev A.I., Prohorenko A.G., Far Eastern State Transportation University,
Khabarovsk

FORMALIZATION OF DESCRIPTION OF SCHEMATIC PLANS OF STATIONS WITH ELEMENTS OF SIGNALING IN CONSTRUCTING AUTOMATED WORKPLACES

The article deals with questions of the formalization of the description of the schematic station plan with elements of the signaling for the purpose of subsequent automating the construction of automated workplaces (AWP) for operational traffic control on the station with using modularity, typing and cloning of elements. It describes the approach to the solution of the problem of a justified choice of the structure of the used modular elements and optimization of their number.

Key words: schematic plan of the station, structuring and formalization of the description, modularity, typification, cloning, automation of AWP construction.

Современный этап развития технических средств подразумевает широкое использование различных средств автоматизации при создании систем обеспечения безопасности и управления движением на железнодорожном транспорте. Для управления перевозочным процессом, разрабатываются системы, в состав которых входят автоматизированные рабочие места (АРМы) оперативно-управленческого и технического персонала. Данные АРМы широко используются в современных микропроцессорных системах централизации. АРМы также могут применяться для расширения информационных и функциональных возможностей и продления жизненного цикла уже находящихся в эксплуатации релейных систем централизации, которыми всё ещё оборудовано подавляющее большинство станций на железных дорогах РФ [1,2].

Полная замена релейных систем компьютерными централизациями требует значительного объёма капиталовложений. Поэтому строительство микропроцессорных централизаций целесообразно осуществлять поэтапно с учётом выполняемых и прогнозируемых на каждом железнодорожном участке, объёмов перевозок, осуществляя модернизацию релейных систем с целью сохранения их работоспособности до момента замены на микропроцессорные централизации [2].

Для автоматизации разработки АРМов оперативного управления движением на железнодорожной станции рационально формализовать процесс описания и построения, отображаемого на аппарате управления, схематического плана станции с элементами осигнализации, с использованием типовых модулей. Формализация данного процесса существенно осложняется наличием большого количества, образующих множество N , типов модулей и большого количества, образующих множество W , возможных комбинаций их сочетаний. Сокращение количества элементов множества N сопровождается увеличением количества элементов множества W и наоборот. Поэтому необходимо решить задачу рационального выбора соотношения между количеством типов модулей и коли-

чеством возможных комбинаций их сочетаний (межмодульных связей), определяемых расположением на аппарате управления и взаимодействием между собой соответствующих элементов.

Проведённый анализ большой выборки схематических планов реальных станций и наборов элементов, используемых при разработке аппаратов управления систем ЖАТ, позволил оценить частоту появления различных, определённых сочетаний связанных между собой элементов и частоту появления данных элементов вне этих сочетаний. Для оценки целесообразности объединения элементов в один модуль использовался математический аппарат нечёткой логики. Частота появления заранее определенного сочетания элементов топологической схемы станции, образующих модуль, описывалась посредством лингвистических переменных <<Частота появления рассматриваемого сочетания элементов», T_1, β_1 > и <<Частота появления элементов вне рассматриваемого сочетания», T_2, β_2 >, заданных терм-множествами $T_1, T_2 = \{\text{«очень малая»}, \text{«малая»}, \text{«средняя»}, \text{«большая»}\}$. Критерий, характеризующий целесообразность объединения рассматриваемых элементов в один базовый модуль описывался лингвистической переменной <<Целесообразность формирования модуля», T_3, β_3 >, с использованием терм-множества $T_3 = \{\text{«очень низкая»}, \text{«низкая»}, \text{«приемлемая»}, \text{«большая»}\}$.

Появление элементов модуля в рассматриваемых сочетаниях характеризуется степенью принадлежности μ_s каждого признака Z_i соответствующей нечёткой ситуации:

$$\tilde{A} = \{\mu_s(Z_i) / Z_i\}, Z_i \in Z.$$

Все возможные комбинации значений лингвистических переменных T_1, T_2 сводятся к шестнадцати, так называемым типовым ситуациям, описываемых с помощью системы правил нечёткого вывода о целесообразности формирования модульного элемента.

Для представления схематического плана станции в виде некоторой математической модели, его рационально рассматривать в виде топографического плоского графа, множество вершин которого совпадает с имеющимися на плане станции, стрелочными переводами. Анализ большой выборки схематических планов реальных станций показал, наличие конечного дискретного множества различных возможных сочетаний, примыкающих к узлам графа (стрелочным переводам) или расположенных между ними, элементов пути и осигнализации станции, а также позволил определить количество таких сочетаний. Встречающиеся сочетания элементов были представлены в виде отдельных модулей, имеющих своё графическое обозначение и идентификационный номер, используемый при синтезе схематического плана станции на аппарате управления.

В целях дальнейшей формализации и упрощения математической модели топологической схемы станции для каждого стрелочного перевода q_i можно за-

дать подмножество Q , элементы $q_i \in Q$ которого описывают связи рассматриваемого перевода с непосредственно примыкающими к нему другими элементами топологии станции [3]:

$$Q_i = \{q_1, q_2, q_3, q_4\}.$$

где q_1 – элемент, примыкающий к рассматриваемому переводу с номером i слева и сверху; q_2 – элемент, примыкающий к рассматриваемому переводу слева и снизу; q_3 – элемент, примыкающий к рассматриваемому переводу справа и сверху; q_4 – элемент, примыкающий к рассматриваемому переводу справа и снизу.

Использование рассмотренного подхода позволяет описывать топологию, отображаемого на аппарате управления, схематического плана станции в виде матрицы Y , содержащей 5 столбцов и n строк, количество которых определяется числом, имеющихся на схеме станции стрелочных переводов [1].

Элементам q_1 – q_4 присваиваются числовые значения, совпадающие с номерами переводов примыкающих к рассматриваемому. В том случае, когда один из элементов q_1 – q_4 соответствует примыканию участка пути, который не заканчивается стрелочным переводом, данному элементу присваивается числовое значение, равное «-1». При полном отсутствии связи соответствующему элементу присваивается значение, равное нулю.

Порядок определения элементов подмножества Q_i и формирование матрицы Y на примере схематического плана станции, представленного на рис. 1, поясняет рис. 2.

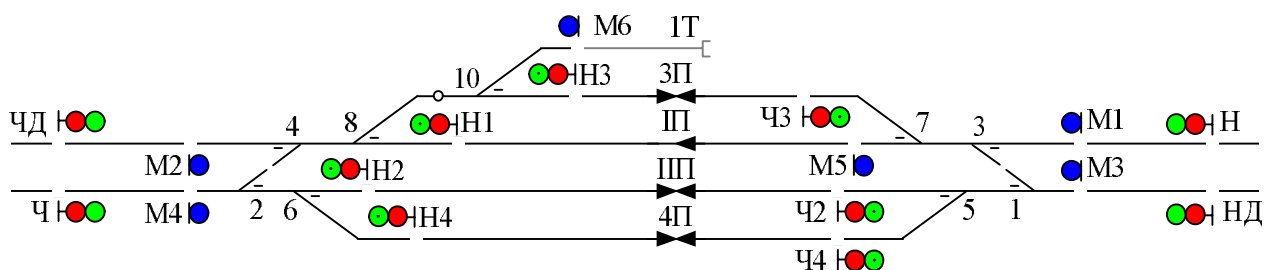
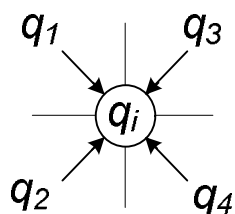


Рис. 1. Схематический план станции, описываемый матрице Y



2	-1	0	4	6
4	-1	2	0	8
6	0	2	5	5
8	4	0	10	7
10	0	8	-1	7
7	10	8	3	0
5	6	6	0	1
3	0	7	-1	1
1	3	5	-1	0

Рис. 2. Порядок определения элементов подмножества Q_i и матрица Y , сформированная для схематического плана станции, представленного на рис. 1

Полученная матрица позволяет формализовать информацию о топологии станции, но не содержит сведений об имеющейся на станции инфраструктуре устройств СЦБ и её привязке к элементам путевого развития. С целью дальнейшей формализации и упрощения математической модели, схематический план станции рационально рассматривать в виде плоского графа. Как уже отмечалось выше, множество Q вершин данного графа описывает имеющиеся на плане станции, стрелочные переводы, а множество U – располагаемые между данными переводами или примыкающие к ним, сформированные для описания схематического плана станции, типовые модульные структуры.

Построенный с использованием типовых модульных структур схематический план станции с элементами осигнализации, представлен на рис. 3. Данный план может быть описан матрицей Y' , получаемой из матрицы Y путём добавления ещё четырёх столбцов, содержащих идентификаторы сформированных модульных элементов, расположенных между соответствующим стрелочным переводом и связанными с ним, расположенными в узлах графа, стрелочными переводами (рис. 4).

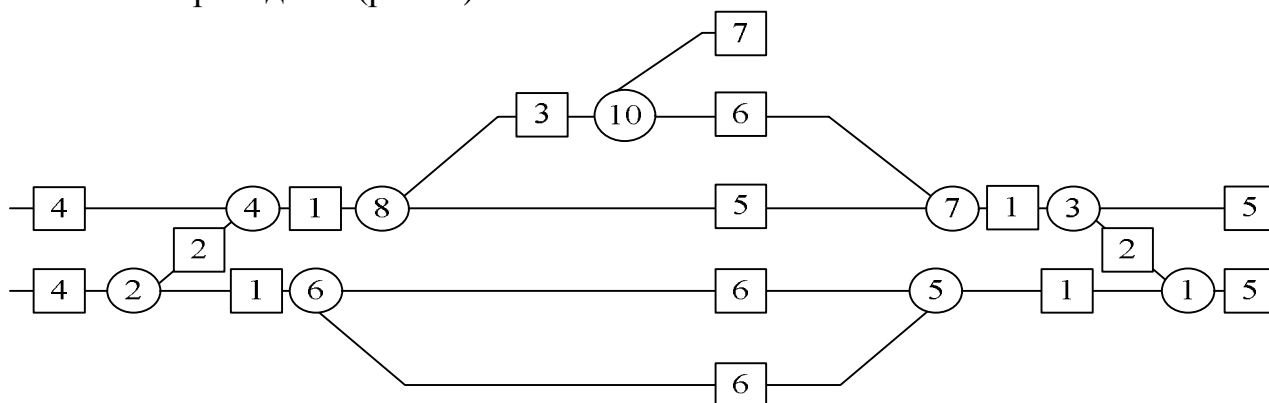


Рис. 3. Представление схематического плана станции с использованием модульных структур

Построенный с использованием типовых модульных структур схематический план станции может быть описан матрицей Y' , получаемой из матрицы Y путём добавления ещё четырёх столбцов [1], содержащих идентификаторы сформированных модульных элементов (рис. 4).

$$Y' = \begin{vmatrix} 2 & -1 & 4 & 0 & 0 & 4 & 2 & 6 & 1 \\ 4 & -1 & 4 & 2 & 2 & 0 & 0 & 8 & 1 \\ 6 & 0 & 0 & 2 & 1 & 5 & 6 & 5 & 6 \\ 8 & 4 & 1 & 0 & 0 & 10 & 3 & 7 & 5 \\ 10 & 0 & 0 & 8 & 3 & -1 & 7 & 7 & 6 \\ 7 & 10 & 6 & 8 & 5 & 3 & 1 & 0 & 0 \\ 5 & 6 & 6 & 6 & 6 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 3 & 0 & 0 & 7 & 1 & -1 & 5 & 1 & 2 \\ 1 & 3 & 2 & 5 & 1 & -1 & 5 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Рис. 4. Представление схематического плана станции с элементами осигнализации, матрицей Y'

Предлагаемая методика обеспечивает получение математического описания топологической схемы станции с расположенными на ней напольными устройствами железнодорожной автоматики. Использование предлагаемого подхода позволит существенно упростить синтез АРМов оперативного управления движением на железнодорожной станции, сведя его к определению модульных элементов, типизации и клонированию.

Список литературы

1. Годяев, А.И. Автоматизация процесса построения схематического плана станции / А.И. Годяев, А.Г. Прохоренко // Вестник транспорта Поволжья. – 2013. – № 3. – С. 7–14.
2. Годяев, А.И. Расширение функциональных возможностей оперативного управления движением поездов на станциях с релейными системами электрической централизации / А.И. Годяев, А.Г. Прохоренко // Вестник транспорта Поволжья. – 2014., №1. – С. 70–74.
3. Астафьев, В.М. Разработка метода формирования схем путевого развития промышленных узлов на ЭВМ: дис. ... канд. технич. наук. – Ростов-на-Дону, 1984. – 286 с.

УДК 621.33:629.423

Гопкало В.Н., Годяев А.И., Давыдов Б.И., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

МЕТОД КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЙ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДА

Рассматривается задача определения причин повышенного расхода энергетического ресурса в электротяге. Оценка объема энергии, теряемого при компенсации отклонений реальной траектории от нормативного движения поезда, позволяет реализовывать приемы диспетчерского управления, направленные на снижение расхода. В работе исследуется характер рассеяния. Описывается метод контроля отклонений траектории, основанный на корреляционном анализе данных о динамике поезда и энергопотреблении. Результаты анализа выявляют закономерности нормального и нарушенного графика движения поезда.

Ключевые слова: движение поездов, потребление энергии, моделирование, корреляционный анализ.

Gopkalo, V.N., Godyaev A.I., Davydov B.I., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

METHOD OF MONITORING DEVIATIONS TRAJECTORY OF MOVEMENT OF THE TRAIN

We consider the problem of determining the causes of high consumption of energy resource in electricity. Assessment of the amount of energy lost by compensation of deviations of the actual trajectory from the normative movement of the train allows you to implement methods Manager-

governance aimed at reducing consumption. The paper investigates the nature of the scattering. Describes a method of monitoring deviations of the trajectory based on the correlation analysis of data on the dynamics of trains and energy consumption. The results of the analysis identify patterns of normal and impaired movement schedule of the train.

Key words: trains, energy consumption, modelling, correlation analysis.

Корректировки движения поезда осуществляются с целью устранения отклонений от графика, которые уже произошли или возможны в ближайшее время. Эти отклонения от нормального процесса приводят к задержке поезда, перерасходу энергии и, следовательно, затрат. Чтобы снизить уровень потерь, необходимо обеспечить качественное диспетчерское управление. Такое адаптивное управление предполагает рациональную корректировку графика в реальном времени с учетом статистических данных о движении поездов, а также точное и своевременное выполнение регулировок.

На многих железнодорожных магистралях России, Китая, США и других стран наблюдается интенсивный смешанный поток пассажирских и грузовых поездов. Требование по точному выполнению графика при управлении грузовым поездом не жесткое, так как расписание его движения содержит большой резерв времени, который компенсирует случайные возмущения. Свободный запас времени появляется в периоды, когда число случайных препятствий на пути движения поездов мало. Этот резерв может быть использован для экономии энергоресурса.

Большая часть современной литературы исследует проблему поиска решений по оперативному перепланированию, оптимизации графика по критерию пунктуальности движения поездов. Такой подход актуален для управления пассажирскими поездами, однако, не применим для грузовых перевозок. Продвижение рядовых грузовых поездов не требует жесткого выполнения графика на каждом перегоне.

При возникновении отклонений диспетчеры часто используют оперативные регулировки, которые влекут за собой значительное увеличение потребления энергии на тягу поездов. Существует ряд публикаций, в которых рассматривается проблема снижения энергопотребления при сохранении высокого уровня пунктуальности. Эта проблема изучена недостаточно, требует дополнительного рассмотрения.

Моделирование движения поездов является важнейшей частью процесса оперативного планирования. Основной объем исследований в области моделирования движения посвящен решению проблемы минимизации задержек поездов. Слабо распространены модели, прогнозирующие развитие ситуации и формирующие решения по ее упреждающему изменению на основе графикового и энергетического критерия. Настоящая статья посвящена решению вопросов, позволяющих устранить этот недостаток.

Большая часть опубликованных работ по проблеме оперативного планирования движения поездов основана на детерминированных моделях функционирования железнодорожного участка. В статье [1] представлен обширный обзор моделей и алгоритмов перепланирования для корректировки движения в режиме реального времени. В статье рассматривается проблема подстройки пассажирского сегмента при поиске оптимальных регулировок. Основными типами задач, решаемых в процессе поиска регулировок, являются обнаружение и разрешение конфликтов (conflict detection and resolution – CDR) и координация скоростей поездов (train speed coordination– TSC) [2]. В этих задачах наилучшим образом определяется порядок движения поездов с целью устранения отклонений от графика, что приводит к возникновению конфликтов. Большая часть работ посвящена изучению алгоритмов корректировки движения пассажирского поезда по загруженной линии. Как правило, рассчитывается суммарная величина задержек поездов в данный период времени. Авторы, которые пытаются использовать экономические показатели качества прохождения пассажирского потока, так или иначе, учитывают число задержек. Решения по перепланировке, минимизирующие опоздания, рассчитываются путем построения дискретных моделей движения, использования целочисленного или частично-целочисленного линейного программирования (например, [3]).

Локальная пунктуальность в движении потока грузовых поездов отступает на второй план. Здесь возникает потребность использовать другие критерии, соответствующие экономическим интересам железнодорожной компании-перевозчика. Анализ показывает, что в качестве критерия могут быть использованы эксплуатационные затраты на пропуск поездов или часть прибыли оператора железной дороги, соответствующая продвижению грузовых поездов на данном участке [4].

Опубликовано много статей (например, [5]), посвященных расчёту траектории движения поезда, обеспечивающей минимальное энергопотребление. Корректировка графика, целью которой является экономия энергии, производится путем рационального распределения дополнительного времени между сегментами пути. Лишь небольшое количество работ посвящено решению проблемы снижения как энергопотребления, так и затрат за счет эффективного оперативного управления движением. В качестве примера приведем статью [6], авторы которой исследуют эту проблему применительно к пригородным пассажирским перевозкам. Предлагаемый подход сочетает в себе изменение графика движения в режиме реального времени (выполняемое после сбоя) и тонкую подстройку режимов тяги, что облегчается за счет предоставления машинистам оперативной информации о фактическом движении на данном участке.

Исследовательская группа [7] разработала модель расхода топлива транспортными средствами с использованием искусственных нейронных сетей. Данная модель позволяет совмещать макро- и микроскопический анализ потре-

ния. Макромодель функционирует на основе обобщения информации, полученной на микро-уровне. Такой подход может быть использован при прогнозировании потребления энергии в процессе железнодорожных перевозок.

В ходе проведения исследования потребления энергии на электрифицированной магистрали (Транссиб) детально рассматривались данные о текущем потреблении энергии, координате и скорости движения поезда, полученные с помощью бортового самописца электровоза. Определен объем энергии для продвижения поезда по элементам пути с различной рельефной характеристикой. Один из участков (тип I) обладает тяжелым рельефом, содержит затяжной подъем. Другие участки имеют более спокойный характер: холмистый (тип II) и маловозмущенный (тип III). Измерения проводились на большом количестве однотипных грузовых поездов. Полученные значения потребленной энергии для различных участков приведены в табл. 1, где тип сложности рельефа участка пути: I – тяжелый, II – смешанный, III – легкий.

Таблица 1. Потребляемая мощность в зависимости от сложности рельефа участка, кВт·ч

Тип сложности	I	II	III
Протяженность, км	15	40	20
Минимальное потребление	900	1207	641
Среднее потребление	1112	1559	845
Максимальное потребление	1264	2055	1184

Анализ, проведенный в [4] показывает, что рассеяние случайной величины, характеризующий время хода поезда по элементу пути, хорошо аппроксимируется гамма-распределением, т. е.

$$g(t; s_i) = t^{\alpha-1} e^{-t/\beta} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)},$$

где $\alpha > 0$, $\beta > 0$ – некоторые параметры; $\Gamma(\cdot)$ – гамма-функция Эйлера.

Соответствующая случайная величина Z имеет среднее и дисперсию.

Изучение данных об энергопотреблении на реальном железнодорожном участке показало, что распределение показателя расхода энергии грузовым поездом также становится более асимметричным по мере движения по маршруту. На рис. 1 показаны гистограммы распределения энергопотребления, соответствующие некоторым элементарным участкам пути, и наложенные на них гамма-плотности $g(t; s_i)$.

Рассчитанные параметры гамма-распределения, отражающего расход энергии на ряде элементарных участков – по ходу следования поездов, - приведены в табл. 2.

Анализ, проведенный с использованием критерия Колмогорова, показывает, что функции плотности для элементов пути 3 и 4 более строго соответствуют гамма-распределению (с уровнем значимости $\alpha = 0,1$), чем плотности для начальных участков.

a

б

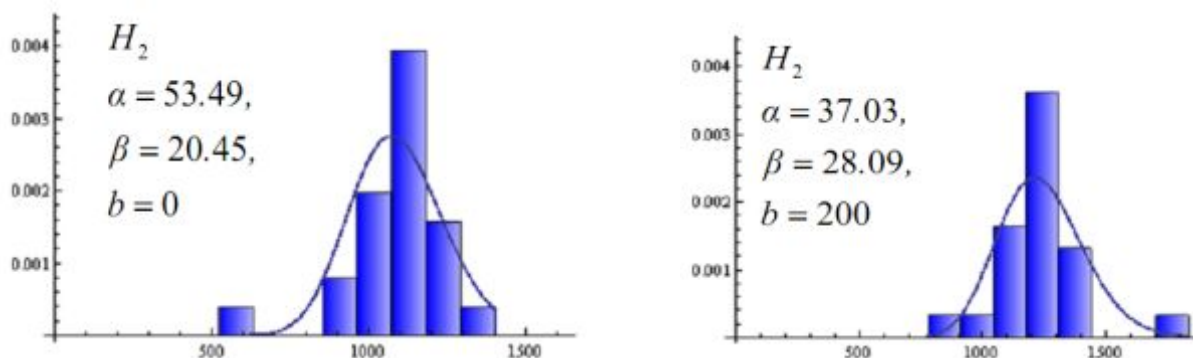


Рис. 1. Распределение показателя расхода энергии на начальном (а) и конечном (б) элементах пути

Таблица 2. Параметры распределения расхода на различных участках пути, кВт·ч

	1	2	3	4
Среднее	1094	149	53,5	20,4
СКО	449	106	12,8	25,2
α	1240	171	37,0	28,1
β	579	241	3,2	135,9

Экспериментальные данные показывают, что существует достаточно сильная корреляция потребления энергии и времени прохождения участка пути с различным характером изменения рельефа. Коэффициент корреляции достигает значений 0,6-0,8 при нормальных условиях. Однако для некоторых наблюдений коэффициент корреляции принимает меньшие значения. Часть таких отклонений связано с наличием неграфиковых задержек, которые увеличивают время поездки и расход топлива. Статистическая взаимосвязь ослабляется, когда некоторые опытные машинисты стараются использовать резерв времени для энергоэффективного управления движением поезда. Аналогичные закономерности наблюдаются и в процессе движения пассажирских поездов.

Фактическое значение скорости поезда зависит от текущего состояния инфраструктуры и от качества управления поездом, которое реализует машинист. Для правильного прогнозирования потребления электроэнергии с учетом вероятных будущих отклонений от графика необходимо при выполнении анализа разделить эти два воздействия.

Авторами предложена методика обнаружения причины возникновения повышенного потребления энергии поездом на элементе пути. Методика позволяет выявить влияние фактора, представляющего собой совокупность отклонений от стандартной траектории, которые появляются в результате нерациональных действий машиниста или наличия случайных возмущений, препятствующих движению поезда.

Разработанный подход основан на получении данных о потреблении энергии на тягу поездов и проведении корреляционного анализа. Основные закономерности определяются наиболее полно, если рассматривать корреляцию энергопотребления данного поезда с характеристикой рельефа пути и с функциями потребления остальных поездов. Значения коэффициента корреляции показателей энергопотребления и рельефа пути, полученные при обработке различных поездов, показаны на графике рис. 2.

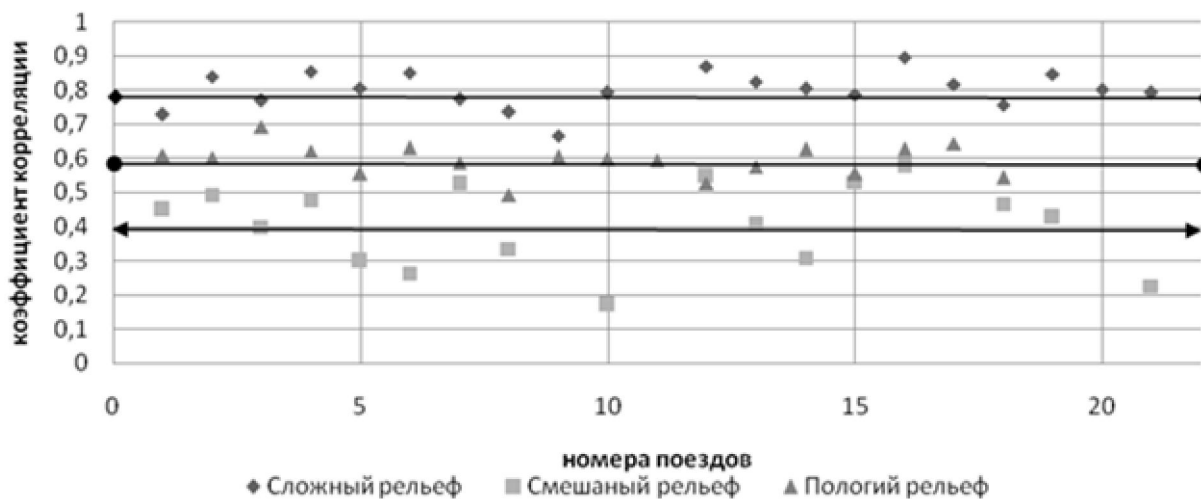


Рис. 2. Коэффициент корреляции показателей энергопотребления и рельефа пути

Представленные на рисунке данные свидетельствуют о следующих закономерностях. Индекс корреляции повышается с ростом степени тяжести рельефа участка. Это связано с тем, что на участке, включающем крутой и протяженный подъем, имеется узкий спектр вариантов реализации траектории тягового потребления. На равнинных участках машинисты используют различные траектории движения, поэтому характеристики потребления энергии различными поездами плохо коррелируют. Это объясняет большую разницу в объемах энергии, которую тратят опытные и неопытные машинисты, когда они имеют свободу действий по управлению локомотивом.

Расчетный показатель корреляции потребления и профиля пути ослабляется при возникновении внеплановых остановок. Таким образом, наличие коротких остановок при пробеге поезда 22, 23 на участке I уменьшает индекс корреляции с 0,8 до 0,5.

Таким образом, корреляционный анализ дает возможность описать рациональный расход электроэнергии при штатных условиях перевозочного процесса, а также выделить в потоке поездов траектории движения с отклонениями от нормы. Впоследствии предполагается такой метод положить в основу анализа результатов процесса движения поездов для оценивания влияния всех факторов, влияющих на расход топливно-энергетических ресурсов. К таким факторам можно отнести как влияние оперативной обстановки, которую обеспечива-

ет диспетчер, регулирующий перевозочный процесс, так и вклад машиниста, управляющего отдельным локомотивом.

Список литературы

1. Cacchiani, V., Huisman, D., Kidd, M., Kroon, L., Toth, P., Veelenturf, L., Wagenaar, J., 2014. “Overview of recovery models and algorithms for real-time railway rescheduling” *Transportation Research, Part B*, 63, pp. 15–37.
2. D’Ariano, A., Pacciarelli, D. &Pranzo, M., A branch and bound algorithm for scheduling trains in a railway network. *European Journal of Operational Research*, 183 (2), pp.643 – 665, 2007.
3. Cordeau, J.-F., Toth, P. & Vigo, D., A survey of optimization models for train routing and scheduling. *Transportation Science*, 32 (4), pp. 380–404, 1998.
4. Davydov B., Dynkin B., Chebotarev V. (2014) Optimal rescheduling for the mixed passenger and freight line. *WIT Transactions on The Built Environment*, Vol 135, pp. 649–661 / 14th Intern. Conference on Railway Engineering Design and Optimization – COMPRAIL 2014, Rome, Italy. DOI: 10.2495/CR140541
5. Кузнецова, АА., Оптимизация технологии вождения грузовых поездов по перегонам по критерию минимума эксплуатационных расходов по пробегу. Дисс...к.т.н., Новосибирск, 152 p., 2006.
6. Bocharnikov, Y.V., Tobias, A.M., Roberts, C., Hillmansen, S. &Goodman,C.J., Optimal driving strategy for traction energy saving on DC suburban railways. *IETElectr.Power1(5)*, pp. 675–682, 2007.
7. Garcia-Manriquez, J. Modelling fuel consumption of advanced technology vehicles in traffic networks using artificial neural networks. Carleton University (Canada), 2004, 328 p. AAT NQ97824

УДК 656

Губина О.В., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВАНИНО-СОВЕТСКО-ГАВАНСКОГО ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА

Статья посвящена проблемам развития транспортного комплекса, в частности рассматривается инфраструктура промышленного транспортного узла «Ванино-Советская Гавань». Рассматриваются проблемные зоны транспортной инфраструктуры Ванино-Советско-Гаванского транспортного узла. По проведенному аналитическому исследованию приводятся предложения по развитию инфраструктуры Ванино-Советско-Гаванского транспортного узла.

Ключевые слова: транспорт, транспортный узел, инфраструктура, Ванино-Советско-Гаванский транспортный узел, Хабаровский край.

Gubina O.V., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

INCREASING THE EFFICIENCY OF WORK VANINO-SOVETSKO-GAVANSKOGO OF THE TRANSPORT NODE

The article is devoted to problems of development of the transport sector in particular is considered the infrastructure of transport hub «Vanino-Sovetskaya Gavan». Discusses problem areas of transport infrastructure of Busan-Sovetskaya Gavan transport hub. For the analytical study provides suggestions for the development of the infrastructure of Busan-Sovetskaya Gavan transport hub.

Key words: transport, transportation hub, infrastructure, Vanino-Sovetskaya Gavan transport hub in Khabarovsk Krai.

Транспорт является важным звеном в экономике Российской Федерации, без которого невозможно функционирование не одной отрасли хозяйства, ни одного региона страны. Также стоит отметить, что стабильное положение в экономике в РФ, невозможна без решения основных проблем транспортного комплекса. Уровень развития транспортной системы РФ различается по регионам, а также по структуре грузоперевозок.

Наиболее развитую транспортную инфраструктуру имеют центральные регионы РФ, к наименее развитым в данном вопросе относят регионы Сибири и Дальнего Востока. В центральной части РФ большая часть перевозок связана с железнодорожным транспортом.

Проведенное исследование посвящено проблемам и предложениям по развитию транспортного узла, на примере развития инфраструктуры Ванино-Советско-Гаванского транспортного узла. Ванино-Советско-Гаванский транспортный узел расположен в Хабаровском крае.

Если говорить в общем об экономике Хабаровского края, то она базируется на многопрофильном промышленном производстве и на транспортном обслуживании магистральных грузов. Её особенностью является превышение ввоза над вывозом. Хабаровский край является ввозящим регионом, в связи с тем, что потребности региона в промежуточной и конечной продукции значительно превышают размеры собственного производства.

На масштабы и структуру грузообразующей базы в Хабаровском крае оказывают влияние главным образом следующие группы производств: обработка древесины, производство нефтепродуктов и металлургия.

Предприятия лесопромышленного комплекса Хабаровского края в большинстве своем расположены в районах, находящихся близ морских портов. Особенностью развития данного комплекса в крае является то, что все крупные инвесторы являются крупнейшими лесозаготовителями и экспортёрами. Основными факторами, сдерживающими развитие лесопромышленного комплекса в регионе, являются низкое качество производимой продукции и высокие импортные пошлины на ввозимое деревообрабатывающее оборудование.

Нефтеперерабатывающая промышленность в Хабаровском крае представлена предприятиями: Комсомольский нефтеперерабатывающий завод, Хабаровский нефтеперерабатывающий завод и ООО «Трансбункер», находящееся в морском порту Ванино. Суммарная мощность заводов составляет 13 млн тонн в год, что позволяет покрывать потребности края в нефтепродуктах и обеспечить поставки в другие регионы и на экспорт.

Предприятие «Амурметалл» является единственным на Дальнем Востоке предприятием, которое занимается переработкой лома чёрных металлов в сортовой прокат.

Морские порты Ванино и Советская Гавань образуют своего рода ядро Ванино-Советско-Гаванского транспортно-промышленного узла.

В настоящее время морские порты Ванино и Советская Гавань специализируются на перевалке наливных, навалочных, лесных грузов.

Текущий уровень инженерного освоения берега в морском порту Ванино составляет 90 %, в порту Советская Гавань – 4 %. Все перегрузочные комплексы морских портов, за исключением Ванинского балкерного терминала по своим технологическим параметрам отстают от мировых стандартов. Основными функциями порта Советская Гавань являются перевалка и хранение грузов. В порту Ванино технология переработки грузов более усовершенствована благодаря использованию закупленной импортной техники, развитию портовых функций и применению информационных технологий, таких как WMS- системы и SCM- системы. Кроме того, в порту Ванино созданы предприятия по производству нефтепродуктов и пиломатериалов (ООО «Трансбункер-Ванино» и СП ООО «Аркаим»).

По данным Правительства Хабаровского края для совершенствования транспортной инфраструктуры региона необходимо делать ставки на развитие транспорта. В полной мере использовать водный транспорт – развитие навигации на р. Амур, и имеющиеся выходы через морские порты в страны АТР. Также необходимо развивать и смежные виды транспорта в регионе: развивать трубопроводный транспорт и авиасообщения, реконструировать и создавать новые автодороги, реконструировать железнодорожные пути.

В настоящее время осуществляется реконструкция международного аэропорта г. Хабаровск. Данный проект реализуется на основе государственно-частного партнёрства. Общий объём инвестиций в развитие аэропорта к 2030 году составит 18,8 миллиарда рублей.

За счёт федерального бюджета ведётся реконструкция аэродромного комплекса. А на строительство нового пассажирского терминала пойдут негосударственные средства с привлечением, в частности иностранных инвесторов из Японии. В перспективе планируется создать в Хабаровском крае современный узловой аэропорт федерального назначения, чтобы в полной мере использовать конкурентные преимущества края, т. к. аэропорт г. Хабаровска расположен на пересечении транссибирских и трансвосточных воздушных трасс, и имеет возможность принимать суда в любую погоду.

На сегодняшний день аэропорт г. Хабаровска первый по объёмам перевозок. Он сохранил лидерство в 2016 году, обслужив 1,9 миллиона пассажиров (с учётом транзита). Это на 2,6 процента выше показателей 2015 года. Грузопоток в аэропорту тоже растёт. По итогам 2016 г. он составил 24,5 тысячи тонн, то есть на 5,8 % больше, чем в 2015 г. С конца 2016 года новое грузовое направле-

ние в маршрутной сети г. Хабаровска открыли самолёты «Почты России». Это ведомство планирует строительство на территории аэропорта Хабаровск логистического почтового центра — единственного на Дальнем Востоке.

Продолжается модернизация железнодорожной инфраструктуры БАМа и Транссиба. Крупнейший проект, прогнозный общий объём капитальных вложений более 560 миллиардов рублей. Из них 300 миллиардов вкладывает ОАО «РЖД». На территории нашего края с 2013 по 2016 годы ОАО «РЖД» профинансировало работы почти на 40 миллиардов рублей. В 2017 году запланировано более 12,4 миллиарда рублей.

Другой масштабный проект Хабаровского края – строительство транспортно-перегрузочного комплекса для перевалки угля в бухте Мучке, морской порт Ванино, который реализует группа компаний «Колмар». Общая стоимость проекта более 27 миллиардов рублей, это прежде всего, средства инвестора, которые пойдут на создание перегрузочного терминала, развитие транспортной инфраструктуры, сетей энерго- и водоснабжения. А на бюджетные деньги будут выполнены дноуглубительные работы на объектах федеральной собственности. Плюс к этому принято решение о выделении по этому проекту 3,2 миллиарда рублей федеральной субсидии на строительство железнодорожного пути и сетей энергоснабжения. Первая очередь комплекса будет сдана в третьем квартале 2019 года.

Кроме того, в рамках развития транспортной инфраструктуры Хабаровского края планируется увеличение мощности Ванинского балкерного терминала с развитием железнодорожной инфраструктуры. Данный проект реализуется с участием «Дальтрансугля», его стоимость 6,1 миллиард рублей обеспечит к 2020 году перевалку до 24 миллионов тонн энергетического угля в год.

Все вышеперечисленные проекты развития транспортной инфраструктуры Хабаровского края достаточно крупные и в них участвует как государство, так и частные инвесторы.

В настоящее время больше всего мешает экономическому развитию Ванино и Советской Гавани – неразвитая железнодорожная инфраструктура на подходах к портам.

Перспективный грузопоток в направлении этих морских портов заявлен к 2030 году в объёме 130 миллионов тонн в год, в том числе потенциальными резидентами свободного порта – около 100 миллионов. После завершения реконструкции участка Оунэ–Высокогорная со строительством нового Кузнецовского тоннеля на участке Комсомольск-на-Амуре–Советская Гавань провозная способность дороги, заметно, увеличилась. В 2008 году это было 8,1 миллиона тонн в год, на конец 2017 г. планируется 37,1 миллиона. Но этого недостаточно – при запланированных-то 130 миллионах рублей.

В 2015 году на транспорт в общем объёме валового регионального продукта приходилось 24,9 %, в 2016 году – 26,8 %. Аналогичная ситуация и с отчисле-

ниями в бюджет Хабаровского края. По итогам 2015 года доля транспортной отрасли в налоговых поступлениях составила 15,2 %, в 2016 году – 15,6 % – 11,8 млрд рублей, и это крупнейший показатель в Хабаровском крае.

Проанализировав проблемы, ограничивающие развитие транспортного узла, обобщим предложения по развитию инфраструктуры Ванино-Советско-Гаванского транспортного узла:

1. Необходимо увеличивать грузооборот.

Планы и задачи развития Ванино-Советско-Гаванского промышленного транспортного узла связаны с резким увеличением грузооборота до 60 млн тонн к 2020 году. Нынешняя ориентация порта Ванино на перевалку в основном угля заставляет перенаправлять довольно большие объемы генеральных, лесных, насыпных и других видов грузов, включая грузы северного завоза, в морской порт Советская Гавань.

2. Необходимо привлекать капитал (капитальные вложения).

Однако без капитальных вложений в инфраструктуру порта нарастить его мощности, а значит, и грузооборот, вряд ли удастся. Из-за нехватки финансовых средств в настоящее время приостановлены работы по строительству второго пути до станции Совгавань-город и путей в одну нитку к мысу Муравьева, бухтам Лососина и Курикша.

3. Увеличение глубины причального фронта.

Портовые сооружения в бухтах Окоча и Курикша были построены в 50-60-е года прошлого века и предназначены главным образом для ремонта судов. Существующие глубины не препятствовали постановке судов различного типа (сухогрузы, плавбазы, рыбодобывающие, нефтеналивные) водоизмещением до 35 тыс. тонн. Применительно к задачам и конструктивным особенностям эксплуатируемых в прежние годы судов глубина у причальных стенок выбиралась в пределах от 4 до 10 метров.

В настоящее время большинство судов имеют полную осадку 10–12 метров, что ограничивает возможность их захода в порт Советская Гавань. Для решения данного вопроса владельцам и арендаторам гидротехнических сооружений необходимо проводить дноуглубительные работы.

4. Привлечение российских и иностранных инвесторов в регион.

В порту работают в основном мелкие и средние хозяйствующие субъекты, которые, как правило, финансово слабы и, соответственно, не могут серьезно влиять на модернизацию и развитие портовой инфраструктуры. В силу этого портовое хозяйство не обновлялось с конца прошлого столетия. Решение данного вопроса возможно только с появлением инвесторов в порту Советская Гавань, включая иностранных инвесторов, а также с исполнением государством взятых на себя обязательств в рамках программ развития Дальнего Востока.

5. Необходимость создания службы портового флота.

Отсутствие в порту Советская Гавань сборщика льяльных вод и буксирного обеспечения. Швартовые операции осуществляются буксирами ОАО «Ванинский морской торговый порт» и ФГУП «Росморпорт», находящимися в мор-

ском порту Ванино и удаленными от начала швартовных операций порядка на 10–12 миль. Использование таким образом буксиров увеличивает сроки обработки судов в порту Советская Гавань и увеличивает расходы судовладельцев. Для выхода из сложившейся ситуации нужна отдельная служба портового флота, а это возможно опять же только при наличии в порту Советская Гавань крупного хозяйствующего субъекта.

6. Необходимость увеличения производственных (холодильных) мощностей по приемке и переработке морепродуктов (в связи со спецификой скоропортящихся грузов).

Особое внимание при развитии инфраструктуры порта Советская Гавань или создании здесь зоны свободного порта необходимо обратить на создание мощностей по приемке и переработке морепродуктов. Специфика скоропортящихся грузов предполагает наличие холодильников, расположенных в непосредственной близости от места выгрузки. Имеющиеся в порту холодильные мощности рассчитаны всего на 1000 тонн мороженой продукции.

7. Создание новых специализированных фабрик по переработке рыбы и морепродуктов.

Обеспечение же страны дальневосточной рыбопродукцией потребует создания здесь специализированных фабрик. Нет смысла весь поток рыбопромышленных грузов направлять в центральную Россию только через порты Приморья. Тем более что Байкало-Амурская железнодорожная магистраль (БАМ), идущая из порта Советская Гавань (Хабаровский край), дает возможность заметно сократить время доставки грузов. Однако это невозможно без строительства как новых холодильников, так и транспортной инфраструктуры – сети автомобильных и железных дорог.

8. Развитие транспортной инфраструктуры, в частности необходимо развивать смежные направления транспорта помимо морского: автомобильный и железнодорожный.

Базовыми транспортными артериями Дальнего Востока являются Транссибирская и Байкало-Амурская железнодорожные магистрали. В настоящее время основная нагрузка в экспортных и транзитных перевозках приходится на Транссиб, он имеет солидную базу и опыт перевозки грузов, пропускная способность составляет до 100 млн тонн в год. Открыта вторая очередь железнодорожного мостового перехода через реку Амур. В перспективе – организация высокоскоростного сообщения между Хабаровском и Владивостоком. В планах ОАО «РЖД» – строительство железной дороги до Магадана и Анадыря. С реализацией транспортного потенциала нашей территории связано дальнейшее развитие Транссиба, в том числе вторую жизнь получит и Северный широтный путь (БАМ).

Автомобильные дороги – это одна из составляющих транспортных коридоров для перевозок мелкооптовых грузов. Сегодня полным ходом идет строительство и реконструкция федеральных автодорог, таких как «Амур» (Чита–Хабаровск), «Уссури» (Хабаровск–Владивосток), «Колыма» (Якутск–Магадан),

«Лена» (Невер–Якутск), сооружение автомобильных мостов, портовых причалов, нефтеналивного порта в бухте Козьмино под Находкой. Идет периодическая реконструкция автомобильной и железнодорожной инфраструктуры МТК «Приморье-1» и «Приморье-2». Все эти объекты являются составной частью евро-азиатского международного коридора «Транссиб» и имеют важное стратегическое значение.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сказать, что входящие в единый транспортный узел порты Ванино и Советская Гавань – это наиболее перспективные территории для дальнейшего развития с возможностью строительства новых терминалов, перегрузочных комплексов и увеличения объемов перевалки грузов, увеличения производственных мощностей, привлечения инвесторов.

Список литературы

1. Белоусова, А.В., Корец, Е.А. Анализ этапов развития морских портов Ванино и Советская Гавань // Территориальные исследования: цели, результаты и перспективы. Тезисы VIII всероссийской школы-семинара молодых учёных, аспирантов и студентов / под ред. Е.Я. Фрисмана. – Биробиджан : ИКАРП ДВО РАН – ФГБОУ ВПО «ПГУ им. Шолом-Алейхема», 2015. С. 153–157.

2. Заостровских Е.А. Транспортно-экономические связи морских портов Хабаровского края: оценка структурных сдвигов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. № 1–2. С. 36–41.

3. Кузнецов, А.Л. Новая роль морских портов в мировой экономике. URL: http://wingi.ru/firms_profile/viewMsg-312/blog-151/firm_id3700/ (дата обращения: 13.09.2017).

4. Ишаев, В.И. Интегрирующая роль транспортной инфраструктуры на Дальнем Востоке // Наука и транспорт URL: <http://rostransport.com/transportrf/pdf/32-33/20.pdf> (дата обращения: 13.09.2017).

УДК 51-74

Давыдов Б.И., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

Каблукова К.С., Чеботарев В.И., Вычислительный центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, Хабаровск

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАДЕРЖЕК ПО ЦЕПИ ПОЕЗДОВ

В статье рассмотрена модель формирования вторичных остановок поездов в предположении, что продолжительность первичной задержки случайна, рассеяна по заданному закону. Дополнительно полагается случайным характер отправления поездов на участок. Целью настоящей работы является нахождение функций распределения интервалов прибытия поездов на конечную станцию. Анализ распределения позволяет оценить характеристики потока, в минимальной степени подверженного случайным задержкам поездов. Приводится пример определения рациональной величины межпоездного интервала следования грузовых поездов.

Ключевые слова: первичные, вторичные задержки поездов, функция распределения случайной величины.

Davydov, B.I., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

Kablukova, K. S., Chebotarev, V.I., Computing Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Khabarovsk

PROBABILISTIC MODEL OF DELAY PROPAGATION ALONG THE CHAIN OF TRAINS

In article the model of formation of secondary stops on the assumption that the duration of the primary delay, random, scattered through a given law. Additionally relies on the random nature of departure of trains at the station. The aim of this work is the finding of distribution functions of intervals of arrival of trains at the destination station. Analysis of the distribution allows to estimate the flow characteristics minimally influenced by random delays of trains. An example of determining the rational value of interval between consecutive trains freight trains.

Key words: primary, secondary delayed trains, the distribution function of a case-term size.

Введение

Движение поездов подвержено случайным влияниям, вызывающим рассеяние моментов прибытия. В настоящей работе в качестве такого влияния рассматривается процесс распространения вторичных задержек поездов, который в свою очередь является следствием некоторой первичной задержки. Предлагается модель этого процесса, и в соответствии с ней находится вероятностное распределение временных промежутков между моментами прибытия в конечный пункт.

Библиографический обзор

Механизм возникновения вторичных задержек в потоке поездов описан в обзорной статье [1]. Основные положения стохастического моделирования процесса движения потока поездов изложены в работах [2–4]. Рядом исследователей предпринимались попытки преодолеть сложность расчета вероятностного распределения выходных интервалов. С целью упрощения рассматривались частные случаи распределения первичной задержки. Так, в [2] предполагалось, что случайная длительность первичной задержки подчиняется некоторому обобщению показательного закона. Мы же решаем задачу расчета характеристики рассеяния

выходных интервалов при произвольных распределениях первичной задержки и первоначальных межпоездных интервалов, хотя и с дополнительным предположением независимости исходных случайных величин. Заметим, что в [5] предлагается другой подход к решению задачи определения выходного распределения. При моделировании авторы этой работы ограничиваются дискретными распределениями интервалов задержки.

Описание модели размножения задержек

Рассмотрим модель взаимодействия поездов, которые отправляются последовательно со станции A и следуют с малым интервалом и фиксированной скоростью v_0 по участку AB . Общее число поездов равно n . Расстояние от поезда j до поезда $(j - 1)$ обозначим $X_j + s_0$, где $j = 2, 3, \dots, n$, s_0 – минимальное безопасное расстояние между поездами, X_2, X_3, \dots, X_n – случайные величины (пока без каких-либо предположений относительно их распределений). Предполагается, что станция назначения для всех поездов из рассматриваемой последовательности одна и та же.

Введем также обозначения: $\mu_j = X_j / v_0$ – случайная составляющая временного интервала между поездами с номерами j и $(j - 1)$, $t_0 = s_0 / v_0$.

Предположим, что поезд 1 отправляется со станции A в момент $t = 0$. Тогда момент $T^{(m)}$ отправления поезда m , зависящий от запланированных межпоездных интервалов при отпавлении $\mu_j + t_0$, можно записать в виде

$$T^{(m)} = \sum_{j=2}^m \mu_j + (m-1)t_0, \quad m = 2, 3, \dots, n. \quad (1)$$

Пусть в некоторый момент времени поезд 1 незапланированно остановился и простоял случайное время τ . Если первичная задержка τ достаточно велика, то последующие поезда испытывают вторичные задержки. Предполагается, что поезд останавливается, если до впереди стоящего расстояние уменьшится до s_0 , и как только передний поезд тронется, так и следующий за ним сразу же тронется. Рассматривается задача: найти вероятностное распределение *случайной величины* v_k временного промежутка между моментами прибытия поездов $(k - 1)$ и k на станцию B в предположении, что внеплановую остановку делает только поезд 1, а остальные останавливаются или продолжают движение. В процессе проведения анализа требуется найти функции распределения выходных межпоездных интервалов $W_k(t) = P(v_k < t)$, $k = 2, 3, \dots, n$.

Рассмотрим задачу, эквивалентную только что описанной. Пусть поезд 1 был задержан на станции A в момент $t = 0$ на случайное время τ . Если $\tau < \mu_2$, то, очевидно, поезда 2, 3 и т. д. отправляются в запланированные моменты времени $T^{(2)}$, $T^{(3)}$ и т. д. Если $\tau > \mu_2$, то поезд 2 будет задержан, и начнет движение в момент $\tau + t_0 > T^{(2)}$. Последующие поезда отправляются по такому же правилу,

в зависимости от времени задержки поездов, находящихся перед ними. И тогда случайные величины v_k становятся временными интервалами между фактическими моментами отправления поездов с номерами $(k - 1)$ и k со станции А. Мы найдем формулы для функций распределения $W_k(t)$ именно этих случайных величин $v_k, k = 2, 3, \dots, n$.

Символом $R^{(k)}$ обозначим реальный момент отправления поезда под номером k . Заметим, что $R^{(1)} = \tau$.

Описанная выше модель подчинена следующему *принципу отправления поездов*. Пусть номер k фиксирован, $2 \leq k \leq n$. Тогда:

- 1) если $R^{(k-1)} \leq T^{(k)} - t_0$, то $R^{(k)} = T^{(k)}$ (рис. 1, а);
- 2) если $R^{(k-1)} > T^{(k)} - t_0$, то $R^{(k)} = R^{(k-1)} + t_0$ (рис. 2, б).

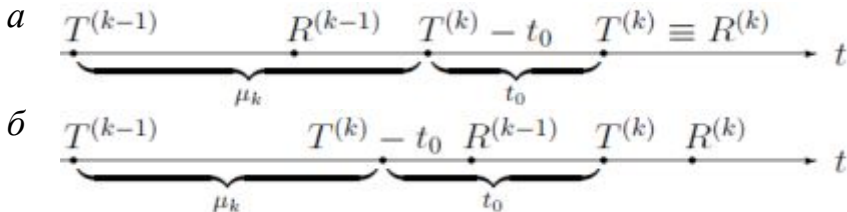


Рис. 1. Иллюстрация процесса формирования опозданий:
 а) случай, при котором k -й поезд не задерживается $(k - 1)$ -м;
 б) случай, при котором k -й поезд вынужден остановиться

Результат использования модели

Свертка функций распределения F_1 и F_2 определяется формулой

$$(F_1 \cdot F_2)(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(x - y) dF_2(y), \quad -\infty < x < \infty, \tag{2}$$

где интегрирование понимается в смысле Римана-Стилтьеса. Интеграл (2) существует при всех x , за исключением тех x , для которых найдется такая точка разрыва y функции F_2 , что F_1 имеет скачок в точке $x - y$ [6, с. 117]. Мы будем применять обозначения: $F^{*2} = F \cdot F, F^{*m} = F \cdot F^{*(m-1)} \quad (m \geq 2), G(x) = P(\tau < x), \bar{G}(x) = 1 - G(x)$.

Теорема. Пусть $\mu_j, j = 2, \dots, n$, – независимые одинаково распределенные случайные величины с функцией распределения $\Psi(x)$. Пусть τ не зависит от $\mu_j, j = 2, \dots, n$. Тогда

$$W_2(t) = I(t > t_0) \int_{-\infty}^{\infty} \bar{G}(z - t + t_0) d\Psi(z), \tag{3}$$

$$W_k(t) = I(t > t_0) \left\{ \Psi(t - t_0) + \int_{-\infty}^{\infty} \left[\int_{t-t_0}^{\infty} \bar{G}(z + u - t + t_0) d\Psi(z) \right] d\Psi^{*(k-2)}(u) \right\}, \tag{4}$$

$3 \leq k \leq n$.

Доказательство теоремы проведено с использованием положений теории вероятностей [7]. В общем случае для вычисления интегралов (3)–(4) необходимо использовать численные методы. Эта задача будет рассмотрена в последующей нашей работе. В некоторых случаях легко удастся получить явные выражения функций распределения $W_k(t)$. Одним из важных примеров является случай, когда $\mu_j, j=2, \dots, n$, имеют нормальное распределение. Заметим, что m -кратная свертка плотности $\varphi(x, \mu, \sigma^2)$ нормального распределения с параметрами μ и σ^2 равна $\varphi(x, m\mu, m\sigma^2)$, и это упрощает вычисления. На рис. 2 приведены графики функций $W_2(t), W_3(t)$ и $W_k(t)$ при $k \rightarrow \infty$, построенные на основании формул (3) – (4) в предположении, что все $\mu_j, j=2, \dots, n$, имеют нормальное распределение с параметрами $\mu = 7$ и $\sigma = 1.5$, задержка τ имеет показательное распределение с параметром $\lambda = 0.26$, а также $t_0 = 4$.

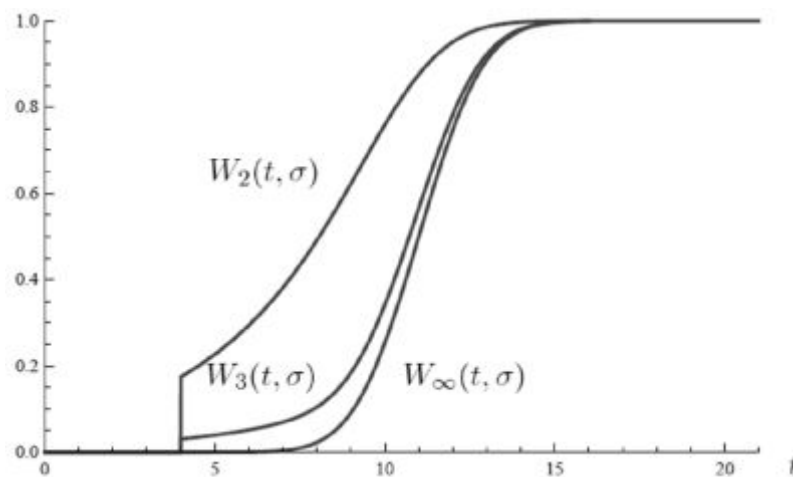


Рис. 2. Графики функций распределения выходных межпоездных интервалов

Пример

Пусть требуется определить, каким должен быть межпоездной интервал при отправлении μ_j , чтобы частота события, при котором количество вторичных задержек N превосходит некоторое целое число $m > 0$, не превышала бы заданный уровень вероятности p ? То есть, решается задача: при каком условии, налагаемом на μ_j , будет выполнено неравенство $P(N \geq m) \leq p$?

Рассмотрим частный случай поставленной задачи, когда $\mu_j = T$ – постоянная величина ($j = 2, \dots, n$), а величина τ распределена показательным с параметром λ . Можно показать, что тогда для любого $m, 1 \leq m \leq n-1$, справедливо равенство $P(N \geq m) = e^{-\lambda m T}$. Пусть даны $0 < p < 1$ и $m \geq 1$, тогда из неравенства $e^{-\lambda m T} \leq p$ вытекает ответ: $T \geq -(\lambda m)^{-1} \ln p$.

Заключение

Выражения для распределений интервалов прибытия, полученные в настоящей работе, позволяют давать ответы на некоторые практические вопросы. Так, для ответа на вопрос: «с какой частотой временной интервал между прибытиями $(k - 1)$ -го и k -го поездов превысит величину t ?» – достаточно рассчитать величину $1 - W_k(t)$. Кроме того, можно определить величину критического межпоездного интервала, при соблюдении которого число вторичных задержек не превышает заданного значения m . В расчетах используются статистические данные о реальном движении поездов, полученные в предшествующие периоды времени.

Список литературы

1. Cacchiani V., Huisman D., Kidd M., Kroon L., Toth P., Veelenturf L., Wagenaar J. Overview of recovery models and algorithms for real-time railway rescheduling // *Transportation Research, Part B*. 2014. Vol. 63. P. 15–37.
2. Büker T., Seybold B. Stochastic modelling of delay propagation in large networks // *Journal of Rail Transport Planning and Management*. 2012. Vol. 2, No 12. P. 34–50.
3. Carey M., Kwiecinski A. Stochastic approximation to the effects of headways on knock-on delays of trains // *Transportation Research, Part B*. 1994. Vol. 28, No 4. P. 251–267.
4. Yuan J. Stochastic Modelling of Train Delays and Delay Propagation in Stations // PhD Thesis, TRAIL Thesis Series no. T2006/6, The Netherlands, 142 p.
5. Berger A., Gebhardt A., Müller-Hannemann M., Ostrowski M. Stochastic Delay Prediction in Large Train Networks // *Proceedings of 11th Workshop on ATMOS'11*. 2011. P. 100–111.
6. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 3. – М. : «Физматлит», 2001.
7. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие – 12-е изд., перераб. – М. : Высшее образование, 2006. – 479 с.

УДК 656.2-192

Ермолин Ю.А., Российский Университет Транспорта (МИИТ), Москва

НАДЕЖНОСТЬ ОБЪЕКТОВ И УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ПОСЕЗОННО ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ

Обсуждаются необходимость и трудности решения надежностных задач для объектов железнодорожного транспорта, находящихся под воздействием нестационарного потока отказов с периодической, кусочно-постоянной интенсивностью. С использованием математической модели такого потока получена точная аналитическая оценка среднего времени между последующими отказами, выраженная через параметры потока. Рассмотрение ориентировано на технические приложения и оперирует соответствующими терминами, в частности, понятием «время жизни объекта».

Ключевые слова: поток отказов; нестационарность; интенсивность отказов; функция надежности; время жизни объекта.

Ermolin Yu. A., Russian Transport University (MIIT), Moscow

RELIABILITY OF RAILWAY TRANSPORT OBJECTS AND DEVICES UNDER SEASONALLY VARYING FAILURE RATE

The practical need and methodological difficulties of dealing with solutions of railway transport reliability problems for objects subjected to a nonstationary failure flow with a periodic piecewise constant rate is discussed. Using the mathematical model of such flow the exact analytical estimate for the mean operating time of an object expressed in terms of flow parameters is derived. The consideration is directed to technical applications and uses appropriate terms, particularly the concept «lifetime on an object».

Key words: failure flow; nonstationarity; failure rate; reliability function; object's lifetime.

Многие объекты и системы железнодорожного транспорта работают в условиях непосредственно природной среды, параметры которой естественным образом изменяются с течением времени. К техническим объектам такого рода можно отнести, например, парк подвижного состава, «напольное» оборудование систем железнодорожной автоматики, связи и обеспечения безопасности движения поездов и многие другие.

Общезначимые соображения, а также имеющиеся наблюдения [1] свидетельствуют о том, что некоторые факторы, воздействующие на объект извне, вызывают такие изменения в характере его функционирования, которые, оставаясь случайными, проявляют явную тенденцию к периодичности во времени. Так, число отказов объектов и устройств железнодорожного транспорта, работающих в условиях «открытой природной среды», периодически изменяется от сезона к сезону [1]. Независимо от того, что представляет собой объект и в каком физическом виде проявляются эти изменения, они требуют учета при разработке дисциплины его обслуживания: определения периодичности профилактических и капитальных ремонтов, номенклатуры и объемов требующихся запасных частей, сроков замены или модернизации оборудования, кадрового обеспечения в лице обслуживающего персонала и других аналогичных мероприятий. Таким образом, исследование подобных процессов представляет не только сугубо теоретический, но и практический интерес.

В докладе рассматривается поток событий (отказов технического объекта), интенсивность которых $\lambda(t)$ подчиняется периодической закономерности, изображенной на рис. 1. При некоторой неизбежной идеализации в рамки такого представления укладываются все процессы, упомянутые выше.

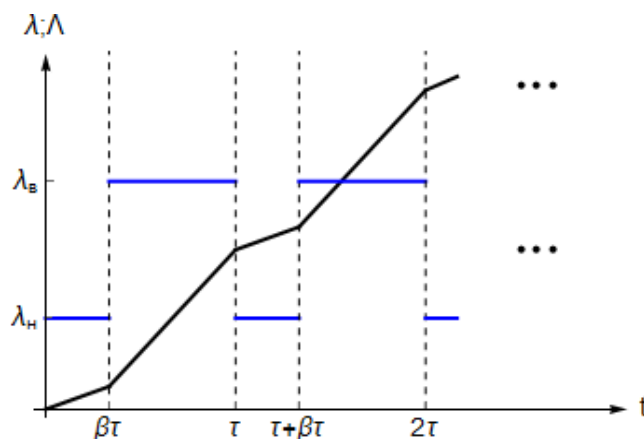


Рис. 1. Зависимости $\lambda(t)$ и $\Lambda(t)$ для рассматриваемого объекта.

Имея в виду ориентацию данного исследования на задачи надежности, на рис. 1 использованы соответствующие традиционные обозначения: λ_H и λ_B – меньшее и большее значения интенсивности отказов, соответственно; τ – период; β – относительная часть периода, в которой интенсивность отказов равна λ_H , ($0 \leq \beta \leq 1$); t – текущее время.

В инженерной практике решение многих надежностных задач удается получить без всеобъемлющего описания потока отказов, воздействующего на объект: иногда достаточно знать лишь его некоторые характеристики, основной из которых является среднее время между двумя последующими отказами T , часто называемое «временем наработки на отказ» или «временем жизни» объекта.

Определение времени жизни объекта для случая стационарного потока отказов, когда λ не изменяется с течением времени, тривиально. Однако если поток отказов нестационарен, решение этой задачи возможно лишь для простейших случаев [2]; в других ситуациях приходится вынужденно довольствоваться приближенными выражениями [3,4]. Ниже приводится точное аналитическое решение задачи определения среднего времени между двумя последующими отказами для нестационарного потока с периодической, кусочно-постоянной интенсивностью (рис. 1).

Запишем зависимость $\lambda(t)$ для n -го периода:

$$\lambda(t) = \begin{cases} \lambda_H, & \text{если } (n-1)\tau \leq t < [(n-1)\tau + \beta\tau]; \\ \lambda_B, & \text{если } [(n-1)\tau + \beta\tau] \leq t < n\tau. \end{cases} \quad (1)$$

Найдем функцию надежности $p(t)$. Она связана с интенсивностью потока отказов выражением [5]:

$$p(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right]. \quad (2)$$

Обозначим

$$\Lambda(t) = \int_0^t \lambda(t) dt, \quad (3)$$

и, интегрируя (1), определим:

$$\Lambda(t) = \begin{cases} \alpha \lambda_B t, & \text{если } 0 \leq t < \beta \tau; \\ \lambda_B t - \lambda_B \tau (1 - \alpha) \beta, & \text{если } \beta \tau \leq t < \tau; \\ \dots & \dots \\ \dots & \dots \\ \alpha \lambda_B t + \lambda_B \tau (1 - \alpha) (1 - \beta) (n - 1), & \text{если } (n - 1) \tau \leq t < [(n - 1) \tau + \beta \tau]; \\ \lambda_B t - \lambda_B \tau (1 - \alpha) \beta n, & \text{если } [(n - 1) \tau + \beta \tau] \leq t < n \tau; \\ \dots & \dots \\ \dots & \dots \end{cases} \quad (4)$$

где $n = 1, 2, 3 \dots$ и, кроме того, введен безразмерный коэффициент $\alpha = \lambda_H / \lambda_B$; ($0 < \alpha \leq 1$). Графически зависимость (4) показана на рис. 1 сплошной ломаной линией.

Известно [5], что среднее время между смежными отказами – время жизни объекта – связано с его функцией надежности $p(t)$ выражением:

$$T = \int_0^{\infty} p(t) dt, \quad (5)$$

что, с учетом (2) и (3), дает для рассматриваемого случая:

$$T = \int_0^{\infty} e^{-\Lambda(t)} dt. \quad (6)$$

Таким образом, решение поставленной задачи сводится к нахождению значения интеграла (6), что дает:

$$T = A(\lambda_B, \tau, \alpha, \beta) \sum_{n=1}^{\infty} e^{-n \lambda_B \tau [1 - \beta (1 - \alpha)]}, \quad (7)$$

где обозначено

$$A(\lambda_B, \tau, \alpha, \beta) = \frac{1}{\alpha \lambda_B} e^{\lambda_B \tau [1 - \beta (1 - \alpha)]} \left(1 - e^{-\alpha \beta \lambda_B \tau} \right) + \frac{1}{\lambda_B} \left[e^{\lambda_B \tau (1 - \beta)} - 1 \right]. \quad (8)$$

Поскольку показатель степени экспоненты в этом выражении всегда отрицателен, сумма, входящая в (7), – есть сумма бесконечного числа членов убывающей геометрической прогрессии, которая может быть записана в «замкнутом» виде:

$$\sum_{n=1}^{\infty} e^{-n \lambda_B \tau [1 - \beta (1 - \alpha)]} = \frac{e^{-\lambda_B \tau [1 - \beta (1 - \alpha)]}}{1 - e^{-\lambda_B \tau [1 - \beta (1 - \alpha)]}}. \quad (9)$$

Подставляя это соотношение в (7) и учитывая (8), после тождественных преобразований окончательно имеем:

$$T = \frac{1}{\alpha \lambda_B} \frac{1 - (1 - \alpha) e^{-\alpha \beta \lambda_B \tau} - \alpha e^{-\lambda_B \tau} [1 - \beta(1 - \alpha)]}{1 - e^{-\lambda_B \tau} [1 - \beta(1 - \alpha)]}. \quad (10)$$

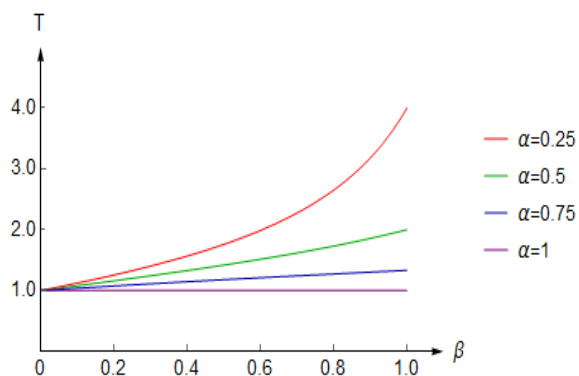


Рис. 2. Графики зависимостей $T(\beta)$ при различных значениях α

На рис. 2 приведена зависимость $T=T(\beta)$, построенная для некоторых значений параметра α ; при вычислениях принято $\lambda_B=1$ (1/год) и $\tau=1$ год.

Таким образом, поставленная задача решена в точном аналитическом виде.

Список литературы

1. Баранов, Л.А., Ермолин, Ю.А. Надежность электротехнических объектов и систем с периодической кусочно-постоянной интенсивностью отказов // Электротехника, 2017, № 9, с. 60–63.

2. Баранов, Л.А., Ермолин, Ю.А. Оценка показателей надежности «линейно-старяющегося» объекта // Надежность, 2015, № 04(55), с. 57–60.

3. Ermolin Yu. A. Reliability calculation under seasonally varying failure rate // ISA Transactions, 2007, Vol. 46, p. 127–130.

4. Ermolin Yu. A. Stationarization of the seasonally changing failure flow (with reference to reliability problems) // Applied Mathematical Modelling, 2008, Vol. 32, № 10, p. 2034–2040.

5. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей. – Москва : Наука, 1969, 576 с.

УДК 656.2.08-027.45

Кологривая И.Е., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

Шулин А.М., Дальневосточная Дирекция управления движением – структурное подразделение ОАО «РЖД»

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС МЕР ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

В статье дано понятие о новом документе в обеспечении безопасности движения. Это распоряжение вошло в силу 1 марта 2017 года и описывает все составляющие новых системных мер для того, чтоб дорога работала без нарушений безопасности движения.

Ключевые слова: обеспечение безопасности движения, системный подход, холдинг, эксплуатация железнодорожного транспорта, взаимодействие, функциональные филиалы, менеджмент безопасности движения, комиссионный осмотр.

Kologrivaja I.E., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

Shulin A. M., Far Eastern Directorate of Traffic Management – structural subdivision of JSC «RZD»

ADDITIONAL COMPLEX OF MEASURES TO PROVIDE SAFETY OF MOVEMENT

In article the concept of the new document in ensuring traffic safety. This order entered into force on 1 March 2017 and describes all the components of a new system of measures to ensure that road worked without violations of traffic safety.

Key words: traffic safety, systemic approach, holding, operation railway transportation, cooperation, functional activity, management of the traffic safety Commission inspection.

В работе рассматривается новый документ для обеспечения безопасности движения поездов. Дается понятие некоторых его составляющих. Описана важность этого распоряжения.

Содержанием настоящего этапа развития открытого акционерного общества «Российские Железные дороги» является непрерывная комплексная оптимизация бизнес-процессов, совершенствование структуры и принципов управления, укрепление корпоративной культуры. Важным условием повышения эффективности деятельности ОАО «РЖД» является обеспечение безопасности движения поездов. В настоящее время уровень безопасности движения (БД) на железных дорогах – филиалах ОАО «РЖД» является наиболее высоким, по сравнению с другими видами транспорта, перевозящими пассажиров и грузов. Достижения такого уровня обеспечиваются за счет постоянного совершенствования и внедрения новых систем и приборов безопасности и существующей системой управления БД. В современных условиях необходимо сохранить и обеспечить повышение современного уровня безопасности движения [3].

Современный подход к обеспечению БД на железных дорогах развитых стран, заключается в использовании системного подхода, при котором технике отводится важная, но не единственная роль. Сейчас более предпочтительнее является вложение средств в системные меры, способствующие достижению высокого уровня управляемости БД, а не в обеспечение безопасности путем внедрения новой техники.

Под системными мерами следует понимать меры, которые направлены на предупреждение возникновения достаточно большой группы причин, могущих вызвать транспортные происшествия и события. Если реализация технических мер осуществляется главным образом за счет новой техники и деятельностью

овладевших ею людей, то системные меры реализуются работающим персоналом ОАО «РЖД», ориентированным на достижение целей системных мер и овладевшим необходимыми управленческими технологиями для управления и контроля процессов, связанных с обеспечением безопасности движения поездов.

Созданы и применяются указания по внедрению системных мер для филиалов ОАО «РЖД», участвующих в процессе перевозок. Они определяют основной перечень и регламентируют конкретный порядок проведения и содержание этой работы. Главная направленность системных мер заключается в обеспечении БД за счет эффективности и адресности в работе руководящего состава ОАО «РЖД» на всех уровнях управления, по вопросам текущего содержания инфраструктуры и технического обслуживания подвижного состава, повышения квалификации работников, укрепления трудовой и технологической дисциплины, взаимодействия со всеми организациями, связанными с обеспечением требований безопасности движения. Это должно привести к достижению достаточного уровня безопасности на инфраструктуре ОАО «РЖД». А системные меры – это основа в организации профилактической работы на сети железных дорог [3].

В связи с этим, 30 сентября 2016 года вышло новое распоряжение ОАО «РЖД» об утверждении Правил реализации в холдинге системных мер, направленных на обеспечение БД. Эти правила введены в действие с 1 января 2017 года. Всем руководителям предписано с ними ознакомиться и довести до сведения своих работников и обеспечить их соблюдение, внести изменения во внутренние документы в соответствии с Правилами реализации системных мер. Новые правила системных мер, направлены на обеспечение безопасности и разработаны в целях контроля соблюдения требований законодательства Российской Федерации, единых правил и стандартов в области обеспечения БД и эксплуатации железнодорожного транспорта. Правила предписывают обязательность для подразделений холдинга «РЖД», от деятельности которых зависит обеспечение безопасности некоторых мероприятий:

- создание и поддержание функционирования системы менеджмента безопасности движения;
- развитие стратегического управления безопасностью движения;
- организация взаимодействия функциональных филиалов и их структурных подразделений;
- проведение внутренних проверок состояния безопасности движения и аудитов систем менеджмента безопасности движения;
- проведение комиссионных осмотров объектов инфраструктуры и железнодорожного подвижного состава.

Основным элементом системных мер на соблюдение требований ПТЭ железных дорог России функциональными филиалами, дочерними обществами и структурными подразделениями являются комиссионные осмотры. Комиссионные осмотры, в свою очередь, подразделяются на следующие виды:

- осмотр сооружений, устройств и служебно-технических зданий железнодорожных станций, проводимый ежемесячно комиссией под председательством начальника железнодорожной станции;
- осмотр объектов инфраструктуры;
- осмотр подвижного состава;
- проверка готовности объектов комиссией под председательством начальника железной дороги.

Под понятием «комиссионный осмотр» понимают совокупность последовательных действий уполномоченных должностных лиц региональных дирекций, филиалов ДО и их структурных подразделений, направленных на контроль соответствия объектов требованиям нормативных документов. Руководители проводят комиссионные осмотры для контроля функциональной БД поездов. Задачами осмотров являются – оценка текущего состояния инфраструктуры, выявление неисправностей и отступлений в работоспособности объектов, определение сроков устранения неисправностей, контроль качества выполненных работ, принятие мер по установленным случаям ненадлежащего содержания. Результаты осмотров оформляются актами. А контроль устранения несоответствий, выявленных при осмотре, осуществляется по отчетам о проведенной работе и при следующих осмотрах. После принятия к исполнению требований распоряжения ОАО «РЖД» «Системные меры, направленные на обеспечение безопасности движения» от 30 сентября 2016 года, центральной дирекцией управления движением разработаны указания по внедрению и развитию системных мер, утвержденные 14 февраля 2017 года и вступившие в действие 1 марта 2017 года. Эти указания конкретизируют порядок выполнения отдельных элементов профилактической работы, проводимой руководителями Центральной дирекции управления движением, дирекций управления движением, ДЦС, начальниками железнодорожных станций, ревизорами, в вопросах обеспечения БД и надежности процесса перевозок. Алгоритм действий руководителя по управлению процессом: планирование-выполнение-проверка-корректировка[2].

Планирование профилактической работы руководителей подразделений управления движением осуществляется на основе ежемесячно разрабатываемого плана работы и личного плана работы по обеспечению БД, предусмотренного нормативами. План работы включает в себя перечень работ по выполнению мероприятий по достижению заданных качественных и количественных показателей; анализ допущенных транспортных происшествий и событий; телеграммами и приказами по допущенным случаям нарушений безопасности.

В личный план включаются работы, установленные нормативами участия в организации обеспечения БД поездов и планом работы соответствующего подразделения. Личный план составляется ежемесячно. Фактическая дата выполнения может отличаться от планируемой. Все личные планы утверждаются установленным в Центральной дирекции порядком. В рамках повышения уровня культуры безопасности в соответствии с разработанными планами развития

культуры безопасности, запланировано проведение рабочих собраний. Руководитель ДЦС, заместители начальника ДУД должны принимать участие в таких собраниях не реже одного раза в квартал. На указанных собраниях подводятся итоги эксплуатационной работы, рассматриваются вопросы дисциплины, разбираются обстоятельства и причины событий, допущенных по вине работников дирекции и т. д. В рамках функционирования Системы менеджмента безопасности движения (СМБД) рассматривается информация о результатах фактического функционирования каждого из управляемых видов деятельности СМБД, а также дальнейшего развития позитивной культуры безопасности. Принятые собранием решения оформляются протоколом.

Одними из основных форм контроля за обеспечением БД является проведение «Дня безопасности» и Проверки выполнения должностных обязанностей. День безопасности движения в дирекции проводится в единый день – среду и является основной платформой для развития профессиональных навыков, умения, специальных знаний, необходимых для эффективного выполнения профессиональных обязанностей сотрудниками, как один из элементов системы управления БД. Перечень вопросов, подлежащих контролю при проведении «Дня безопасности» указан в Правилах реализации в холдинге «РЖД» системных мер, от 30 сентября 2016 года. Подведение итогов «Дня безопасности» должно осуществляться в день его проведения или в 3-х суточный срок с заслушиванием докладов комиссии. Принятие решений с мерами по повышению уровня безопасности, назначением ответственных за исполнение оформляются протоколом [2].

Проверки выполнения должностных обязанностей проводятся с целью обеспечения контроля их выполнения работниками, обеспечивающими перевозочный процесс. Проведение таких проверок планируется с учетом поступивших телеграмм и распоряжений. В ходе проведения таких проверок осуществляются: проверка регламента служебных переговоров, проверка соблюдения порядка, норм закрепления подвижного состава, порядка применения предупредительных талонов, проверка состояния инфраструктуры железнодорожной станции, проверка ТРА станции и приложений к нему, проверка путей необщего пользования.

Перечень основных объектов Инфраструктуры, подлежащих проверке, перечислен в Приложении №1 Распоряжения от 30 сентября 2016 г. [1]. Реализация установленных системных мер является системообразующей основой в деятельности руководителей ОАО «РЖД» на всех уровнях управления при организации профилактической работы в обеспечении безопасности движения на сети железных дорог ОАО «РЖД».

Список литературы

1. Об утверждении Правил реализации в холдинге «РЖД» системных мер, направленных на обеспечение безопасности движения. Распоряжение от 30 сентября 2016 г. № 2006 ОАО «РЖД».

2. Об утверждении Методических указаний по внедрению и развитию системных мер, направленных на обеспечение безопасности движения поездов в Центральной дирекции управления движением. Распоряжение от 14 февраля 2017 г. № ЦД- 37/р.

3. Методические указания по внедрению системных мер, направленных на обеспечение безопасности движения поездов для филиалов ОАО «Российские железные дороги», участвующих в перевозочном процессе. Утверждены распоряжением от 3 января 2011 г № 1р.

УДК 621.395.721

Колодезная Г.В., Антипина И.Ю., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

МОДЕРНИЗАЦИЯ СЕТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ IP-ТЕЛЕФОНИИ

В статье приводится авторское видение модернизации сетей ОТС и ОбТС основываясь на IP-телефонии для организации телефонной связи операторского класса.

Ключевые слова: ОТС, ОбТС, IP-АТС, Eltex, ECSS-10 Softswitch, IP телефония, VoIP, SMG, поток E1, телефония, сервер, виртуальная сеть, ведомственная телефония

Kolodeznaya G.V., Antipina I.Yu., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

MODERNIZATION OF TECHNOLOGICAL COMMUNICATION NETWORKS, USING IP TELEPHONY

The article gives the author's vision of modernizing the OTC and the regional telephony network based on IP-telephony for the organization of telephone communication of the carrier class.

Key words: OTC, PBX, IP-PBX, Eltex, ECSS-10 Softswitch, IP telephony, VoIP, SMG, E1 stream, telephony, server, virtual network, departmental telephony.

Телекоммуникационные технологии заняли прочную нишу в организации перевозочного процесса и безопасности на железнодорожном транспорте. Повсеместно используются современные телекоммуникационные услуги, такие как системы видеонаблюдения, оповещения, автоматического управления и мониторинга, без которых трудно представить нормальную работу ж/д транспорта.

Эволюция услуг приводит к неизбежности увеличения нагрузки на существующие сети связи. Рост эффективности работы, потребностей в качестве и быстроте обслуживания способствует созданию новых информационно-управляющих технологий, позволяющих организовать цифровые системы с высокой надежностью и скоростью передачи информации.

Центральная станция связи является телекоммуникационным филиалом компании ОАО «РЖД» и обеспечивает связью, как корпоративных клиентов, так и физических абонентов. Для того чтобы оказывать услуги внутри компании необходимо постоянно совершенствовать качество, надежность и безопасность услуги, а также обеспечить возможность интеграции общетехнологической связи в бизнес процессы корпорации. Всё вышеперечисленное реализуется посредством внедрения IP-телефонии на уровне ядра распределенной системы телефонной связи.

Преимущество перехода на IP-телефонию впервые было признано Правительством РФ и ОАО «РЖД» ещё в 2015г., когда Минстрой РФ для ОАО «РЖД» выпустил свод правил «Железнодорожная электросвязь высокоскоростных железнодорожных линий». Именно в нём приводились рекомендации по организации общетехнологической (ОбТС) и оперативно-технологической связи (ОТС) на основе сетей с коммутацией пакетов (IP-сетей). Согласно своду правил основным протоколом взаимодействия был выбрано семейство протоколов SIP.

Протокол инициирования сеансов – Session Initiation Protocol (SIP) является протоколом прикладного уровня и предназначается для организации, модификации и завершения сеансов связи: мультимедийных конференций, телефонных соединений и распределения мультимедийной информации. Пользователи могут принимать участие в существующих сеансах связи, приглашать других пользователей и быть приглашенными ими к новому сеансу связи. Приглашения могут быть адресованы определенному пользователю, группе пользователей или всем пользователям

Анализ работы телефонных станций, обеспечивающих общетехнологической связью железнодорожных абонентов указывает на то, что они недогружены: число занятых портов не превышает 40 % [1]. Причиной этому послужило сокращение числа внешних, физических абонентов вызванное повсеместным внедрением мобильной связи, которая вытесняет стационарную телефонию, как средство связи для домашнего использования.

Кроме того, согласно концепции развития первичной сети связи ОАО «РЖД», средний уровень износа всех основных средств технологической сети связи составляет 67 % от общего количества. Именно поэтому, учитывая протяженность железных дорог, рост потребностей в сфере связи, наличия на сетях телекоммуникационного оборудования нескольких поставщиков и разных поколений, возникают трудности в решении данной задачи, как на этапе теоретического обоснования, так и на этапе практической реализации.

Следовательно, становится все более важным обеспечение оптимизированных, автоматизированных и интегрированных систем. Сети связи в железнодорожной среде довольно специфичны и требуют постепенного перехода к единой, конвергентной инфраструктуре, что, в свою очередь, требует интегрированных коммуникаций во всех областях железнодорожной эксплуатации.

Модернизация предполагает решение операторского класса, полностью основанное на IP-технологии, способное соединяться с любой транспортной аналоговой, TDM или IP-сетью или любым их сочетанием. В настоящее время большое внимание уделяется сетям нового поколения NGN (Next Generation Networks), разрабатываются новые устройства, основанные на пакетной технологии передачи.

Немаловажным фактором является постепенная эволюция оперативно-технологической сети связи и сети ОбТС к NGN-перспективе, что определяется необходимостью поддержания готовности сетей и систем, опережающей переподготовки пользователей и обслуживающего персонала, существенные капитальные затраты на приобретение оборудования нового поколения. Процесс перехода к сети NGN условно можно разделить на три этапа.

На первом этапе основное внимание уделяется модернизации транспортного сегмента сети как базы, на основе которой затем будет реализована единое инфокоммуникационное корпоративное пространство. Обеспечивается внедрение уже имеющегося оборудования существующих сегментов сети в общую архитектуру. На данной фазе транспортная сеть должна быть подготовлена к режиму дальнейшего мультипротокольного использования (в части топологии, ресурсов пропускной способности, средств обеспечения качества обслуживания, реализации механизмов динамической маршрутизации и т. д.). Также стоит обратить внимание на обеспечение совместного полноценного функционирования телекоммуникационных средств разных технологий и поколений (TDM, ISDN, IP, PDN, SDN и т. д.).

Второй этап характерен наращиванием архитектуры сети до уровня, соответствующего NGN [2]. Производится пошаговое расширение перечня предоставляемых пользователям услуг (для пользователей как ранее существующих сегментов сети, так и вновь создаваемых). Начинается установки нового оборудования (и, при необходимости, замена ранее существовавшего оборудования) на средства нового поколения – например, замена аналоговых или аналого-цифровых АТС на IP-АТС или мультисервисные коммутаторы, внедрение новых средств абонентского радиодоступа замена аналоговых и ISDN терминалов на IP-терминалы и т. д.

На третьем этапе NGN реализуется в объеме, достаточном для перехода корпорации на качественно новый уровень автоматизации задач административного управления и поддержки технологических процессов.

Стоит сказать, что вышеперечисленные этапы модернизации сети должны поддерживаться созданием и соответствующим развитием системы поддержки эксплуатационных процессов.

В сетях ОТС и ОбТС как правило большинство оборудования имеет только аналоговые или традиционные TDM-интерфейсы (E1). В связи с этим возникает вопрос его состыковки с сетью NGN. Для решения данной задачи используются два основных подхода.

Первый подход основан на построении сети IP/MPLS, организованной на базе технологии MPLS (Multiprotocol Label Switching – многопротокольная коммутация по меткам). Данная технология построения по двухуровневой иерархической структуре, состоящей из ядра (опорного слоя) MPLS-коммутации IP-трафика и граничного слоя, выполняющего роль основной нагрузки по обслуживанию абонентов и являющимся основным «интеллектом» сети. Принцип работы основан на коммутации трафика внутри сети MPLS по специальной метке, прикрепленной к пакету данных. Маршрут пакета определяется с помощью основных протоколов OSPF, BGP. Затем с помощью протокола LDP происходит процесс инкапсуляции транспортной метки. После этого трафик коммутируется внутри сети по независимым от типа трафика меткам [3].

В данном случае реализация традиционных технологических приложений ОТС в сети, где присутствует только IP-технологии, достаточно привлекательна. Но замена всего оборудования, задействованного в ОТС, является нерациональным подходом в силу большого объема инвестиций, в результате которых рентабельность проекта порой недостижима.

Второй подход подразумевает интеграцию существующих оконечных устройств сети ОТС в NGN-сеть, т. е. реализация в сети NGN стандартных TDM-интерфейсов/ Такое решение может быть осуществлено на основе протокола TDMoIP (TDM over IP). Его главным преимуществом является полная совместимость с существующим оборудованием вторичной сети ОТС. Реализация технологии TDMoIP осуществляется за счет инкапсуляции фрейма E1 в IP-пакет путем добавления к содержимому соответствующего заголовка. Однако инкапсуляция не единственный способ реализации данной технологии. Другой вариант подразумевает кодировку TDM-трафика с помощью другого протокола и дальнейшую упаковку в IP-пакет. Такой подход может использоваться для согласования размеров фреймов TDM и IP-пакетов, исправления ошибок, совместимость с другими системами, сжатия речи и т. д.

Список производителей оборудования для IP-телефонии довольно обширен, это и зарубежные Samsung, Huawei, и отечественные Eltex, «Искрауралтел». Но, для обеспечения всех функций, необходимых для корректной работы сети ОТС и ОбТС на основе технологии IP-телефонии, будет рационально использовать оборудование от единого производителя. Это упрощает процессы закупки, установки и обслуживания.

При этом, если выбор производителя для общетехнологической связи ограничен только финансовыми возможностями предприятия, то выбор оборудования для оперативно-технологической связи должен учитывать все нормативы и требования ОАО «РЖД» по обеспечению высококачественной, надежной, защищенной системы связи, которая непосредственно связана с безопасностью движения поездов.

Поэтому тесное взаимодействие разработчиков и производителей с заказчиком является предпочтительным. Так Центральной станцией связи – филиалом

ОАО «РЖД» совместно с ОАО НИИАС разработана система интегрированной цифровой технологической связи нового поколения, обеспечивающей на единой аппаратно-программной платформе с применением IP-технологий ОТС, ОБТС, стационарной парковой громкоговорящей связи, централизованного информирования пассажиров, поездной радиосвязи, видеосвязи и видеонаблюдения. Данная система внедрена на Западно-Сибирской железной дороге, участок Новосибирск-Барабинск, где в ноябре 2014 года успешно выдержала приемочные испытания комиссией ОАО «РЖД», введена в эксплуатацию и рекомендована к внедрению на сети железных дорог России.

Список литературы

1. Сидорович, М.А., Колодезная, Г.В. Модернизация региональной сети ОБТС с использованием технологии IP-телефонии в Хабаровском регионе // Научно-техническое и социально-экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке : тр. Всерос. науч.-практ. конф. творческой молодежи с междунар. участием (Хабаровск, 18–21 апреля 2017 года). В 2 т. Т. 1 / под ред. С.А. Кудрявцева. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2017, С. 214–218
2. Мультисервисные платформы сетей следующего поколения NGN [Книга] / авт. А.В. Росляков. – Самара : ПГУТИ, ООО «Издательство Ас Гард» Отечественные системы, 2012. – ил : Т. 1 : 2 : стр. 312.
3. Технологии и протоколы MPLS / А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн. – СПб. : БХВ-Петербург, 2014. – 304 с.

УДК 656.078.1:656.627.2(282.257.5)

Король Р.Г., Глушак А.С, Зезина М.А., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

ПРИНЦИПЫ КОМПОНОВКИ ТЕРМИНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ (НА ПРИМЕРЕ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА, СОПУТСТВУЮЩЕГО МОСТОВОМУ ПЕРЕХОДУ ЧЕРЕЗ РЕКУ АМУР (ХЭЙЛУНЦЗЯН))

В статье рассматриваются факторы, влияющие на взаимное расположение терминальных объектов логистических центров, а также размещение складских площадей относительно железнодорожной, автомобильной и морской инфраструктуры. Определены принципы компоновки терминальных объектов логистических центров, которые представлены в виде последовательности решений с выделением наиболее значимых позиций. Разработанные принципы рассмотрены на примере компоновки объектов логистического центра, сопутствующего мостовому переходу через реку Амур в провинцию Хэйлунцзян (КНР).

Ключевые слова: компоновка терминала, складские объекты, логистический центр.

Korol R.G., Glushak A.S., Setina M.A., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

PRINCIPLES OF LAYOUT OF TERMINAL FACILITIES LOGISTICS CENTERS (BY THE EXAMPLE OF THE LOGISTICS CENTER ASSOCIATED WITH THE BRIDGE THROUGH THE AMUR RIVER (HEILONGJIANG))

The article discusses the factors affecting the mutual arrangement of terminal facilities and logistics centers, as well as placement of storage areas relative to rail, road and Maritime infrastructure. Principles of layout of terminal facilities and logistics centers, which are represented as a sequence of decisions highlighting the most significant positions. The principles considered by the example of layout of facilities of the logistics center and associated bridge across the Amur river in Heilongjiang province (China).

Key words: layout of terminal, storage facilities, a logistics center.

Проектирование объектов и разработка технологии работы логистических центров – одно из развивающихся направлений деятельности проектных институтов.

Логистический центр – это специализированное предприятие, главными функциями которого являются обработка грузов и их хранение, оформление таможенных документов, предоставление информационных услуг. Терминально-логистические центры (ТЛЦ) обеспечивают свободными площадями экспедиторские и транспортные компании, выделяют стоянки для грузовых автомобилей. Современные логистические центры оказывают помимо основных услуг и услуги по техническому обслуживанию транспортных средств и транспортного оборудования [1].

Правильно организованная сеть логистических центров позволит сократить время движения грузов в цепи поставок, оптимизировать товарные потоки, повысить мобильность поставок. Терминально-логистические центры создаются, чтобы решить проблему доставки грузов от производителей и поставщиков к потребителям в минимальные сроки и с наименьшими затратами на складскую обработку товаров.

При принятии решения о создании логистических центров на территории в рассматриваемом регионе, в первую очередь, проводят различные экономические и маркетинговые исследования. В результате маркетингового исследования определяется тип логистического центра, предполагаемые к перевозке грузы и их объемы, оценивается спрос на услуги, размеры складских площадей, а также определяются целевые потребители и потенциальные конкуренты. Далее происходит определение оптимального месторасположения центра, размеров необходимой территории, разработка технологий и определение количества подъемно-транспортного оборудования, и в заключении определение инвестиционной составляющей проекта [2].

Основная цель строительства складских зданий и сооружений состоит в оптимальном решении инженерно-технологических и социальных проблем. К

инженерно-технологическим проблемам относят: размещение необходимого оборудования, энергетическое и сырьевое обеспечение проекта, транспортное и другие виды обслуживания. Во вторую группу относят факторы пребывания человека на складе, то есть создание благоприятного микроклимата и обеспечение безопасности работников, выполнение требований охраны труда, а также обеспечение системы бытового обслуживания работников.

Под компоновкой терминальных объектов понимают взаимное расположение складских зданий и сооружений для обеспечения эффективной технологии выполнения грузовых и складских операций. В зависимости от факторов, влияющих на проектируемый терминально-логистический центр, терминальные объекты, здания и сооружения могут быть расположены в различных сочетаниях. При различных вариантах компоновки терминальных объектов, общие и полезные площади складских сооружений, а также размеры территории логистического центра будут по технико-технологическим характеристикам отличаться. Поэтому компоновка объектов терминально-логистического центра оказывает существенное влияние на технологию, технико-экономические показатели, стойкость, эффективность и условия работы персонала [3].

Факторы, влияющие на компоновку терминально-логистических центров:

- строительство складского комплекса на минимальных площадях с соблюдением норм и требований правил безопасности, охраны труда;
- размеры и последовательность расположения зданий и сооружений;
- параметры технологического оборудования и его расстановка;
- использование минимального количества необходимого технологического оборудования;
- при проектировании принимается оптимальная схема хранения и перегрузки грузов;
- обеспечение максимальной механизации и автоматизации производственных процессов;
- возможность расширения складских площадей с внедрением дополнительного подъемно-транспортного оборудования;
- соблюдение требований генерального плана при проектировании;
- строительство и ввод проекта в минимальные сроки;
- обеспечение служебно-технических зданий и технологических площадок инженерными сетями (электроснабжение, системы поддержания микроклимата, водоснабжение и канализация, средства связи и вычислительной техники, охранные и пожарные средства защиты);
- минимизация стоимости строительства и оборудования.

Для определения необходимого количества складских объектов по видам грузов выполняют технико-технологический расчет. Одновременно определяют количество основного и вспомогательного оборудования, входящего в состав терминальных объектов, площадь этих объектов, коэффициент загрузки, возможность специализации и кооперации.

Перечень необходимого оборудования складских площадок определен технологией производимых работ и зависит от объемов, перерабатываемых грузов и контейнеропотоков. Количество и тип подъемно-транспортного и вспомогательного оборудования должны обеспечивать необходимую перерабатывающую способность при разных потоках требований.

Основываясь на вышеприведенных факторах, можно выделить следующие принципы компоновки терминально-логистических центров [4]:

- рациональное использование каждого квадратного метра, учесть нормативные проходы в складских помещениях и площадках, размеры автомобильных подъездов и стоянок, установку ограждения и организацию защиты персонала;
- обеспечение оптимального движения грузопотоков по территории терминально-логистического центра, минимизация задержек при погрузке-выгрузке и перегрузке грузов, исключение возможных несчастных случаев;
- использование современного оборудования, отвечающего технологическим и техническим требованиям;
- совместное использование складских площадей и подъемно-транспортных машин различных номенклатурных групп;
- наличие территории для развития складских сооружений и внедрение дополнительного подъемно-транспортного оборудования;
- поэтапный ввод складских мощностей и оборудования;
- рациональное расположение инженерных сетей и сооружений для персонала;
- безопасность производственных операций и внутритерминальных перемещений.

Применение данных принципов на стадии проектирования логистических центров позволит оптимально расположить объекты складской инфраструктуры на местности, рационально использовать основное и вспомогательное оборудование и уменьшить затраты на обслуживание грузов.

В 2017 году началось строительство железнодорожной станции Ленинск-2 в Еврейской автономной области для организации международных перевозок через мостовой железнодорожный переход «Тунцзян (Китай) – Ленинское (Россия)». Для этих целей будет построен терминально-логистический центр, сопутствующий мостовому переходу через реку Амур. В таблице представлена возможная компоновка терминальных объектов логистического центра станции Ленинск-2 с учетом рассматриваемых принципов компоновки.

Таблица. Компоновка объектов логистического центра станции Ленинск-2

№	Принцип компоновки	Схема терминально-логистического центра (ТЛЦ)
1	Рациональное использование территории	Выбрана параллельная схема, так как она предполагает наименьшую стоимость строительства, несмотря на большее число маневровых операций
2	Безопасность движения	Движение по ТЛЦ предусматривается одностороннее. Въезд на территорию и выезд осуществляется через кон-

		трольно-пропускные пункты. У каждого склада проектируется разворотная площадка с возможностью въезда и выезда с неё
3	Обеспечение оптимального движения грузопотоков	В проекте ТЛЦ предполагается строительство пунктов перегрузки товаров, в том числе платформ для организации перегрузки по прямому варианту, минуя склады. Отправка товаров осуществляется автомобильным и железнодорожным транспортом, в связи с этим все складские комплексы необходимо оснастить железнодорожной платформой, а для загрузки автомобилей – торцевыми доками, разворотными и парковочными площадки
4	Удобное расположение инженерных сетей и сооружений персонала	Для функционирования требуется административно-бытовое здание и сооружения коммунально-бытового обслуживания: устройства водозабора, водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод, объекты электроснабжения, котельная и технические здания. Все сооружения предназначены только для обслуживания ТЛЦ, что позволяет экономить ресурсы
5	Возможность поэтапного ввода складских мощностей и оборудования.	Строительство ТЛЦ запланировано в 2 этапа с нарастанием объемов перевалки и хранения
6	Близость расположения к транспортным коридорам	Месторасположение ТЛЦ свяжет новым транспортным коридором

Применение обозначенных принципов на практике приведет к рационализации строительства складских и перегрузочных комплексов, позволит использовать компоновку объектов для обеспечения максимальной пропускной и перерабатывающей способности, эффективно использовать складские мощности [5]. Актуальность проектного этапа в подготовке к этапу строительства очевидна. Здесь необходимо принимать планировочные решения с учетом организации технологии работы терминально-логистического центра и взаимодействия различных видов транспорта.

Список литературы

1. Король, Р.Г. Инфраструктурные и технологические решения при создании «сухого порта» [Текст] / Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2015. – Т. 1. – №1. – С. 110–115.
2. Кудёлко, О.А. К вопросу выбора вариантов объемно-планировочных и конструктивных решений при проектировании транспортно-логистических центров [Текст] / О.А. Кудёлко, В.В. Бозылев // Вестник Полоцкого государственного университета. – 2014. – № 8. – С. 62–67.
3. Король, Р.Г. Необходимость создания и требования к выбору места размещения железнодорожного порта [Текст] / Р.Г. Король, А.С. Балалаев // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2014. – Т. 1. – С. 104–108.
4. Мурасов, А.А. Аспекты концепции строительства транспортно-перегрузочного логистического центра в еврейской автономной области [Текст] / А.А. Мурасов, Е.Э. Червотенко // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2014. – № 2. – С. 82–86.

5. Балалаев, А.С. Особенности формирования транспортно-логистических кластеров [Текст] / А.С. Балалаев, Р.Г. Король, А.Ф. Серенко // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2014. – Т. 2. – №3 (19). – С. 90–95.

УДК 656.078.14(470+510)

Король Р.Г., Демидова А.Е., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

ИНТЕГРАЦИЯ РОССИЙСКОЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В РЕАЛИЗАЦИИ НОВОГО ШЕЛКОВОГО ПУТИ «ОДИН ПОЯС – ОДИН ПУТЬ»

В данной работе рассмотрены современные тенденции развития международных транзитных перевозок в направлении Азия – Европа в рамках «Нового шёлкового пути». Предложены возможные маршруты движения грузопотоков из Китая через дальневосточные пограничные переходы с выходом на Транссибирскую магистраль или морские порты. Проанализированы существующие объемы перевозок и перспективы развития железнодорожных пограничных станций. Представлены преимущества переориентации основных грузопотоков на восток России, а также мероприятия для достижения поставленных целей.

Ключевые слова: транспортный коридор, шёлковый путь, пограничные переходы.

Korol R.G., Demidova, A.E., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

THE INTEGRATION OF THE RUSSIAN TRANSPORT AND LOGISTICS INFRASTRUCTURE IN THE IMPLEMENTATION OF THE NEW SILK ROAD «ONE BELT AND ONE ROAD»

In this paper, the current trends in the development of international transit transport in the direction Asia – Europe in the framework of the «New silk road». Proposed the possible routes of the cargo flows from China through the Far Eastern border crossings with access to the TRANS-Siberian railway or sea ports. Analyzed existing traffic volumes and the prospects of railway border stations. The benefits of reorientation of the main freight flows on the East of Russia, and also actions to achieve the goals.

Key words: transport corridor, the silk road border crossings.

Отношения России и Китая являются значимыми для российской внешней политики. Китай фигурирует основным партнёром *России* в военно-политическом и экономическом планах. Основной целью Китая в настоящее время является создание «Нового шёлкового пути», наземная часть которого представляет собой транспортный коридор через Казахстан и Россию в Европу и «Морского Шёлкового пути XXI века», который включает в себя создание двух морских

маршрутов (рис. 1): один маршрут ведет из побережья Китая через Южно-Китайское море в Южно-Тихоокеанский регион; другой предусматривает соединение приморских районов Китая и Европы через Южно-Китайское море и Индийский океан.



Рис. 1. Направления движения товар в рамках «Нового шёлкового пути»

Председатель КНР Си Цзиньпин выделил пять первостепенных задач, которые проект «Экономический пояс Шёлкового пути» (ЭПШП) может решить [1]:

- усиление региональной экономической интеграции;
- строительство единой трансзиатской транспортной инфраструктуры;
- ликвидация инвестиционных и торговых барьеров;
- повышение роли национальных валют, углубление сотрудничества в гуманитарной сфере.

Помимо создания единой транспортной инфраструктуры, проект рассчитан на расширение таможенного сотрудничества, расширение масштабов финансовых операций между странами, основание финансовых институтов при различных региональных организациях (ШОС, БРИКС). Развитие гуманитарных связей предполагает активный обмен в сфере культуры и науки, СМИ [2].

«Новый шёлковый путь» предусматривает движение грузо- и контейнеропотоков в обход Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей. Грузы и контейнеры перемещаются по железным дорогам Казахстана и Монголии, выходя лишь на западный участок Транссиба. Соответствующие транзитные платежи не пойдут в федеральную казну, инвестиции на развитие транспортной инфраструктуры поступят в другие страны, престиж российской транспортной системы упадет.

Китай считает проект «Один пояс – Один путь» основой, которая даст возможность подойти к реализации уже подписанных договоренностей и ликвидировать большую долю предприятий, тормозящих взаимодействие КНР с ее эко-

номическими партнерами. Уникальное географическое положение России позволяет ей стать ключевым партнером «Экономического пояса Шелкового пути» и возможно придать дополнительный импульс для развития Дальнего Востока. Разработка конкурентоспособных вариантов движения грузов и контейнеров из центральных и северных провинций Китая через дальневосточные морские порты с выходом на Транссибирскую магистраль до стран восточной Европы является важнейшей геополитической задачей для России. Это позволит облегчить прохождение пограничных зон, так большая часть пути будет идти не с центральной части страны, а с востока России непосредственно на запад. Для этого потребуется масштабная реконструкция Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей, чтобы обеспечить необходимые пропускные и провозные способности для перемещения потенциального грузопотока.

Переходными пунктами могут послужить такие станции, как Гродеково, Забайкальск, Камышовая, в перспективе Благовещенск и Нижнеленинское (рис. 2).

Основная география направлений движения грузов и контейнеров из Китая в Россию происходит по главным маршрутам [3]:

- грузопоток следуют в морские порты для дальнейшей отправки в страны АТР. Такую перевозку, возможно, организовать через пограничные переходы Камышовая и Гродеково в адрес портов Владивосток, Зарубино, Находка [4], в адрес порта Ванино через погранпереход Нижнеленинское;
- грузопоток следует в западном направлении. Такую перевозку, возможно, организовать через пограничные переходы Забайкальск и Благовещенск.

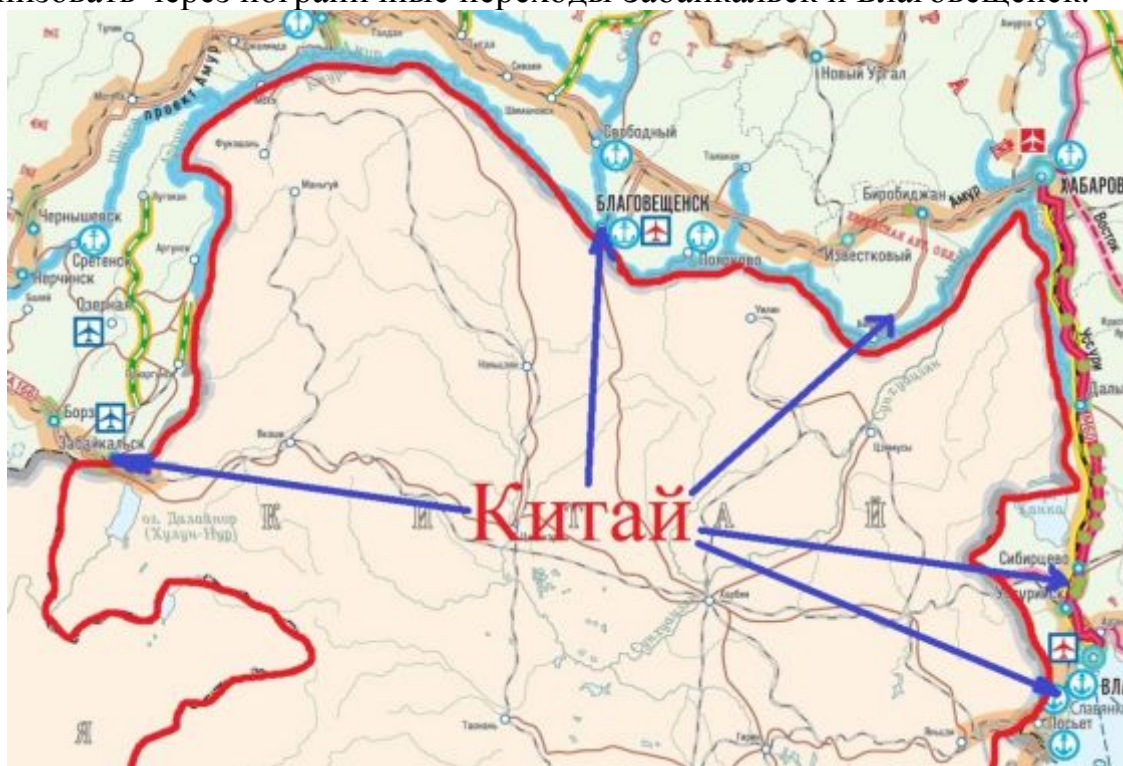


Рис. 2. Существующие и перспективные автомобильно-железнодорожные пункты перехода «Китай – Россия»

На станции Забайкальск в 2016 году суточный импортный контейнеропоток составил 96 контейнеров в двадцатифутовом эквиваленте (ДФЭ), а транзитный суточный контейнеропоток – 72 ДФЭ. Контейнерный терминал станции Забайкальск наращивает свои производственные мощности, планируется реконструкцию терминала для увеличения пропускной способности.

В 2015 году из КНР в порты Дальнего Востока через пограничный переход Суйфэньхэ–Гродеково было принято и отправлено всего 131 вагон (5220 тонн) с грузом в контейнерах. Общий объем перевозок внешнеторговых грузов через пограничный переход Гродеково – Суйфэньхэ (экспорт + импорт) за 2015 год составил 7 747 050 тонн, что превышает уровень прошлого года на 361 237 тонн. Станция Гродеково имеет большой резерв пропускной способности, создание таможенно-логистического терминала позволит значительно ускорить процесс переработки внешнеторговых грузов [5].

С 2014 года реализуется проект создания пограничного железнодорожного мостового перехода «Тунцзян – Нижнеленинское» через реку Амур в Еврейской автономной области. Китайская пресса отмечает, что «в будущем мост свяжет северо-восточную железнодорожную сеть Китая с российским Транссибом. А пропускная способность порта Тунцзяна достигнет 33000 тонн». Пока российская сторона решает проблемы постройки железнодорожного мостового перехода через Амур, в КНР прорабатывают возможность возведения нескольких более дешевых переправ в других регионах Дальнего Востока – в Забайкальском крае (Покровка – Логухэ) и Амурской области (Благовещенск – Хэйхэ).

В настоящее время грузоперевозки между Амурской областью и близлежащими китайскими провинциями сильно затруднены. Когда Амур замерзает, на пункте пропуска между Благовещенском и Хэйхэ сооружаются понтонные мосты, а в теплое время транспортное сообщение осуществляется теплоходами. Сооружение нового моста позволит освободить движение от сезонных факторов, уменьшит время простоя транспортных средств в ожидании и значительно увеличит пропускную способность пограничного перехода. Если в настоящий момент годовой товарооборот в данном коридоре не превышает 300 тыс. тон, то с открытием нового автомобильного трансграничного моста он возрастет до 2,7 млн тонн. Перспективная интенсивность движения по мосту Благовещенск - Хэйхэ в 2025 году составит 8651 автомобилей в сутки, из которых 91,8 % придется на грузовой транспорт. Организация транспортного коридора «Благовещенск – Хэйхэ» позволит осуществлять доставку контейнеров в автомобильно-железнодорожном сообщении, а также с помощью контейнерных перевозок.

В сентябре 2015 года АО «Объединенная транспортно - логистическая компания» (АО «ОТЛК», дочерняя компания ОАО «РЖД») организовало отправку контейнерного поезда из порта Инкоу (КНР) в Москву [6]. Проект был реализован в рамках договоренностей, отраженных в меморандуме о сотрудничестве между ОАО «РЖД» и группой компаний «Инкоу порт». Поезд в составе 45 вагонов с контейнерами с товарами народного потребления вышел из порта

17 сентября 2015 года и за двое суток преодолел расстояние до пограничного перехода в Забайкальске. Здесь в состав поезда были дополнительно включены ещё 17 вагонов с контейнерами. Для упрощения процедур таможенного оформления при прохождении через границу применена система предварительного информирования, которая даёт возможность проверять сопроводительные документы до прибытия поезда на станцию назначения. Это позволило значительно сократить срок оформления транзитной декларации. Общее транзитное время доставки груза в составе этого поезда составило 13 суток.

Позитивные тенденции развития международных экономических и инфраструктурных проектов Китая и России позволяют рассматривать дополнительные маршруты движения грузов и контейнеров через дальневосточные транспортные коридоры и пограничные переходы в рамках «Нового шёлкового пути». Перенаправление части грузо- и контейнеропотоков через дальневосточные переходы позволит:

- дальневосточным морским портам стать партнером китайских представителей в реализации проекта «Один пояс – один путь», возможно использование северных морских путей;
- России получить статус крупной транзитной зоны;
- обеспечить высокий темп развития регионов азиатской части страны, создание новых рабочих мест, строительство жилья и социальных объектов;
- привлечь инвестиции в развитие транспортной и логистической инфраструктуры;
- уменьшить срок окупаемости вложений в реализацию проекта;
- расширить сотрудничество с Китаем и другими странами.

Для достижения поставленных целей необходимо повысить конкурентоспособность железнодорожного транспорта путем реализации следующих мероприятий:

- развитие собственной транспортной инфраструктуры;
- проявление податливости в вопросах сотрудничества;
- организация комплексного подхода к разрешению транспортных задач не только в пределах страны, но и на межгосударственном уровне;
- регулирование на государственном уровне железнодорожных тарифов;
- упрощение таможенного контроля;
- создание благоприятного имиджа ОАО «РЖД» с внедрением принципов клиентоориентированности.

Транзитная перевозка считается очень сложной операцией, особенно при отсутствии отлаженных национальных и международных нормативных требований. Неисполнение требований может повлечь за собой негативные в финансовом и правовом плане последствия.

Россия и Китай являются стратегическими партнерами. В настоящий момент маршрут, по которому пройдет «Новый шёлковый путь», до конца не разработан. При разработке новых технологий и внедрении новых образцов техники, а также при грамотном использовании имеющихся ресурсов, возможно, пе-

реориентировать грузопотоки и организовать современный коридор «Новый шёлковый путь» через транспортную инфраструктуру Дальнего Востока.

Список литературы

1. Си Цзиньпин: «Один пояс и один путь» откроет новые горизонты мечты, речь от 11 августа 2014 г. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://politics.people.com.cn/n/2014/0811/c1001-25439028.html>
2. Совместное заявление Российской Федерации и Китайской Народной Республики о сотрудничестве по сопряжению строительства Евразийского экономического союза и Экономического пояса Шелкового пути от 8 мая 2015 года [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://kremlin.ru/supplement/4971>
3. Кугуелова В.О. Эффективное функционирование международных транспортных коридоров, проходящих по территории Российской Федерации [Текст] / В.О. Кугуелова, Р.Г. Король // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2017. – Т. 1. – С. 182–186.
4. Мельникова, В.Н. Совершенствование технологии таможенного досмотра грузов на станции Гродеково [Текст] / В.Н. Мельникова, Р.Г. Король // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2016. – Т. 1. – С. 183–186.
5. Юрлов, М.В. Развитие контейнерного терминала морского порта «Восточный» [Текст] / М.В. Юрлов, Р.Г. Король // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2016. – Т. 1. – С. 215–217.
6. Кулинцев, Ю. «Один пояс – Один путь»: инициатива с китайской спецификой [Электронный ресурс] / Российский совет по международным делам, 2015 г. // Режим доступа : <http://russiancouncil.ru/blogs/riacexperts/31461/>

УДК 656.073(510):656.615(571.63)

Король Р.Г., Лунев С.П., Дальневосточный государственный университет путей сообщения», Хабаровск

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ МЕЖДУ ХУНЬЧУНЬ (КНР) И ПОРТОМ ЗАРУБИНО (РФ) С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ HYPERLOOP

В статье рассматривается вопрос применения транспортной системы «Hyperloop» для перемещения контейнеров [1] из транспортно-логистического центра Хуньчунь (КНР) до терминалов морского порта Зарубино (РФ). Технология функционирования «Hyperloop» основана на движении сверхзвукового поезда внутри трубы с интервалом в тридцать секунд. Рассмотрены технологические цепочки доставки грузов железнодорожным транспортом и с помощью «Hyperloop». Предложены мероприятия для реализации проекта «Hyperloop» и перспективы развития технологии высокоскоростной доставки в Российской Федерации.

Ключевые слова: транспортная система «Hyperloop»; транспортный коридор; транспортная логистика.

ORGANIZATION THE MOVEMENT OF GOODS BETWEEN HUNCHUN (CHINA) AND THE PORT OF ZARUBINO (RUSSIA) WITH THE HELP OF TECHNOLOGY HYPERLOOP

The article discusses the issue of the use of the transport system the «Hyperloop» to move containers [1] from transportation and logistics center in Hunchun (PRC) to the terminals of the sea port Zarubino (Russia). The technology functions «Hyperloop» is based on the supersonic movement of the train inside the pipe at intervals of thirty seconds. Considered the technological chain of delivery of goods by rail and using the «Hyperloop». The proposed activities for implementation of the project «Hyperloop» and prospects of development of technology of high speed of delivery in the Russian Federation.

Key words: transport system «Hyperloop»; a transport corridor; the transport logistics.

Морской порт Зарубино является одним из ключевых портов Дальнего Востока. Анализ грузооборота порта (рис. 1) показывает динамику увеличения переработки грузов. По данным Ассоциации морских торговых портов, за январь – сентябрь 2017 года порт Зарубино обработал 143,7 тыс. тонн грузов, что на 97,7 % выше аналогичного периода 2016 года [2]. Порт Зарубино является инвестиционно привлекательным, и одним из самых перспективных и динамично развивающихся дальневосточных портов.

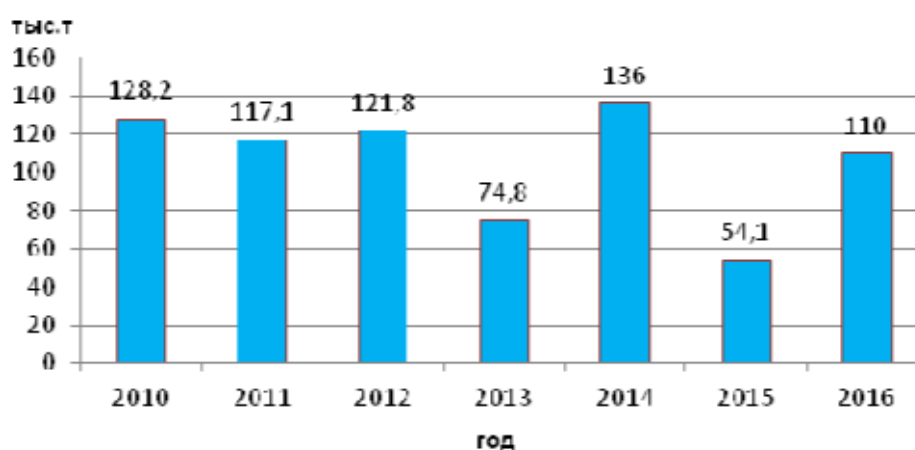


Рис. 1. Динамика грузооборота порта Зарубино за 2010–2016 гг.

Порт Зарубино является основным звеном международного транспортного коридора «Приморье-2», проходящего по маршруту: Чанчунь (КНР) – Цзилинь (КНР) – Хуньчунь (КНР) – Махалино (РФ) – Посьет (РФ) – Зарубино (РФ) – порты Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР). Через порт Зарубино проходит самый короткий путь для транзитных грузов с северо-востока Китая в Японию, Южную Корею и другие страны АТР. Преимущества порта это свободная от застройки береговая полоса большой протяженности, позволяющая прово-

дальнейшее расширение портовой инфраструктуры. Планируется строительство на территории порта терминалов общей пропускной способностью около 6,5 млн. тонн в год, в том числе строительство нового контейнерного терминала грузооборотом 3000 ДФЭ (двадцатифутовый эквивалент) в год. Порт может увеличить свои производственные мощности, обеспечить дополнительную перевалку грузов и контейнеров, при этом железнодорожная и автомобильная транспортная инфраструктура находятся в стадии развития и не удовлетворяют современным потребностям в перевозках.

Компании SpaceX и Tesla Motors под руководством Элона Маска начали разработку технологии «Hyperloop» [3–5]. «Hyperloop» – это расположенный на опорах надземный трубопровод, внутри которого со скоростью от 480 до 1220 км/ч (в зависимости от ландшафта) с интервалом в тридцать секунд, в одном направлении, перемещаются одиночные транспортные капсулы длиной 25–30 м. Работать «Hyperloop» должен по принципу пневмопочты. Для транспортировки пассажиров и грузов предполагается использовать специальные алюминиевые капсулы (рис. 2). Они будут передвигаться по системе надземных трубопроводов, из которых предварительно выкачают практически весь воздух. Грузовая капсула «Hyperloop» имеет длину около 21 м., этого достаточно для погрузки стандартного 40-футового груженого контейнера, длиной 12 м. [6].

Специальная аэродинамическая форма капсулы и использование напора остаточного воздуха, благодаря работе гигантского вентилятора обеспечивают эффект «воздушной подушки», при котором отсутствует контакт капсулы с внутренней поверхностью трубы [7].



Рис. 2. Грузовая капсула «Hyperloop»

Целесообразно строительство транспортной системы «Hyperloop» для связи грузоотправителей и грузополучателей, которые удалены друг от друга на расстояние более 30–40 км и между которыми существует значительный грузопоток [6]. На расстояние менее 30 км капсула не успевает развивать скорость, превышающую скорость движения автомобиля или поезда, необходимо учесть время на разгон и замедление капсулы, а также время на установку капсулы в трубу, поэтому применение технологии «Hyperloop» эффективно на большие расстояния перемещения грузов и контейнеров.

Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» заинтересовалось возможностью использования сверхскоростного вакуумного поезда «Hyperloop» для осуществления грузоперевозок. Глава Министерства транспорта Российской Федерации Максим Соколов, участвующий в Петербургском экономическом форуме, заявил, что у ведомства имеются планы на строительство скоростной транспортной системы «Hyperloop». Речь идет о строительстве 70-километрового испытательного участка на Дальнем Востоке в рамках транспортного коридора «Приморье-2», «с выходом через границу КНР к порту Зарубино» [6, 7].

На данный момент ведется разработка концептуальных решений трассы «Hyperloop» из Хуньчунь (КНР) в порт Зарубино (РФ), которая позволит расширить торговые связи северных провинций КНР со странами АТР. Капсула с контейнерами будет двигаться по прямому варианту ТЛЦ Хуньчунь – порт Зарубино (рис. 3), капсулы будут достигать скорость до 1100 км/час.

Создание транспортной системы «Hyperloop» рассматривается в двух вариантах (рис. 3): первый – тупиковая линия, протяженностью 66,7 км; второй вариант – развитие трассы до кольцевой системы, протяженностью 70,8 км [8].

Технологические операции, совершаемые в процессе перемещения внешне-торговых грузов железнодорожным транспортом, условно можно разделить на четыре этапа (рис. 4): начальные (грузовая работа на ТЛЦ Хуньчунь), таможенные (таможенные операции на станции Камышовая), промежуточные (маневровая работа на станции Сухановка), конечные (грузовая работа в порту Зарубино).



Рис. 3. Схема трассы «Hyperloop» по маршруту Хуньчунь–Зарубино

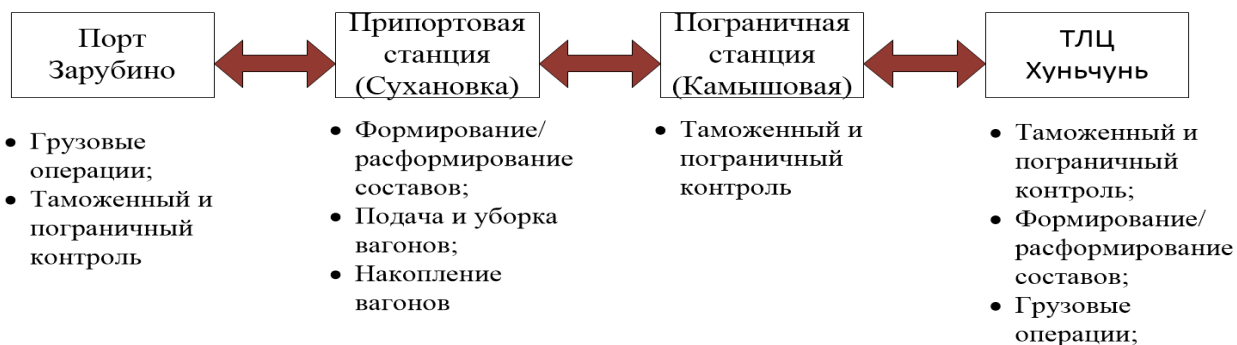


Рис. 4. Технологическая цепочка доставки грузов железнодорожным транспортом

Технологические операции, совершаемые в процессе перемещения контейнеров с помощью системы «Hyperloop» включают два основных этапа – грузовые и таможенные операции на ТЛЦ Хуньчунь и в порту Зарубино (рис. 5). При этом исключается таможенный досмотр грузов и транспортных средств на границе, что сокращает срок доставки грузов практически в два раза.

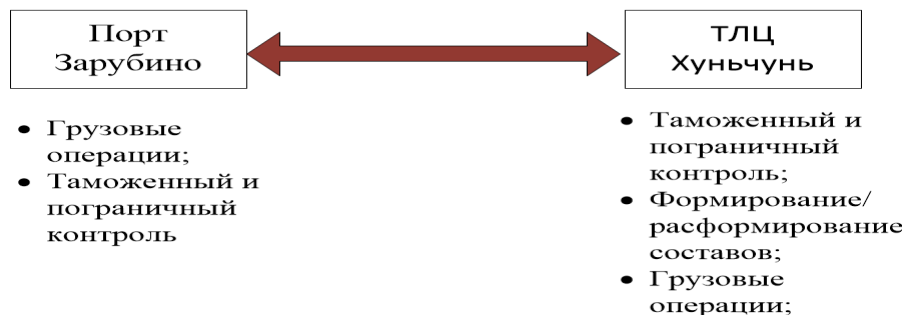


Рис. 5. Технологическая цепочка доставки грузов с помощью «Hyperloop»

Применение этой технологии потребует внесение изменений в Таможенный кодекс РФ. Также для реализации технологии «Hyperloop» требуется выполнить следующие мероприятия:

- произвести анализ территории и имеющейся инфраструктуры;
- разработать концептуальные решения (расчет объема перспективной транспортной нагрузки, проработка трассы маршрута с учётом технологических и природных ограничений, энергетическая обеспеченность и т. д.);
- осуществить необходимые мероприятия в порту Зарубино и ТЛЦ Хуньчунь для оптимальной работы «Hyperloop»;
- оценить объемы строительства (капитальные сооружения, линейные сооружения, инфраструктурные сооружения);
- разработать юридическое обеспечение проекта.

Реализация международного проекта по созданию системы «Hyperloop» должно происходить на основе государственно-частного партнерства. Создание транспортной системы «Hyperloop» это развитие приграничных территорий юга Приморского края, дополнительные налоговые поступления в регион, организация новых рабочих мест, инвестиции в создание современной транспортной

инфраструктуры, конкурентоспособность российских транспортных коридоров, привлечение новых грузопотоков и новых клиентов.

Перспективы развития технологии «Hyperloop» можно рассматривать в следующих направлениях:

- разработка технологии взаимодействия различных видов транспорта с системой «Hyperloop»;
- изменения конструкции грузовой капсулы в сторону увеличения грузоподъемности;
- создание разновидностей конструкций для различной номенклатуры груза;
- изменение технологии таможенного оформления грузов;
- создание специальной инфраструктуры для погрузки-выгрузки и приема капсул;
- подготовка кадров необходимой квалификации;
- организация технического обслуживания капсул (ремонт, стоянки, подстанции).

В условиях постоянно растущего грузооборота между северными провинциями Китая и южными портами российского Дальнего Востока применение технологии «Hyperloop» позволит снизить нагрузку на железнодорожный и автомобильный транспорт, упростить процедуру таможенного пропуска, сократить время перемещения контейнеров, привлечь дополнительные грузопотоки путем оказания современных логистических услуг [9].

В перспективе возможно создание транспортных систем «Hyperloop» в рамках международного транспортного коридора «Приморье-1» (Харбин – Гродеково – Владивосток/Находка/Восточный – порты АТР) и по направлению «Харбин – Ванино – страны АТР».

Технология «Hyperloop» предоставит России большие возможности в сотрудничестве с Китаем, путем расширения торгово-экономических связей и создание общей транспортно-логистической инфраструктуры на приграничных территориях. В июне 2016 года Шервин Пишевар, один из разработчиков проекта, заявил, что намерен построить в России новый Шёлковый путь, по которому можно будет доставить грузы из Китая в Европу за один день [9].

Список литературы

1. Официальный сайт компании «Hyperloop» [Электронный ресурс] // Режим доступа : hyperloop-one.com
2. Ассоциация морских торговых портов [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://www.morport.com/rus/>
3. Космические технологии. Сайт SpaceX [Электронный ресурс] // Режим доступа : SpaceX.com/hyperloop
4. Информационный портал Tesla.com [Электронный ресурс] // Режим доступа : Tesla.com/blog/hyperloop
5. Статья «Маск планирует соединить заводы Tesla линией Hyperloop» [Электронный ресурс] // Журнал «Все о космосе», 25.07.2017 г. Режим доступа : <https://aboutspacejournal.net/category/технологии/page/32/>

6. Майкл Белфиоре. Статья «По трубе в будущее» [Электронный ресурс] // Журнал «Популярная механика». – №12. – 2013 г. Режим доступа : <http://jurnali-online.ru/nauka-i-tehnika/populyarnaya-mexanika-12-dekabr-2013.html>

7. Новости высоких технологий. Информационный портал Hi-News.ru [Электронный ресурс] // Режим доступа : hi-news.ru/tag/hyperloop

8. Новостной сайт «ПРОНЕДРА» [Электронный ресурс] // Режим доступа : Pronedra.ru/tags/Hyperloop

9. Сайт о странах, городах, статистике населения и пр. www.statdata.ru [Электронный ресурс] // Режим доступа : Statdata.ru/poezd-hyperloop

УДК 629.331

Крамаренко Е.Р., Политехнический институт (филиал) Донского государственного технического университета в г. Таганроге, Таганрог

Годяев А.И., Кириленко А.Г., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЕМ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В данной работе рассматривается алгоритм оперативного управления движением автономных транспортных средств на дорогах с самодвижущимися автомобилями на основе метода поиска решений с запретами с применением групповых технологий.

Ключевые слова: беспилотный автомобиль, алгоритмы оперативного управления, групповые технологии повышения производительности алгоритмов.

Kramarenko E. R., Polytechnic Institute (branch) of Don State Technical University in Taganrog, Taganrog

Godyayev A.I., Kirilenko, A.G., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

THE APPLICATION OF THE ALGORITHM OF PREFERENCES FOR MOTION CONTROL OF AUTONOMOUS VEHICLES

In this paper, an algorithm for operational management of the movement of Autonomous vehicles on the roads with self-driving cars on the basis of the method of finding solutions with restrictions using group technology.

Key words: unmanned vehicle, algorithms, operational management, group technology improve the performance of algorithms.

Введение

Автономная система управления транспортным средством осуществляется без помощи водителя на базе оптических датчиков, радиолокации и компьютерных алгоритмов. Алгоритмы управления должны подавать команды автомобилю ускоряться, тормозить, поворачивать, ориентироваться в потоке движения, прокладывать самостоятельно дорогу, парковаться и др. Такие команды относятся к задачам оперативного управления.

Способность самостоятельно прокладывать маршрут, ориентироваться на местности и реагировать на других участников движения, включая пешеходов строится на множестве различных алгоритмах. Основными функциональными алгоритмами [1], обеспечивающими работу микропроцессорных устройств автомобиля, являются:

- синхронизатор системы, регулирующий последовательность действия всех операций и их привязку ко времени и/или к углу поворота коленчатого вала;
- алгоритмы сбора, анализа и распределения информации о параметрах, условиях движения и состоянии транспортного средства;
- алгоритмы определения и управления режимами работы двигателя, трансмиссии;
- алгоритмы создания и преобразования управляющих команд на различные исполнительные устройства автомобиля;
- диагностирование работы узлов и агрегатов автомобиля;
- системы поддержания работоспособного состояния микропроцессора при отказе отдельных ее элементов;
- алгоритмы бортового диагностирования работы двигателя, трансмиссии;
- алгоритмы оптимизации, адаптации и самообучения и прочее.

Основная часть

Есть два подхода к управлению беспилотными транспортными средствами по взаимодействию с другими участниками дорожного движения:

- автономный (децентрализованный), когда ЭБУ каждого автомобиля сам принимает решение о режимах движения на основании информации о преградах, поворотах, локальной дорожной обстановки;
- централизованный, когда ЭБУ объединяется в единую транспортную сеть и в зависимости от ситуации не только выбирает режим движения, но и маршрут, обмениваясь информацией с другими автомобилями.

Уже сейчас водители могут прокладывать оптимальный путь, избегать ошибок при вождении или парковке благодаря таким решениям, как бортовые компьютеры, системы навигации, сенсоры и камеры контроля «слепых» зон и препятствий на дороге. Однако, для перехода к полному или частично беспилотному управлению мало совершенствовать устройства контроля движения на дорогах, необходимо создавать средства поддержки взаимодействия автомобилей между собой [2, 4].

Ввиду быстрой смены дорожной ситуации при оперативном управлении беспилотным транспортным средством важной задачей является достижение высокой производительности алгоритма принятия решений.

Существуют приближенные методы решения задач дискретного математического программирования и задач структурного синтеза, к которым сводятся многие задачи оперативного управления. Например, метод локальной оптимизации. Пространство D имеет метрику, то можно использовать понятие α -окрестности $S_\alpha(X_k)$ текущей точки поиска X_k . Вместо перебора точек во всем пространстве D осуществляется перебор только в $S_\alpha(X_k)$. Если $F(X_k) \leq F(X_j)$ для всех $X_j \in S_\alpha(X_k)$, то считается, что найден локальный минимум целевой функции в точке X_k . В противном случае точку X_g , в которой достигается минимум $F(X)$ в $S_\alpha(X_k)$, запишем как вновь образованную точку поиска. Недостатком такой методики можно отнести локальность алгоритма.

Повысить эффективность поиска можно с помощью метода поиска с запретами, предложенного Ф. Гловером, который позволяет алгоритму не останавливаться в точке локального оптимума, а путешествовать от одного локального оптимума к другому до нахождения глобального оптимума [2]. Для этого в $S_\alpha(X_k)$ запишем запреты на выполнение алгоритма определения местоположения автомобиля по заданным точкам. Например, запреты на повторное исследование точек, определенных по ряду последних шагах оптимизации. Введем запреты на использование оптимальной точки X_k из предыдущего шага, в случае если расчет ставится на точку локального минимума. Алгоритм находит лучший маршрут движения к незапрещенной точке X_{k+1} , даже если $F(X_{k+1}) \geq F(X_k)$. Следовательно, появляется возможность выхода из локального экстремума.

Для решения задач синтеза оперативного управления беспилотными автомобилями предлагается применить методику групповых технологий в алгоритме поиска с запретами. Данная методика состоит из нескольких этапов.

На первом этапе задается множество объектов $O = \{o\}$, в качестве которых выступают транспортные средства, как участники дорожного движения.

Второй этап подразумевает выбор параметров объектов, существенных для решения задачи оптимизации целевой функции. Использование групповых технологий подразумевает условие: если объект характеризуется набором таких параметров $p: O \rightarrow O_p; O_p = R^n$, то принимает идентичность характеристик рассматриваемых объектов, следовательно эти объекты принимаем как эквивалентные.

Каждый параметр задает разбиение множества объектов:

$$O = \bigcup_{i=1}^{N1} O_{1i} = \bigcup_{i=1}^{N2} O_{2i} = \bigcup_{i=1}^{Nk} O_{ki} = \bigcup_{i=1}^{Nn} O_{ni}$$

$$\forall k \in n, i, j \in N_k, i \neq j \Rightarrow O_{kj} \cap O_{kj} = \emptyset,$$

где k – номер параметров; n – количество параметров; N_k – вид эквивалентности по k -ой характеристике; i – значение класса эквивалентности по k -ой характеристике.

Наиболее существенными параметрами для нашей задачи являются:

- приоритет движения транспортного средства P (например, автомобиль скорой помощи имеет больший приоритет перед другими участниками);
- маршрут автотранспортного средства M ;
- ходовые (скоростные) характеристики автомобиля через время движения по рассматриваемому участку T_1 ;
- характеристика условий движения (профиль, дорожное покрытие) через время движения по рассматриваемому участку T_2 .

Таким образом, имеем четыре основные характеристики, по четырём группам эквивалентности объектов, что соответствует $O_p = R^4$.

Третий этап алгоритма подразумевает образование групп на основе классов эквивалентности объектов.

Если группы эквивалентности меньше, чем количество объектов $\forall k \in n, N_k \langle |O|$ (транспортные средства с одинаковыми техническими характеристиками), то повышение производительности с методики определения оптимального движения с запретами достигается за счет введения элементарных ходов, объединенных в группы.

Групповой ход – это такой ход $m_g \in M$, с помощью которого к группе заданных объектов $O_g \subset O$ в определенном порядке $O_g = \{o_{g1}, o_{g2}, \dots, o_{gm}\}$, выстраиваются ходы алгоритма.

Все определенное множество групп объектов $G = \{O_g\}$ определим на основе характеристик транспортных средств, состоящих из двух множеств $G = G_1 \cup G_2$.

Первое множество включает в себя группы, представляющие различные характеристики:

$$G_1 = \bigcup_{i=1}^n \bigcup_{j=1}^{N_j} \{O_{nj}\}.$$

Второе множество включает группы, образованные пересечением классов по эквивалентности характеристик транспортного средства. Таким образом, находим множество всех подстановок при $a_i \in \{1, 2, \dots, N_i\}$, а G_2 определяется как

$$G_2 = \bigcup_{G_g} \{O_{1a_1} \cap O_{2a_2} \cap \dots \cap O_{na_n}\}.$$

По четырем характеристикам P, M, T_1, T_2 , находим пять групп объектов, четыре из которых в отдельности составляет множество G_1 , а пятый – пересечение классов эквивалентности по всем параметрам (множество G_2).

На четвертом этапе производится определение множества элементарных ходов M , задавая отображение $\gamma: O \rightarrow \{M\}; M = \{m\}$.

В задаче необходимо найти функцию трех параметров (объект, начало движения, скорость): $x = \{O, T_n, v\}$ при которой оптимизируется целевая функция W_3^f . Для этого используем ходы нескольких типов: обменный, задержки, ходы управления режимами движения.

Обменный ход продвигает заданный автомобиль вперед по участку дороги в порядке следования по маршруту. Применение обменного хода аналогично подаче зеленого сигнала дорожного светофора.

Ход задержки увеличивает или уменьшает на t мин задержку хода заданного автомобиля на участке, подобно красному сигналу светофора.

Ход режима движения увеличивает или уменьшает на единицу времени, имитируя команду на разгон или замедление.

На пятом этапе программируется образование групповых ходов, за счет применения элементарных ходов к группам объектов. Для нашего примера умножим количество типов элементарных ходов на количество типов групп ($3 \times 2 = 6$). Обгон транспортного средства формируется как изменение порядка следования автомобилей из групп множества G_1 .

Таким образом, к каждому автомобилю применяются элементарные ходы, а к каждой группе автомобилей на рассматриваемом участке – соответствующие групповые ходы. Затем программа на основе текущей ситуации строит множество кандидатных решений и вычисляет целевую функцию W_3^f .

На шестом этапе производится оптимизация движения за счет исключения неэффективных типов групповых ходов. В нашем примере избыточными являются групповые ходы задержки. Это происходит при движении автомобилей в плотном потоке и замедление одного автомобиля приводит к задержке всех автомобилей, следующих за ним. То есть алгоритм определения задержки найден как групповой ход, который желательно исключить. Таким образом к двум типам групповых ходов (G_1, G_2) добавляется третий групповой ход режима движения.

В результате решения алгоритма определяется наилучшее решение следующим образом: значение целевой функции стремится к минимуму; ход, полученный с помощью кандидатного решения, в списке запретов не учитывается; выбор записывается как текущий; а ход, с помощью которого он установлен, помещается в список запретов, алгоритм переходит к пятому этапу: на основе текущего решения строятся новые кандидатные решения [3, 5].

Заключение

Данный алгоритм с использованием элементов нечеткого вывода способен работать с нечетко-лингвистическими моделями принятия решений, что в ко-

нечном итоге создает высокую вычислительную эффективность рассматриваемой модели движения потока транспортных средств и вычислений характеристик движения заданного автомобиля.

Список литературы

1. Исследование методов расчета оптимального пути в зависимости от уровня потребленного топлива транспортным средством / И. С. Коберси, Е. Р. Крамаренко, В. В. Игнатьев.– Наука сегодня: теория, практика, инновации: коллективная монография / в 9-ти томах. Т. 6. – Ростов-на-Дону : Издательство Международного исследовательского центра «Научное сотрудничество», 2014. – 205 с.

2. Система управления напряжением генератора на базе нечёткой логики / И.С. Коберси, А.В. Кияшко, Е.А. Македонов, Е.Р. Крамаренко, В.И. Финаев / Инженерный вестник Дона, №2 ч.2 (2015)vdon.ru/ru/magazine/archive/ n2p2y 2015/3076.

3. An intelligent navigator with the control of the car technical condition /Iskandar, S. Kobersy; Vladimir, V. Ignatev; Denis, A. Beloglazov; Elena, R. Kramarenko.– Journal of Engineering & Applied Sciences;Jul2014, Vol. 9 Issue 7, p1094.

4. Коберси, И.С., Крамаренко, Е.Р., Киров, А., Аракелян, А.М. Алгоритм принятия решения при управлении беспилотным автомобилем/ Аспекты развития науки, образования и модернизации промышленности: Материалы XII региональной научно-практической конференции учреждений высшего и среднего профессионального образования (21 мая 2014 г. в Таганроге.). – Ростов-на-Дону : Издательский центр ДГТУ, 2014. – С. 254–258.

5. Крамаренко, Е.Р., Коберси, И.С., Киров, А., Аракелян, А.М. Оценка модели навигатора с контролем технического состояния транспортного средства/ Аспекты развития науки, образования и модернизации промышленности: Материалы XIII региональной научно-практической конференции учреждений высшего и среднего профессионального образования (21 мая 2015 г. в Таганроге.). – Ростов-н/Д : ДГТУ, 2014. – С. 77–80.

УДК 656.2.07-027.45

Кузьмина Н.А, Одуденко Т.А., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ПОДХОДА К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Статья посвящена охране объектов транспортной инфраструктуры, в том числе от актов незаконного вмешательства. Отражены мероприятия, обеспечивающие комплексный подход к обеспечению объекта инженерно-техническими средствами охраны и физической защиты охраняемого объекта. Изложены задачи, принципы и цели Концепции обеспечения безопасности.

Ключевые слова: система, безопасность, железнодорожный транспорт, инфраструктура, рубежи охраны, акт незаконного вмешательства

Kuzmina N.A., Odudenko T.A., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

COMPREHENSIVE SYSTEM APPROACH TO SAFETY OF INFRASTRUCTURE OF RAILWAY TRANSPORT

The article is devoted to the protection of objects of transport infrastructure, including from acts of unlawful interference. Reflected activities to ensure a comprehensive approach to providing facility engineering and technical means of security and physical protection of the protected object. Set out goals, principles and objectives of the security concept.

Key words: system, security, rail transport, infrastructure, frontier guard act of unlawful interference.

Объекты железнодорожного транспорта во все времена привлекали внимание террористов в самых разных странах. Транспортная отрасль всегда была одной из составляющих экономического потенциала любого государства, развития международного сотрудничества. Транспорт оказывает значительное воздействие и на формирование социальной ситуации в стране. Повышение уровня транспортной безопасности является одной из главных целей государственной политики Российской Федерации. За предыдущие годы реализации стратегии ситуация в транспортной отрасли заметно изменилась. Распоряжением Премьер – министра России Дмитрием Медведевым утверждены изменения в Транспортную стратегию Российской Федерации на период до 2030 года [1].

Основные поправки коснулись оценки объемов ресурсного обеспечения, необходимого для реализации Транспортной стратегии. Появились новые проблемы и новые технологии пути их решения. Поэтому основным лейтмотивом внесенных поправок стали внедрение инновационных технологий и обеспечение транспортной безопасности. Последнее во многом связано с усложнением транспортной инфраструктуры – строительством крупных транспортных узлов, скоростных железнодорожных магистралей. Соответственно повышается и риск актов незаконного вмешательства на таких объектах транспортной инфраструктуры (ОТИ).

Противоправное действие (бездействие), в том числе террористический акт, угрожающее безопасной деятельности транспортного комплекса, повлекшее за собой причинение вреда жизни и здоровью людей, материальный ущерб либо создавшее угрозу наступления таких последствий, относят к категориям актов незаконного вмешательства (АНВ) в деятельность транспорта [2].

Транспортной стратегией предусмотрено доведение доли ОТИ, меры по организации, защиты которых от АНВ соответствуют требованиям по обеспече-

нию транспортной безопасности, к 2030 году до 91 %. Процентное отношение по видам транспорта представлено на рис. 1.



Рис. 1. Доля объектов транспортной инфраструктуры, меры по организации, защиты которых от АНВ соответствуют требованиям по обеспечению транспортной безопасности по видам транспорта

Безопасность объектов достигается путем построения интегрированного комплекса средств физической защиты (ИК СФЗ), ориентированным на нейтрализацию источника опасности. Источником опасности является нарушитель, совершающий акт незаконного вмешательства в деятельность объекта транспортной инфраструктуры в первую очередь в отношении критического элемента [3].

Построение ИК СФЗ объектов начинается с создания Концепции обеспечения безопасности.

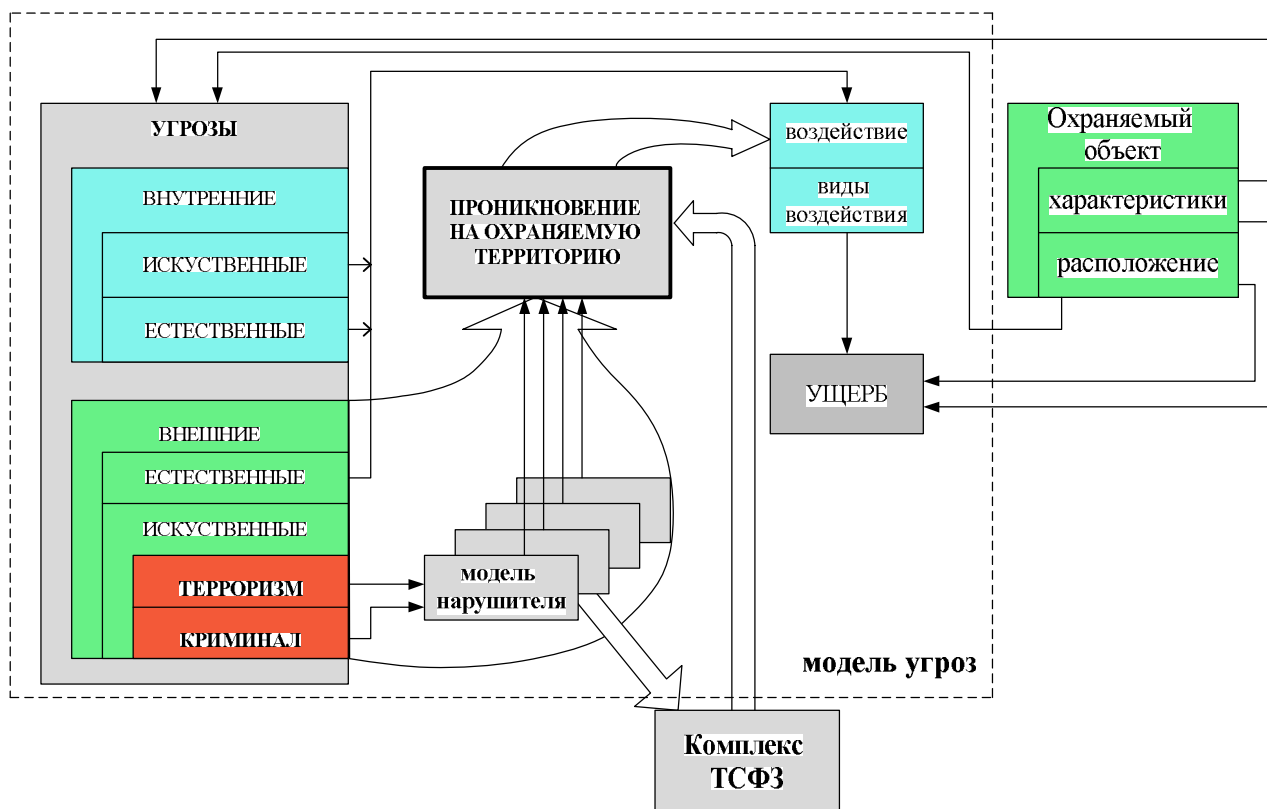


Рис. 2. Комплексная система подхода к обеспечению безопасности объекта

Концепция обеспечения безопасности представляет собой систематизированное изложение задач, принципов и методов создания целостной и равнопрочной системы безопасности объекта в рамках Федеральных законов, Указов президента, Постановлений Правительства и является основным руководящим документом по разработке и реализации организационных, технических и оперативных мер комплексного обеспечения безопасности [4].

Концепции обеспечения безопасности объектов предшествует обработка основополагающих документов:

- акт обследования объекта;
- акт категорирования объекта;
- паспорт безопасности (антитеррористической защищенности) объекта;
- заключения аудита противопожарной безопасности объекта.

Все указанные мероприятия обеспечат комплексный подход к обеспечению объекта инженерно-техническими средствами охраны (ИТСО) и физической защиты охраняемого объекта (рис. 3).

Традиционная схема организации охраны объектов до недавнего времени предусматривала использование в качестве основного элемента размещение на охраняемом объекте или вблизи него поста – часового, охранника, сторожа или смотрителя. Охраняемым объектом может являться участок внешнего периметра объекта, некоторая контролируемая территория, подход к отдельному зданию или сооружению, отдельное помещение. В функции каждого рубежа охра-

ны входят следующие задачи: обнаружение нарушителя, оповещение групп задержания или караула о нарушении, принятие соответствующих мер по пресечению действий нарушителя и защите охраняемого объекта. Для выполнения этих задач каждый рубеж должен быть оснащен средствами видеонаблюдения, связи и освещения охраняемого объекта в темное время суток и оружием. Подступы к охраняемому объекту должны оборудоваться инженерными средствами физической защиты.

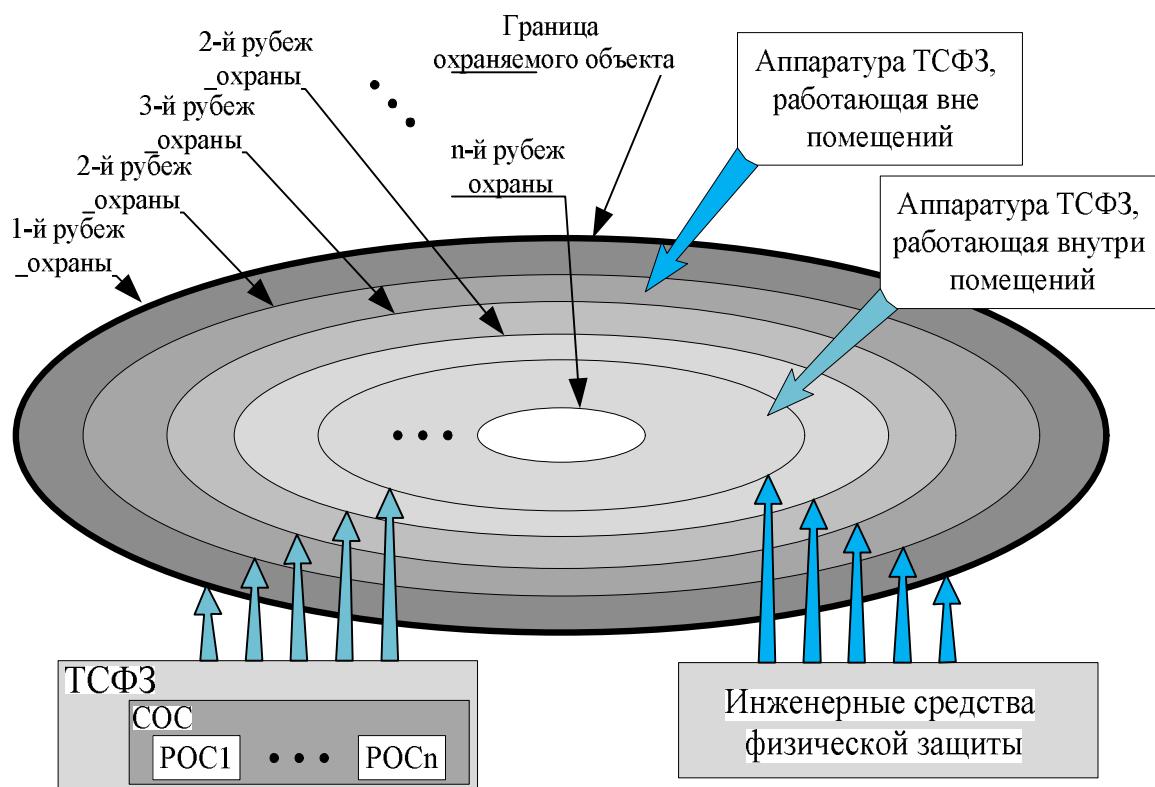


Рис. 3. Формирование рубежей охраны объекта

Комплексная система подхода к обеспечению безопасности охраняемых объектов включает в себя следующие составляющие:

- Организационные мероприятия;
- Инженерно-технические средства охраны и защиты;
- Персонал.

Зачастую ситуация такова – система безопасности на объекте есть, но в случае актов незаконного вмешательства (АНВ) все зависит от человека и его благонадежности. АНВ можно и вовсе скрыть, если конкретному исполнителю это невыгодно. Слабость традиционных систем охраны объекта в том, что система просто «забрасывает» оператора огромным количеством данных о тревогах, предоставляя ему самому с ними разбираться и решать, сто из этого пестрого массива – действительно угроза для безопасности, а что случайность, на которую можно не обращать внимания. Управлять защищенностью объекта должен не оператор системы, а сама система, которая не допускает сбоев и ошибок [5].

Комплекс инженерно-технических средств защиты объектов на железнодорожном транспорте, определен двумя критериями:

- инженерные средства физической защиты;
- комплекс технических средств физической защиты (рис. 4).

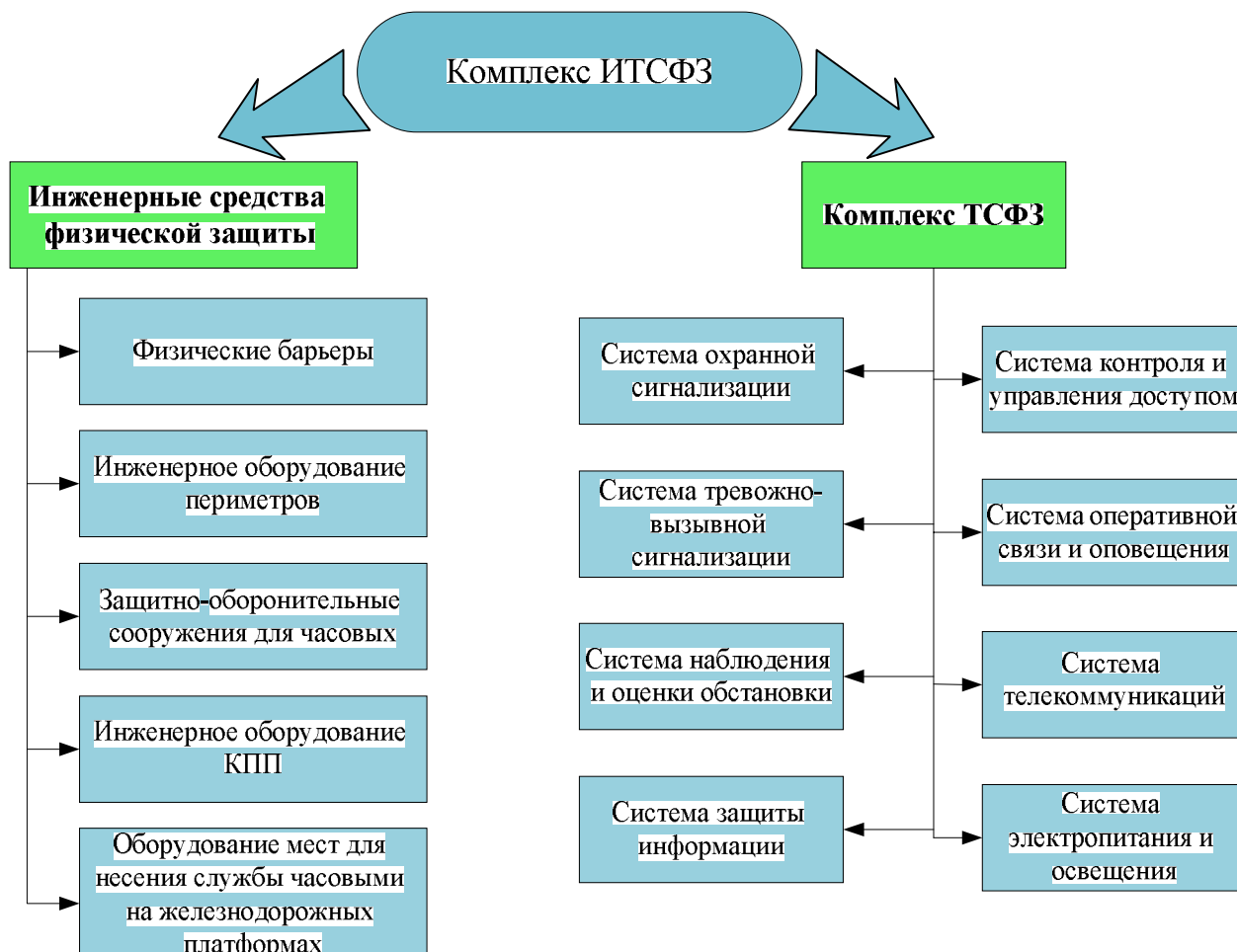


Рис. 4. Комплекс инженерно-технических средств физической защиты

Нетрудно понять, что построение системы охраны по традиционной схеме, особенно на крупных объектах с большой протяженностью охраняемого периметра, с большим числом охраняемых зданий, сооружений, помещений, и т.п. приводит к значительным затратам людских ресурсов. При этом, чем больше численность персонала охраны, тем ниже эффективность его использования, поскольку в целом число предотвращаемых охраной инцидентов невелико.

Интенсивное развитие современной радиоэлектроники, автоматики, вычислительной техники, широкое внедрение комплексной автоматизации во все сферы производственной деятельности преследует конечную цель – максимальное сокращение малопродуктивного труда. Аналогичная задача поставлена в настоящее время и перед охраной объекта. Большая часть функций сотрудника транспортной полиции – обнаружение нарушителя и оповещение

групп задержания или караула о нарушении в настоящее время выполняется электронными средствами обнаружения и передачи информации. Это позволяет избежать размещения постов у каждого из охраняемых участков периметра или территории и у каждого из охраняемых помещений или предметов.

Обеспечение безопасности любого объекта представляет собой сложный непрерывный процесс, а не одноразовые или случайные мероприятия, выполняемые по мере необходимости, которые вносят неразбериху и несогласованность в работу различных служб. Для надежного функционирования объекта должна быть и надежная безопасность – комплексная, включающая в себя все меры, направленные на пресечение и устранение возникающей угрозы актов незаконного вмешательства.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 11.06.2014 № 1032-р «О внесении изменений в Транспортную стратегию Российской Федерации, утв. распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008 N 1734-р»

2. Федеральный закон №16-ФЗ от 09.02.2007 г. «О транспортной безопасности».

3. Федеральный закон от 03.02.2014 N 15-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам обеспечения транспортной безопасности».

4. Natalia Kuzmina, Tatyana Odudenko. Ensuring transport security in the transport infrastructure and means of transport railway transport facilities. Proceedings of the XV International Academic Congress «Fundamental and Applied Studies in the Modern World» (United Kingdom, Oxford, 06–08 September 2016). Volume XV. «Oxford University Press», 2016. – 718 p.

5. Одуденко, Т.А., Кузьмина, Н.А. Система защиты объектов высокоскоростного движения от актов незаконного вмешательства научный журнал «Prospero» Москва, 2015. – № 10 (22). – С. 64–66.

УДК 656.222.3:656.212.5

Широкова В.В., Кузьмина Н.А., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛА ФОРМИРУЕМЫХ НАЗНАЧЕНИЙ НА ВЕЛИЧИНУ ДОПУСТИМОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВАГОНОВ НА СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

В статье рассмотрено влияние плана формирования поездов на переработку вагонов на примере сортировочной станции Хабаровск II.

Ключевые слова. План формирования поездов, сортировочная станция. поезд, вагон и вагонооборот.

Shirokova V.V., Kuzmina N.A., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

THE EFFECT OF THE CHANGE IN THE NUMBER OF GENERATED APPOINTMENTS ON THE ALLOWED PROCESSING OF CARS IN THE RAIL YARD

The article examines the impact of the plan of formation of trains for processing of cars on the example of the sorting station Khabarovsk II.

Key words. The plan of formation of trains, the marshalling yard. train, coach, and the results were impressive.

Для обеспечения эффективного использования мощности сортировочной станции объем сортировочной работы и количество формируемых назначений по оптимальному варианту плана формирования должны быть сбалансированы. Загрузка основных элементов станций – сортировочных устройств и путей сортировочного парка рассчитывается с учетом структуры и колебаний размеров вагонопотоков и мощности сортировочных горок [1].

Причем объем переработки и количество назначений должны обеспечивать наименьшее время нахождения вагонов на станциях за счет отсутствия времени ожидания на выполнение операций и сокращения длительности процесса накопления. В этом случае станции полигона рассматриваются как взаимосвязанные элементы одной системы, оптимальный режим функционирования которого определяется рациональными согласованными режимами работы всех составляющих. Поэтому объем переработки для полигона необходимо распределять по станциям в зависимости от мощности сортировочных устройств и их загрузки. Такое распределение позволяет наиболее рационально загрузить каждую из станций и установить для нее оптимальное число назначений, соответствующее числу путей в сортировочном парке.

Соответствие мощности сортировочных комплектов объему переработки приобретает особое значение на стадиях реализации плана формирования, величины размеров каждого назначения принимают переменные значения. В этих случаях необходимо перераспределять сортировочную работу за счет введения корректировки плана формирования, то есть отмены или дополнительного введения назначений. [2]

Анализ плана формирования позволяет выявить наиболее устойчивые вагонопотоки по периодам действия плана формирования и наметить наиболее эффективную взаимную их прокладку на графике движения, обеспечивающую повышение скорости продвижения поездов по участкам и наименьшее время нахождения их на станциях. [3]

На Дальневосточной железной дороге важнейшим звеном в перевозочном процессе являются сортировочные станции сетевого значения Хабаровск II, Комсомольск-Сортировочный. [4]

Среднесуточный вагонооборот станции Хабаровск II составляет 16561 вагон. На этой станции происходит максимальное число нарушений плана формирования поездов по отправлению. За 4 месяца 2017 года их число составляет 213.

Среднесуточный вагонооборот станции Комсомольск-Сортировочный составляет 6340 вагонов. Число нарушений плана формирования поездов по отправлению за 4 месяца 2017 года составляет 32 нарушения.

Груженный вагонопоток, следующий в направлении морских портов и погранпереходы Дальневосточного региона, проходит через четную сортировочную систему. Вагонопоток (преимущественно порожний), следующий из Владивостокского региона, проходит через нечетную сортировочную систему.

Согласно установленному плану формирования станция формирует 28 назначений, из которых 15 в четном направлении и 13 - в нечетном. В первом полугодии 2017 года число формируемых назначений увеличилось на 8 (6 в четном и 2 в нечетном направлении). Изменение назначений по месяцам представлено на рис. 1 и 2.

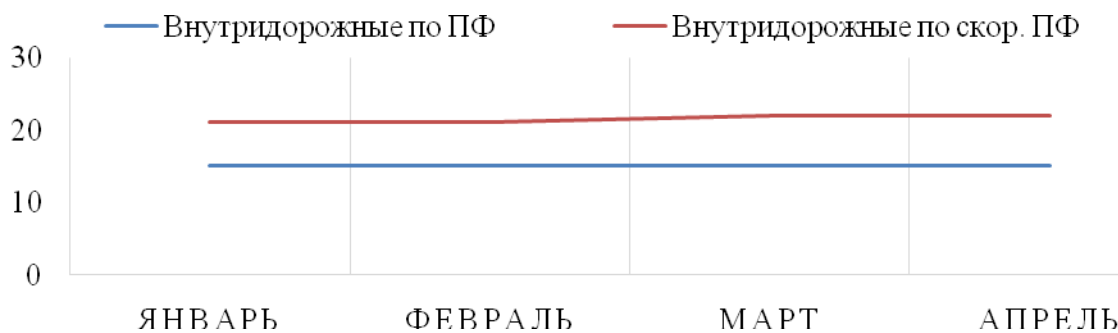


Рис. 1. Изменение числа назначений за 2017 год в четном сортировочном парке

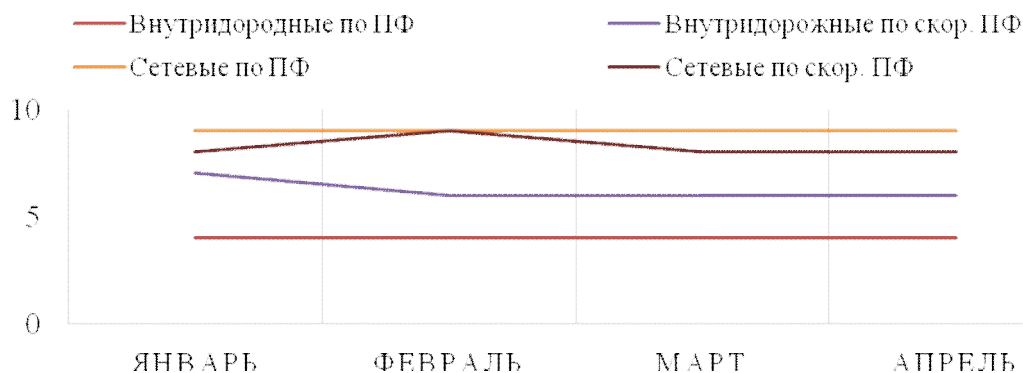


Рис. 2. Изменение числа назначений за 2017 год в нечетном сортировочном парке

Сравнение числа назначений по роду поезда между установленным планом формирования и скорректированными планами формирования по каждому месяцу представлено на рис. 3 и 4.

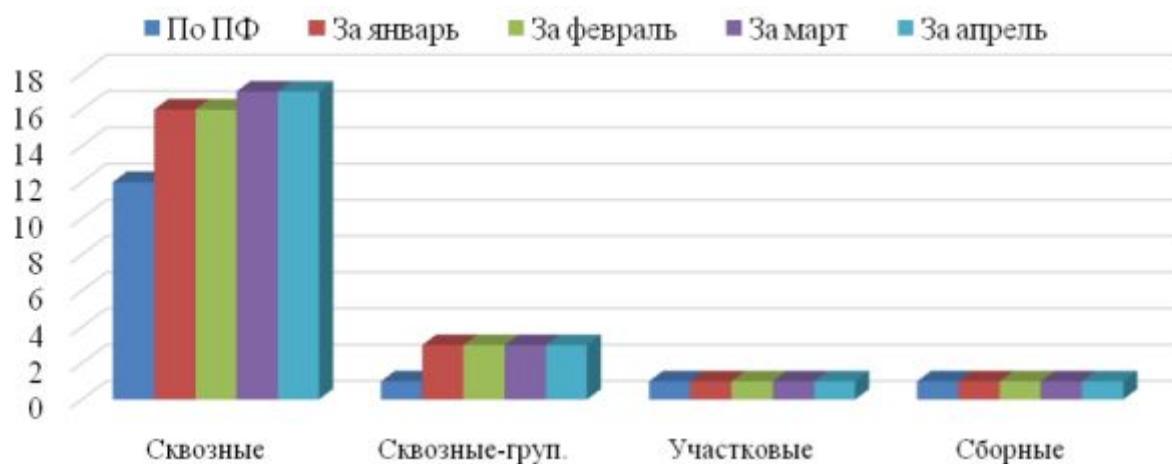


Рис. 3. Сравнение числа назначений по роду поезда в четном сортировочном парке

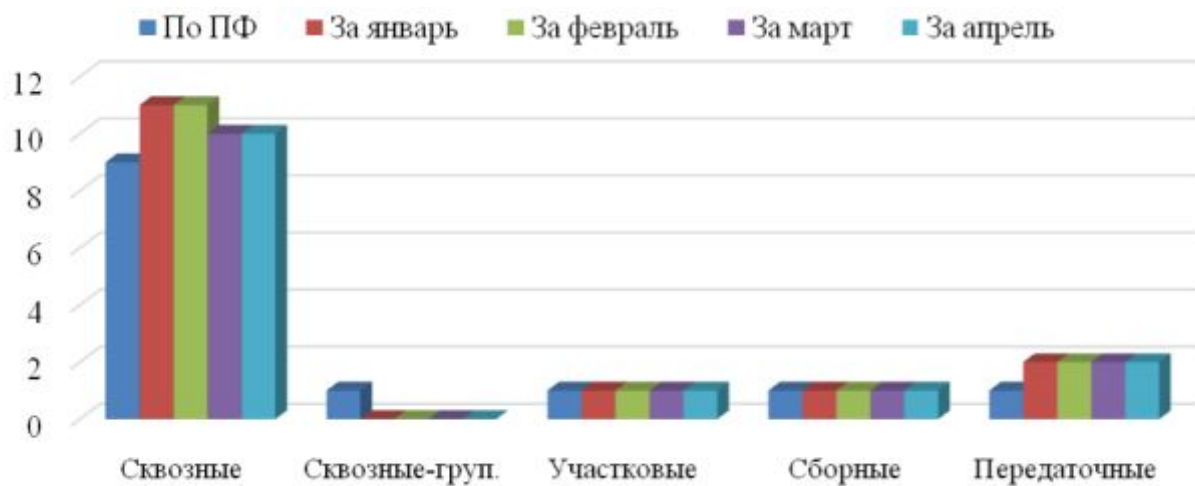


Рис. 4. Сравнение числа назначений по роду поезда в нечетном сортировочном парке

Разница между максимально допустимым вагонопотоком и средним фактическим вагонопотоком за 4 месяца составила 5563 вагона.

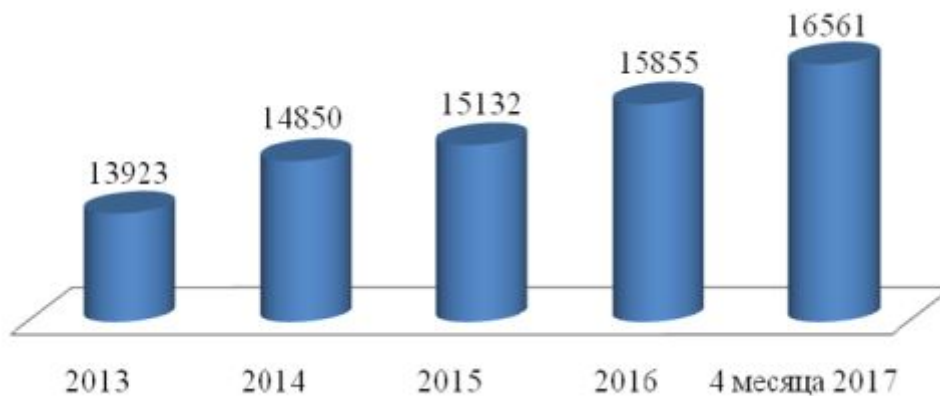


Рис. 5. Вагонопоток на железнодорожной станции Хабаровск II

На железнодорожной станции Хабаровск II часто присутствуют и вагоны обратного назначения (рис. 6).

Прибывшие в поездах вагоны обратного назначения проходят на станции две сортировочные системы, что увеличивает время нахождения транзитного вагона с переработкой не только в парках прибытия, но и в сортировочных парках.

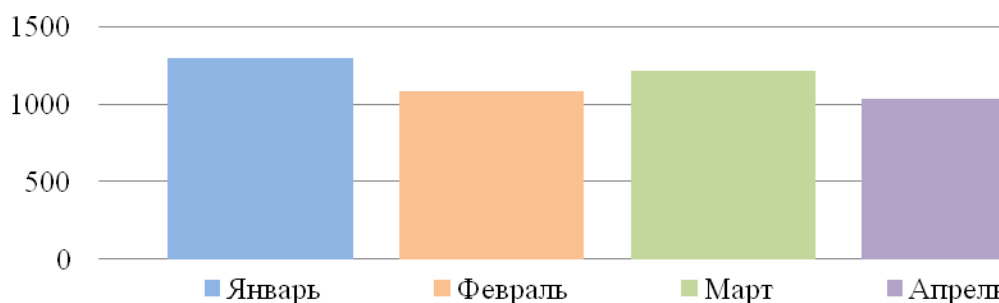


Рис. 6. Число вагонов обратного назначения, поступающих на станцию Хабаровск II

Число путей в сортировочных парках устанавливается в зависимости от числа назначений по плану формирования поездов, суточного числа вагонов каждого назначения с учетом длины путей парка и особенностей технологии работы станции по формированию поездов.

Распределение путей в четном сортировочном парке: 61 % – для накопления вагонов по плану формирования, 3 % – для углового вагонопотока, 5 % – диспетчерские пути. Исходя из этого, наблюдается зависимость мощности назначений от числа назначений по плану формирования поездов. А именно, на железнодорожной станции Хабаровск II в четной сортировочной системе при увеличении числа назначений формируемых поездов, мощность назначений уменьшается, что приводит к увеличению времени простоя состава под накоплением. График зависимости приведен на рис. 7.

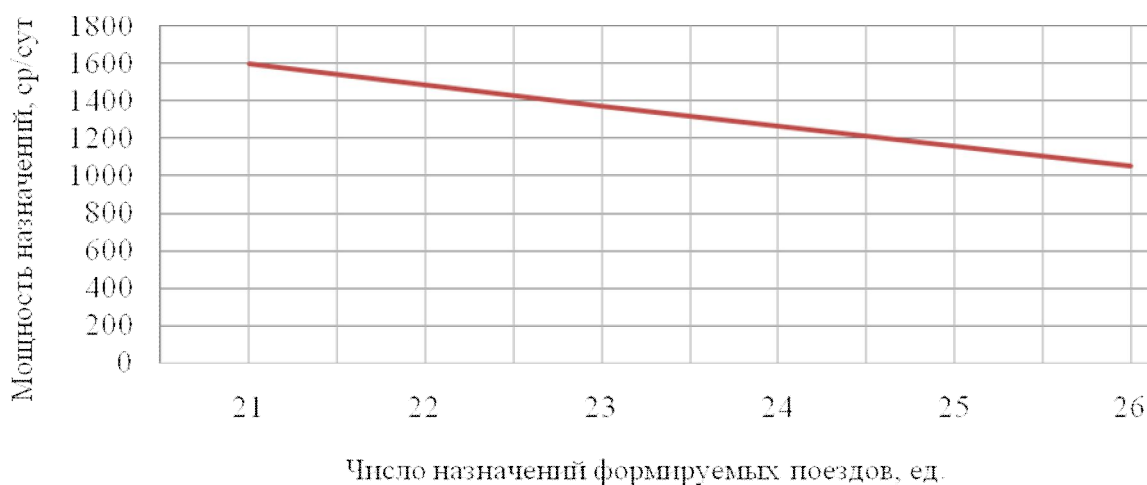


Рис. 7. График зависимостей мощности назначений от числа назначений в четной сортировочной системе

Распределение путей в нечетном сортировочном парке: 86 % – для накопления вагонов по плану формирования, 5 % – для углового вагонопотока, 9 % – диспетчерские пути.

Исходя из этого, наблюдается зависимость мощности назначений от числа назначений по плану формирования поездов. А именно, на железнодорожной станции Хабаровск II в нечетной сортировочной системе при уменьшении числа назначений формируемых поездов, мощность назначений уменьшается, что приводит к увеличению времени простоя состава под накоплением. График зависимости приведен на рис. 8.

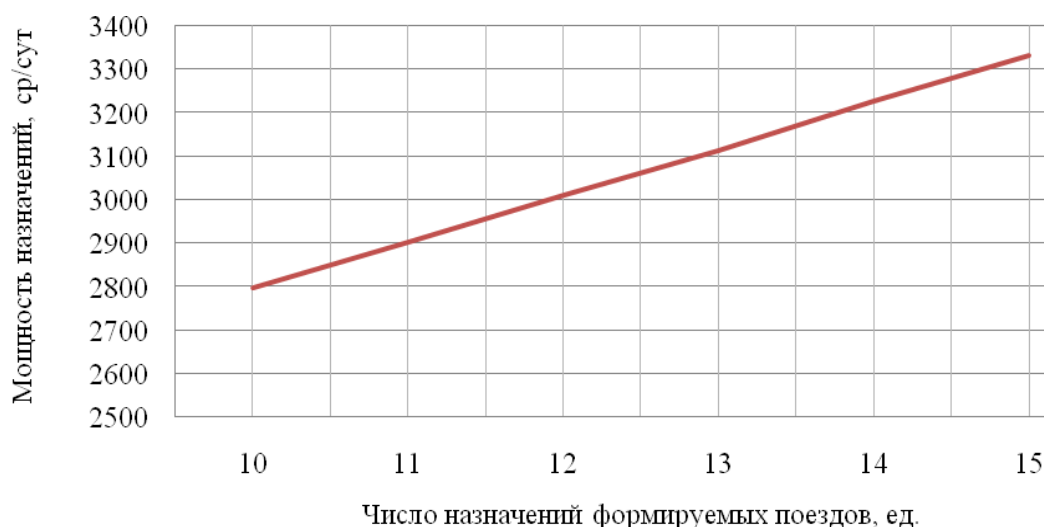


Рис. 8. График зависимостей мощности назначений от числа назначений в нечетной сортировочной системе

Для станции технически допустимым будет наибольшее число назначений, при котором станция обеспечивает высокую, близкую к 100 % эксплуатационную надежность по приему поездов в расформирование.

С ростом переработки вагонов увеличивается суммарное время занятия подгорочных путей накопленными составами. Это время складывается из элементов ожидания выполнения окончания формирования поездов, ожидания перестановки составов в парк отправления, ожидания и выполнения операций по подготовке составов поездов к отправлению и отправлению на участок.

С увеличением простоя в подгорочном парке накопленных составов возрастают потери перерабатывающей способности горки. Они обусловлены повторной переработкой вагонов и перерывами в расформировании составов из-за переполнения сортировочных путей. Эти потери ведут к увеличению простоя составов в ожидании расформирования, а при недостатке приемных путей – к задержкам поездов на подходах.

Поскольку общее число сортировочных путей в парке неизменно, то с ростом потребности в дополнительных путях уменьшается число назначений, формирование которых станция может обеспечивать без задержек на подходах.

Поэтому зависимость технически допустимых размеров переработки от количества назначений формируемых поездов – функция, убывающая с ростом вагонопотока, поступающего в переработку.

График зависимостей ограничивает область, в пределах которой станция обеспечивает беспрепятственный прием поездов. График представлен на рис. 9.

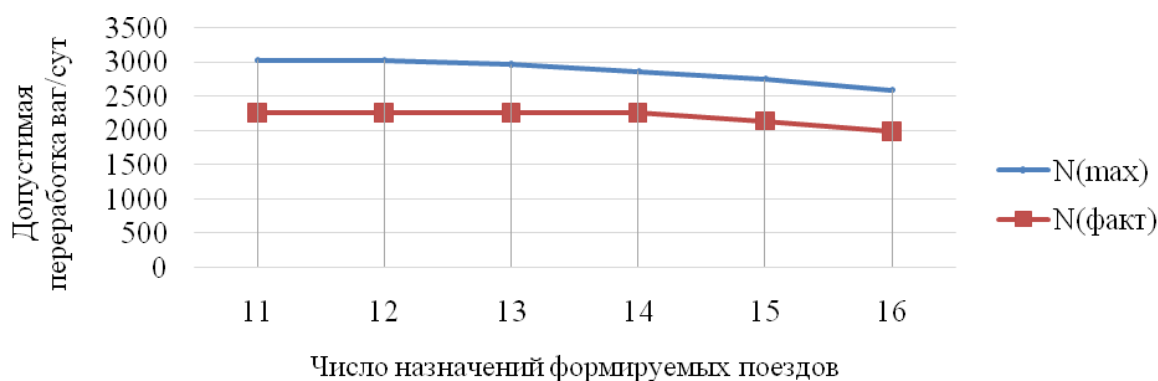


Рис. 9. График зависимостей

Пути и устройства, закрытые для выполнения операций с транзитным и перерабатываемым вагонопотоком, при расчете зависимостей не учитываются.

N_T

Допустимые размеры переработки на горке включают:

- вагоны, поступающие в разборочных поездах с линии;
- местные вагоны с грузовых пунктов станции и подъездных путей;
- вагоны углового потока из другой сортировочной системы;
- вагоны перекрестного потока на станциях, использующие параллельный роспуск составов;
- вагоны из ремонта, промывки, экипировки рефрижераторного подвижного состава, после перегруза, устранения коммерческих неисправностей.

Граничными точками графиков являются:

k_{max}

- максимально возможное количество назначений формируемых поездов;

N_T

– наибольший вагонопоток, при котором сортировочная система обеспечивает беспрепятственный прием поездов.

При разработке и корректировке плана формирования поездов необходимо сопоставлять его с технически рациональными размерами перерабатываемого вагонопотока и числа назначений поездов по действующему варианту плана формирования, а также по вариантам проектируемого плана.

По каждому из рассматриваемых вариантов плана формирования поездов для каждой сортировочной системы подсчитывается:

- число формируемых назначений k ;
- размеры перерабатываемого вагонопотока;
- технически допустимое число назначений k , которое определяется по гра-

фику при размерах переработки, равных N_T ;

- технически допустимые размеры переработки, которые определяют-

ся по графику при числе формируемых назначений, равном k ;

- запас мощности сортировочной системы по числу назначений:

$$\Delta k = k_T - k, \quad (1)$$

- запас мощности сортировочной системы по размерам перерабатываемого вагонопотока:

$$\Delta N = N_T - N, \quad (2)$$

Если $\Delta N \geq 0$ и $\Delta k \geq 0$, сортировочная система имеет запас мощности, и рассматриваемый вариант плана формирования для нее может быть реализован.

Если $\Delta N < 0$ и $\Delta k < 0$, по данной сортировочной системе имеет место дефицит мощности, и рассматриваемый вариант плана формирования для нее не может быть реализован без значительных задержек поездов на подходах. В этих случаях необходимо изменить план формирования поездов с целью приведения его в соответствие с эксплуатационными возможностями станций либо разработать и реализовать меры по улучшению использования существующих сортировочных путей, пропускной и перерабатывающей способности станций.

Для сортировочной станции Хабаровск II технически допустимое число назначений формируемых поездов и размеры переработки рассчитываем для каждой системы отдельно.

В обеих сортировочных системах для построения графика зависимостей

маж факт

два варианта исходных данных равны в значениях. То есть количество маневровых локомотивов на горках и на вытяжках формирования, максимально возможных при действующем путевом развитии сортировочной системы равны фактически работающим.

График зависимостей на станции Хабаровск II для четной сортировочной системы представлен на рис. 10.

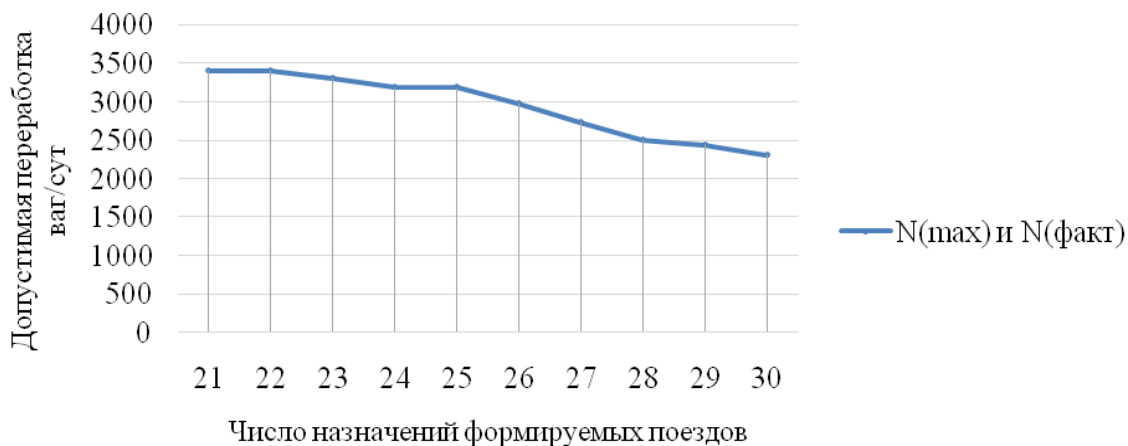


Рис. 10. График зависимостей размеров перерабатываемого вагонопотока от числа назначений в четной сортировочной системе

Разница между допустимым числом назначений и фактическим составит:

$$\Delta k = 30 - 21 = 9 \text{ назначений.}$$

Так как величины ΔN и Δk положительны, четная сортировочная система в данном варианте плана формирования имеет запас мощности по размерам переработки и числу назначений. При этом разница между допустимой переработкой и фактической составит:

$$\Delta N = 3399 - 2264 = 1135 \text{ вагонов/сут.}$$

Разница между допустимым числом назначений и фактическим составит:

$$\Delta k = 30 - 21 = 9 \text{ назначений.}$$

График зависимостей на станции Хабаровск II для нечетной сортировочной системы представлен на рис. 11.

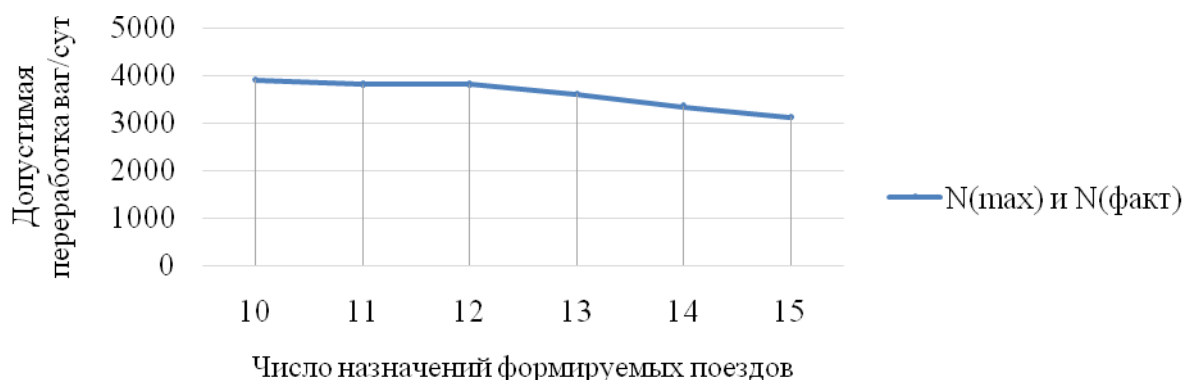


Рис. 11. График зависимостей размеров перерабатываемого вагонопотока от числа назначений в нечетной сортировочной системе

При этом разница между допустимой переработкой и фактической составит:

$$\Delta N = 3127 - 3505 = -378 \text{ вагонов/сут.}$$

Разница между допустимым числом назначений и фактическим составит:

$$\Delta k = 13 - 15 = -2 \text{ назначения.}$$

Так как величины ΔN и Δk отрицательны, нечетная сортировочная система в данном варианте плана формирования не имеет запас мощности по размерам переработки и числу назначений. Для ввода варианта в действие даже число маневровых локомотивов будет недостаточным, так как Следовательно, рассматриваемый вариант плана формирования требует корректировки относительно данной ситуации.

За январь, февраль и март по нечетной сортировочной системе имеет место дефицит мощности, и рассматриваемые варианты плана формирования для нее не могут быть реализованы без значительных простоев составов в ожидании расформирования и задержек поездов на подходах.

Для сохранения такого вагонопотока, который поступает в нечетную сортировочную систему, и такого числа назначений на станции Хабаровск II необходимо увеличивать число путей в нечетном сортировочном парке, построив 4 пучок, состоящий из 3 путей и построив второй путь роспуска. Это поможет увеличить перерабатывающую способность нечетной сортировочной системы.

Список литературы

1. Гапанович, В.А. О проекте комплексной программы инновационного развития ОАО «РЖД» на период 2016–2020 годов / В.А. Гапанович // Железнодорожный транспорт. – 2016 г. – № 5. – С. 4–11.
2. Панков, А.Н. О составообразовании на сортировочных станциях / А.Н. Панков, В.А. Кудрявцев и др. // Железнодорожный транспорт. – 2016 г. – № 3. – С. 45–51.
3. Агапова, Ю.Ю. Анализ эффективности мероприятий поэтапного увеличения провозной и пропускной способности однопутных участков Дальневосточной железной дороги/ Ю.Ю. Агапова, Т.А. Оуденко // Успехи современной науки. – 2016 г. – № 5. – С. 114–117.

4. Санькова, Г.В. Вопросы интеграции Дальневосточной железной дороги в трансконтинентальные перевозки / Г.В. Санькова, Т.А. Одуденко // Успехи современной науки, – 2016 г. – № 4. – С. 54–56.

УДК 681.7.068

Савин Е.З., Мильков Ю.А., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ, ПОДВЕШЕННОГО НА ОПОРАХ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Рассматриваются вопросы воздействия электрического поля на подвесной волоконно-оптический кабель. При этом в оптических волокнах любого типа проявляется эффект Керра, который приводит к увеличению поляризационной модовой дисперсии, и, как следствие к ограничению пропускной способности и уменьшению дальности непосредственной связи.

Ключевые слова: оптическое волокно, эффект Керра, поляризационная модовая дисперсия.

Savin E.Z., Mil'kov Ju.A., Far Eastern State Transportation University,
Khabarovsk

ELECTRIC FIELD EXPOSURE TO FIBER OPTIC CABLE MOUNTED ON ELECTRIC RAILWAY CATENARY SUPPORT

Discusses the influence of the electric field on a suspension of fiber-optic cable. While in the optical fibers of any type appears the Kerr effect, which leads to an increase in polarization mode dispersion, and as a consequence to the bandwidth limitation and reduction of range of direct communication.

Key words: optical fibers, Kerr effect, polarization mode dispersion.

Основной средой передачи информации в настоящее время является волоконный световод (ВС), неосвоенные запасы пропускной способности и дальности непосредственной связи которого позволяют ему доминировать над остальными направляющими системами передачи. Вполне понятно, что волоконно-оптические системы связи привлекают к себе пристальное внимание всех научно-исследовательских лабораторий. При этом все больше уделяется внимание воздействию внешних факторов на оптическое волокно.

На железнодорожном транспорте наиболее распространенным способом прокладки волоконно-оптических кабелей (ВОК) является подвеска ВОК на опорах контактной сети. При этом кабели подвержены влиянию различных внешних факторов [1]. К таковым относятся: механические вибрации, электро-

магнитное поле, температура окружающей среды, воздействие которых изменяет поляризационные свойства оптических волокон, и может привести к резкому ухудшению качества передаваемой информации в высокоскоростных цифровых волоконно-оптических систем передачи или в системах плотного волнового мультиплексирования.

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования позволили установить, что в результате воздействия рассматриваемых внешних факторов в оптическом волокне происходит изменение угла поворота большой оси эллипса поляризации излучения и изменение его эллиптичности.

Однако до сих пор остается малоизученной область исследования влияния электрических полей высокой напряженности на волоконно-оптический кабель. При эксплуатации волоконно-оптических линий связи проложенных вдоль железных дорог выяснилось, что, несмотря на диэлектрическую конструкцию кабеля, происходит значительное влияние электрических полей тяговой сети на поляризованное излучение, распространяющееся по волоконным световодам. С целью исследования данного воздействия была собрана экспериментальная установка, структурная схема которой приведена на рис. 1.

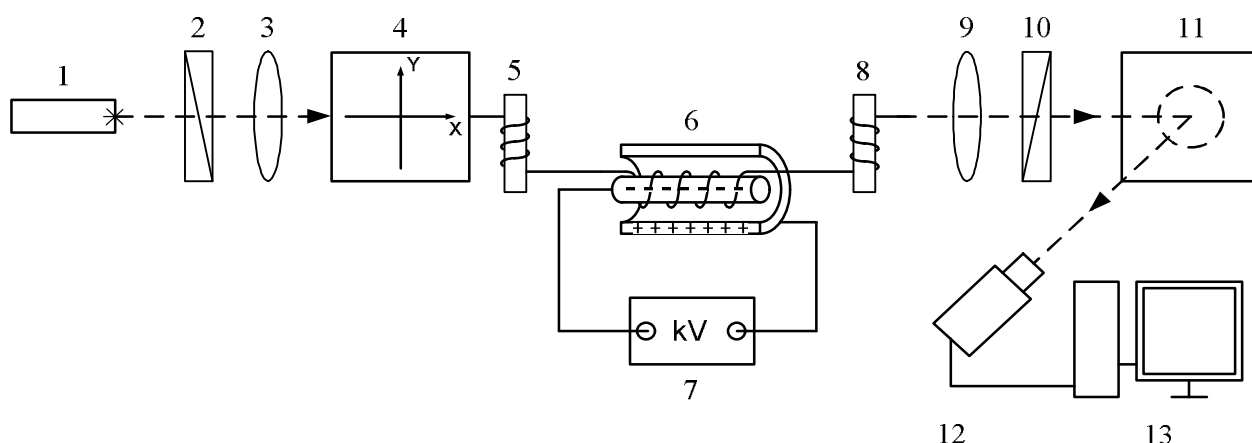


Рис. 1. Структурная схема экспериментальной установки: где 1 – He-Ne лазер; 2 – поляризатор; 3; 9 – фокусирующая линза; 4 – юстировочное устройство; 5; 8 – скремблер; 6 – конденсатор; 7 – высоковольтный источник напряжения; 10 – анализатор; 11 – экран; 12 – цифровая видео камера; 13 – персональный компьютер

Оптическое излучение от He-Ne лазера мощностью 60 мВт (1), работающего в непрерывном режиме на длине волны 0,6328 мкм, через неподвижный поляризатор (2) и фокусирующую линзу (3) вводится в одномодовый волоконный световод со ступенчатым профилем показателя преломления, при помощи юстировочного устройства (4). Таким образом, на входе световода формируется линейно поляризованное излучение, а оптическое волокно на данной длине волны работает в маломодовом режиме. На начальной части волоконного световода выполнен скремблер (5) в виде десяти витков волокна, намотанного на стержень диаметром 4 мм. Основным элементом установки является цилиндрический конденсатор (6), который состоит из внутренней и внешней обкладок.

Волоконный световод наматывается на стержень (внутренняя обкладка), который накрывается внешней обкладкой. Электрическое поле создается источником высоковольтного напряжения (7). Напряжение на обкладках конденсатора регулируется непосредственно на источнике высоковольтного напряжения и контролируется встроенным цифровым вольтметром. Общая длина волоконного световода, находящегося в поле конденсатора, составляет 15 м.

Оптическое излучение, выходящее из волокна, проходит через линзу (9) и анализатор (10) со шкалой, проградуированной в градусах, поступает на белый экран (11). Цифровая видео камера (12) фиксирует отраженное от экрана излучение. Обработка видео изображения производится на персональном компьютере (13) при помощи программно-аппаратного комплекса.

В процессе экспериментальных исследований обнаружилось, что смена полярности на обкладках конденсатора не оказывает какого-либо влияния на результаты измерений. Характерная временная зависимость интенсивностей излучения на выходе оптического волокна со смещенной ненулевой дисперсией приведена на рис. 2.

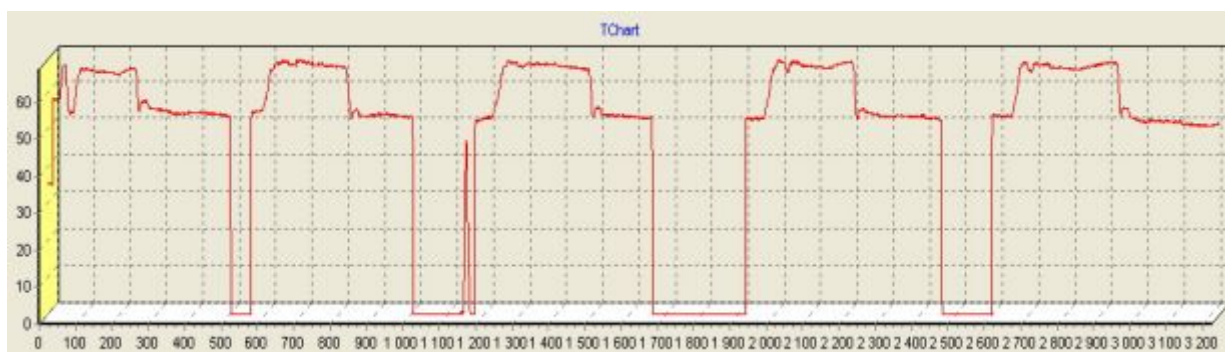


Рис. 2. Временная характеристика интенсивности излучения на выходе волокна NZDSF

В ходе выполнения экспериментов получены следующие результаты, которые представлены в виде графиков для оптических волокон со смещенной ненулевой дисперсией (рис. 3–4) и несмещенной дисперсией (рис. 5–6) для различных значений начальной эллиптичности. Под начальной эллиптичностью понимают эллиптичность излучения на выходе волокна при отсутствии внешнего электрического поля. Установка требуемой начальной эллиптичности осуществляется с помощью скремблеров (5 и 8).

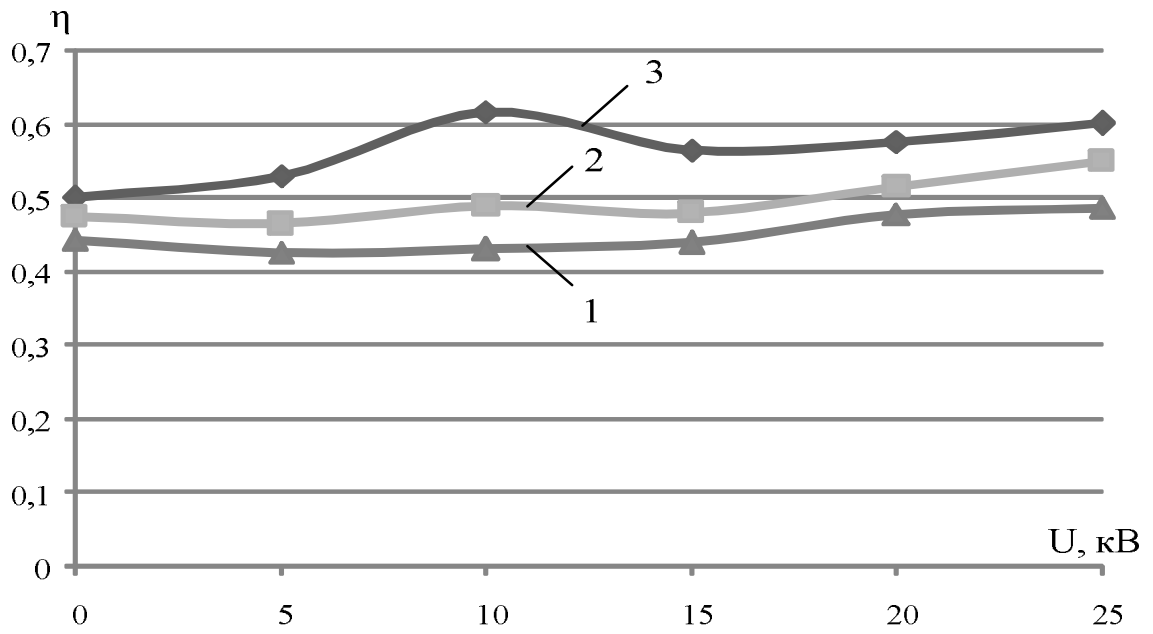


Рис. 3. Зависимость эллиптичности излучения на выходе волоконного световода NZDSF от напряжения внешнего электрического поля для значений начальной эллиптичности: 1 – $\eta_H = 0,44$; 2 – $\eta_H = 0,47$; 3 – $\eta_H = 0,50$

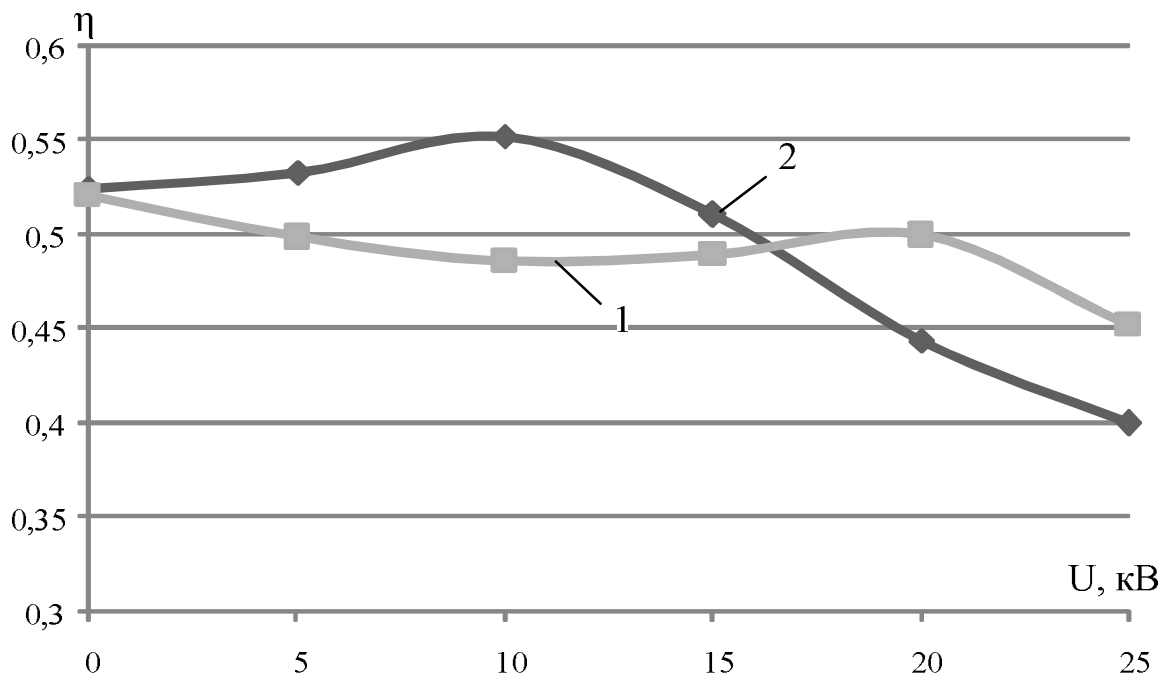


Рис. 4. Зависимость эллиптичности излучения на выходе волоконного световода NZDSF от напряжения внешнего электрического поля для значений начальной эллиптичности: 1 – $\eta_H = 0,52$; 2 – $\eta_H = 0,53$

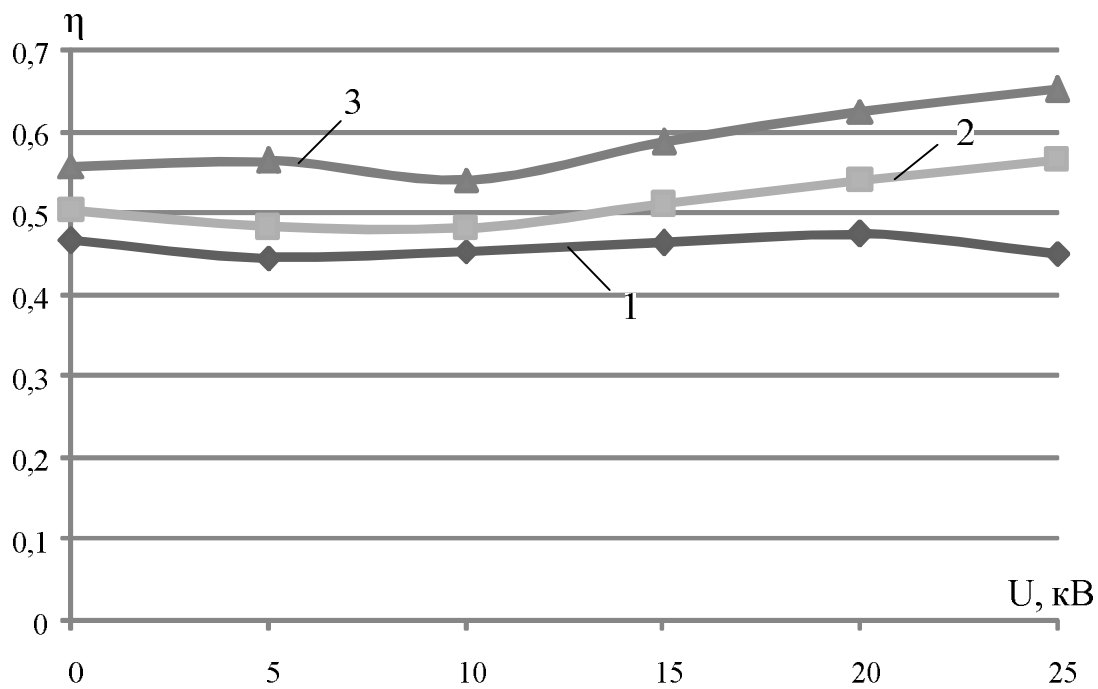


Рис. 5. Зависимость эллиптичности излучения на выходе волоконного световода SF от напряжения внешнего электрического поля для значений начальной эллиптичности: 1 – $\eta_H = 0,46$; 2 – $\eta_H = 0,50$; 3 – $\eta_H = 0,55$

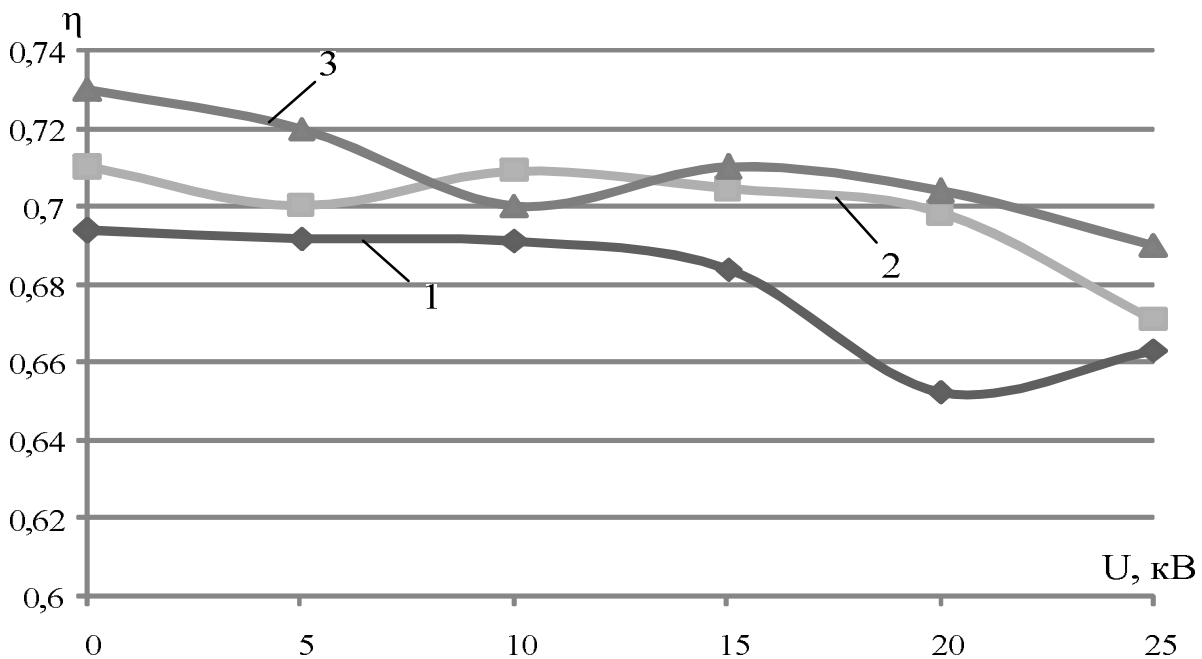


Рис. 6. Зависимость эллиптичности излучения на выходе волоконного световода SF от напряжения внешнего электрического поля для значений начальной эллиптичности: 1 – $\eta_H = 0,69$; 2 – $\eta_H = 0,71$; 3 – $\eta_H = 0,73$

На основании выполненных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы.

В оптических волокнах любого типа при воздействии внешнего электрического поля проявляется эффект Керра. При этом происходит изменение эллиптичности излучения на выходе волоконного световода. Угол поворота большой оси эллипса поляризации не меняется. С увеличением напряжения на обкладках конденсатора происходит как увеличение, так и уменьшение эллиптичности излучения в волоконном световоде относительно начальной эллиптичности. Характер изменения эллиптичности излучения на выходе оптического волокна зависит от начальной эллиптичности. При этом максимальные изменения эллиптичности наблюдаются для интервала начальной эллиптичности $\eta_n = 0,5 - 0,6$. Эллиптичность излучения наиболее существенно изменяется в оптических волокнах со смещенной ненулевой дисперсией (NZDSF).

Результаты измерений свидетельствуют о проявлении в волоконных световодах электрооптического эффекта Керра [2], который заключается в том, что волоконный световод, помещенный в постоянное электрическое поле, становится оптически анизотропным. При этом в волокне возникает двулучепреломление. Разница в значениях показателей преломления сердцевины световода для ортогональных компонент поляризованного излучения возрастает, что приводит к увеличению соответствующей временной задержке $\Delta\tau$ и увеличению поляризационной модовой дисперсии (ПМД).

Список литературы

1. Савин, Е.З. Поляризационные явления в оптических волокнах / Е.З. Савин. – Мир транспорта. – № 4, 2006. – С. 4–9.
2. Сивухин, Д.А. Общий курс физики Т. IV. Оптика / Д.А. Сивухин. – М. : ФИЗМАТ-ЛИТ; Изд-во МФТИ, 2002. – 792 с.

УДК 621.397.2

Кухарская О.В., Савин Е.З., Дальневосточный государственный университет путей сообщений, Хабаровск

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ СЕТЕВОЙ ЗАДЕРЖКИ ЦИФРОВОГО ПОТОКА ДЛЯ DVВ-T2

В работе рассмотрены пакеты метки времени цифрового потока T2-MI, выявлен метод расчета величины сетевой задержки при использовании относительной синхронизации во временном штампе. Кроме того, в данной статье произведён анализ возможных вариантов некорректного измерения сетевой задержки в случае нестабильности сигнала синхронизации.

Ключевые слова: сетевая задержка, сигнал синхронизации, цифровой поток T2-MI, метка времени, время излучения.

Kuharskaya O.V., Savin E.Z., Far Eastern State Transportation University,
Khabarovsk

THE METHOD OF EVALUATION OF NETWORK DELAY FOR DVB-T2 DIGITAL STREAM

Packets of T2-MI Timestamp were considered in this article. Also the method of calculation of Network Delay was discovered here when used the relative synchronization. The analysis of situation where used unstable sync signal was made in this research.

Key words: network delay, sync signal, digital stream T2-MI, timestamp, time of emission.

Введение

Повсеместный переход на стандарт цифрового телевизионного вещания DVB-T2 подразумевает использование информационного потока T2-MI (T2 Modulator Interface – интерфейс модулятора T2) в качестве средства доставки телепрограмм до формирователей цифровых передатчиков. При условии работы ТВ станций в режиме одночастотной сети, который возможен только в случае использования нескольких каналов физического уровня, одним из важных условий качественного вещания является наличие корректной сетевой задержки цифрового потока (сетевая задержка – Network Delay) в заданной точке излучения.

В связи с этим, в качестве основной задачей настоящей работы выступает определение метода оценки и расчёта величины Network Delay в некоторой точке излучения, а также определение погрешности при измерении сетевой задержки в случае нестабильности сигнала синхронизации.

Часть 1

В связи с тем, что для корректной оценки величины сетевой задержки на любое устройство, в частности модулятор ТВ передатчика, должен поступать высокостабильный сигнал синхронизации (СС), в качестве которого обычно используется 1 PPS (One Pulse per Second – один импульс в секунду), то все последующие расчёты будут проведены относительно наличия данного сигнала. Для оценки Network Delay на основе реальных данных была произведена запись потока T2-MI в файл, который затем был обработан с помощью программы 4T2Content Analyzer [1]. Исходный информационный поток сконфигурирован следующим образом: в состав одного суперкадра входят 2 кадра T2, длительность суперкадра составляет 487,872 мс. Поскольку в каждом кадре T2 присутствует в том числе и один пакет T2 Timestamp (метка времени), то штампы обоих временных меток будут одинаковы в пределах одного суперкадра [2]. На рис. 1 представлена временная диаграмма потока T2-MI, разбитого на T2 суперкадры, относительно импульса синхронизации 1 PPS.

Таким образом, при условии корректности СС в данной точке, то есть если $T_{PPS} = 1$ с, то величина сетевой задержки будет относительно постоянна в пределах нескольких десятков микросекунд, в том числе в течение длительного времени.

Часть 2

Поскольку, согласно [4], максимально допустимая погрешность сигнала синхронизации составляет 0,5 мкс, то дальнейшие расчёты будут произведены с учётом этой величины. Если синхронизация модулятора передатчика нарушается по причине, например, длительного отсутствия внешнего 1 PPS и нестабильности собственного источника опорного сигнала, то реальный период поступления СС будет не соответствовать номинальному, то есть возникает некоторая погрешность Δ_{PPS} , которая определяется как:

$$\Delta_{PPS} = \lim(T_{PPS} - T_{PPS}') \rightarrow 0,$$

где T_{PPS}' – некорректный период сигнала 1 PPS, получаемого, либо генерируемого конечным устройством.

В связи с этим, возникает погрешность при оценке модулятором времени приёма $T_{пр.N}$ очередного суперкадра T2, зависящая от Δ_{PPS} , которая будет определяться как:

$$T_{пр.N}' = T_{пр.N} + / - \Delta_{PPS} \cdot n,$$

где n – условная величина, представляющая из себя целое положительное число, значение которого увеличивается с каждой секундой на единицу; $T_{пр.N}'$ – некорректное оценочное время поступления очередного суперкадра T2.

При расчётах необходимо учитывать, что в данном исследуемом потоке используется относительная метка времени, следовательно, поступление очередного импульса 1 PPS является условным нулевым отчётом, поэтому все рассчитываемые величины не могут превышать значения в 1 секунду.

Так, при внесении погрешности СС не более 0,5 мкс, время некорректного приёма первого исследуемого суперкадра составит:

$$T_{пр.1}' = T_{пр.1} + \Delta_{PPS} \cdot 1 = 0,200 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 0,20000005 \text{ с},$$

$$T_{пр.1}' = T_{пр.1} - \Delta_{PPS} \cdot 1 = 0,200 - 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 0,19999995 \text{ с}.$$

Тогда для данного суперкадра величина сетевой задержки составит:

$$T_{Net.Delay1}' = T_{\text{треб.изл.1}} - T_{пр.1}' = 0,692306 - 0,20000005 = 0,4923055 \text{ с}.$$

Также возможно рассчитать последующее отклонение величины сетевой задержки относительно её предыдущего значения по формуле:

$$T_{d.T2MI}' = T_{d.T2MI-1} + / - \Delta_{PPS},$$

Где $T_{d.T2MI}'$ – некорректно рассчитанная/измеренная сетевая задержка потока T2-MI в данный момент времени.

Произведя расчёты с помощью программных средств MathCad для интервала времени 3600 с (один час) и с учётом погрешности СС не более 0,5 мкс величина измеренной (рассчитанной в данном случае) сетевой задержки отклонится максимум на 1,8 мс от номинального значения. Таким образом, за сутки отклонение составит порядка 43,2 мс, что уже может существенно влиять на работоспособность передающего оборудования стандарта DVB-T2 при его работе в режиме одночастотной сети. Такое смещение приведёт к возникновению пилообразной зависимости величины Network Delay особенно при измерении в течение длительного периода времени. При погрешности 1 PPS $\Delta PPS = \pm 1,0$ мкс за час максимальное отклонение может составить около 3,6 мс, а, следовательно, за сутки – 86,4 мс. Для удобства представления, результаты расчётов представлены в графическом виде на рис. 2.

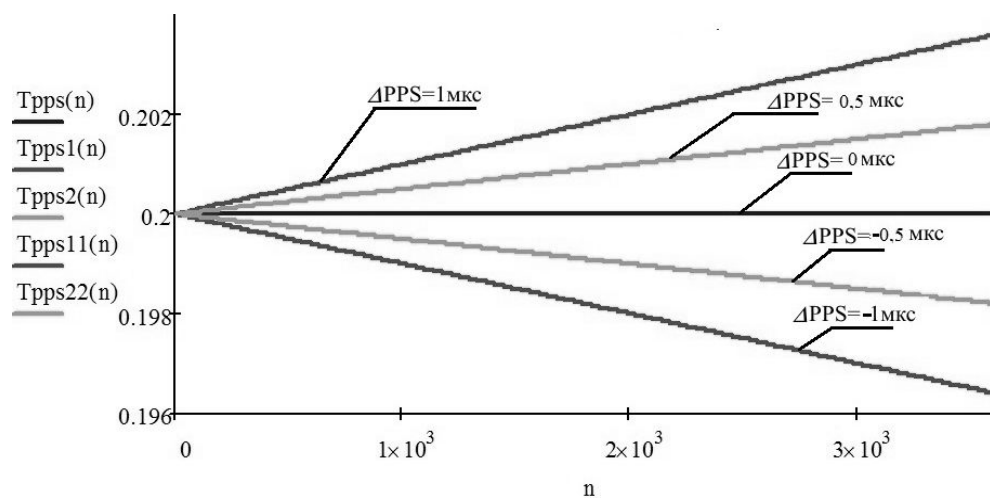


Рис. 2. График зависимости величины сетевой задержки, измеренной при различных погрешностях сигнала синхронизации ΔPPS , относительно условных секунд

Выводы

Любой формирователь радиосигнала стандарта DVB-T2 обладает определённой величиной задержки на обработку потока, заложенной в него производителем и имеющей фиксированное значение. Поскольку момент получения T2 суперкадра модулятором является величиной непостоянной и варьирующейся в зависимости от задержек в канале распространения, то во временном интервале между моментом получения и требуемым моментом излучения в эфир данного суперкадра должно укладываться время на обработку потока. Такая ситуация возможна при наличии стабильного СС, поступающего на формирователь, и грамотно подобранной величины Network Delay с учётом временного запаса на распространение сигнала по линиям связи. Однако, при нарушении синхронизации величина задержки, рассчитанной модулятором, будет изменяться с каждой секундой в сторону увеличения или уменьшения, что приведёт к её пилообразной зависимости от времени. Данная ситуация влечёт за собой изменение сетевой задержки до момента соизмеримости её со временем, необходимым модулятору на обработку

цифрового потока. В интервале времени, когда эти величины соизмеримы, либо когда сетевая задержка меньше, чем требуемое время обработки, излучение передатчика в эфир будет невозможно, так как для модулятора время, необходимое для формирования сигнала, будет отрицательным до тех пор, пока величина некорректно измеренной сетевой задержки не перейдет через условный «нуль». При достижении пика пилообразной зависимости излучение передатчика в режиме односторонней сети вновь станет возможным. Подобный процесс будет повторяться периодически в зависимости от величины погрешности приходящего сигнала синхронизации, в результате чего функционирование сети телевизионных передающих станций станет невозможным.

Список литературы

1. Официальный интернет-сайт производителя программного анализатора транспортных и T2-MI потоков «4T2 Content-Analyser» [Электронный ресурс] / Advanced Broadcast Components Ltd – дата обращения 01.12.2015. – Режим доступа : <http://www.4t2.eu/4T2SWManualContent-AnalyserEN2015.pdf>.

2. ETSI EN 302 755 V1.4.1. DVB; Framing structure, channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). Стандарт [Электронный ресурс]. – Введ. 07-2015. – France : European Telecommunications Standards Institute, 2015. – Дата обращения: 1.03.2017. – Режим доступа : http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302700_302799/302755/01.04.01_60/en_302755v010401p.pdf.

3. Кухарская, О.В. Физический смысл синхронизации в односторонних сетях ТВ-вещания // Электросвязь. 2016. №12. с. 59–63.

4. Recommendation ITU-R TF.1011-1. Systems, techniques and services for time and frequency transfer. Рекомендация Союза Электросвязи [Электронный ресурс]. – Введ. 1994. – Дата обращения 20.09.2017. – Режим доступа : http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/tf/R-REC-TF.1011-1-199710-I!!PDF-E.pdf.

УДК 656.224.052:625.42

Баранов Л.А., Максимов В.М., Российский университет транспорта (МИИТ), Москва

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПЕРЕВОЗОК И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ НА МОСКОВСКОМ МЕТРОПОЛИТЕНЕ

Изложены пути повышения энергоэффективности управления движением поездов метрополитена – выбор энергоэффективных режимов тяги при управлении движением поездов, энергоэффективное распределение времени хода по линии на времена хода по перегонам, внедрение рекуперативного торможения. Приведены данные об эффективности внедрения мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности, полученные на Московском метрополитене за 2007 – 2015 годы.

Ключевые слова: Энергоэффективность, управление движением поездов, рекуперативное торможение, метрополитен.

Baranov L.A., Maksimov V.M., Russian University of Transport (MIIT), Moscow

WAYS TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY OF TRANSPORTATION CONTROL AND THEIR IMPLEMENTATION IN THE MOSCOW METRO

The ways of improving energy efficiency of metro trains traffic control are outlined: selection of energy effective traction modes for train control, energy effective distribution of the overall line travel time between line sections' travel times, employing regenerative braking. Information is provided regarding the effectiveness of actions aimed at the improvement of energy efficiency. This information has been gathered at the Moscow Metro in 2007–2015.

Key words: Energy efficiency, train traffic control, regenerative braking, metro.

Введение

В стоимости произведенных услуг Московского метрополитена значительную часть (порядка 10 %) составляет оплата за электроэнергию. Расход электроэнергии на тягу доминирует в общем расходе энергии и достигает 80 %.

В условиях постоянного роста пассажиропотока, повышения скорости перевозки пассажиров, увеличении парности движения, ввода новых участков линий и нового подвижного состава на базе проведенных исследований МИИТ разработал и внедрил технологии, направленные на повышение энергоэффективности. Эти технологии используют результаты работ двух направлений.

Первое направление основано на строгом математическом решении следующих оптимизационных задач:

- выбор последовательности режимов управления движения поезда, обеспечивающих минимум расхода энергии на тягу при заданном времени хода по перегону, выполнении всех скоростных ограничений;
- распределение времени хода по линии на времена хода по перегонам таким образом, чтобы расход энергии, затрачиваемый на движение по линии, был минимален.

Решение первой задачи [1] базируется на принципе максимума в формулировке Милютина и Дубовицкого. Решение второй задачи [2] использует метод исследования на условный экстремум функции многих переменных.

Второе направление связано с использованием режима рекуперации на вводимом в эксплуатацию новом подвижном составе, имеющим тяговый привод на асинхронных двигателях. При внедрении режима рекуперации необходимо было провести исследования, отвечающие на следующие вопросы:

- обеспечивается ли бесперебойное функционирование системы безопасности движения при воздействии помех, генерируемых в режиме рекуперативного торможения;
- как влияют перенапряжение и помехи, возникающие при разрыве силовых цепей во время прохождения поездом неперекрываемых изолирующих промежутков контактного рельса в режиме рекуперативного торможения, на функционирование систем управления подвижного состава и безопасность движения;

– какова продольная динамика поезда при прохождении неперекрываемых изолируемых промежутков в режиме рекуперативного торможения;

– какая часть энергии, генерируемой поездами в режиме рекуперативного торможения, находит потребителя.

Ответ на поставленный вопрос был дан после проведения совместных исследований МИИТом, Научно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ) и Московским метрополитеном [3]. После чего началось широкое внедрение режима рекуперативного торможения на линиях Московского метрополитена.

Энергоэффективность выбора оптимальных режимов управления поездом и оптимального распределения времени хода по линии на времена хода по перегонам

МИИТом были разработано алгоритмическое и программное обеспечение, позволившее создать «Автоматизированную систему выбора энергооптимальных режимов управления электроподвижным составом метрополитена» (АСЭР).

Результаты расчетов АСЭР предназначены для последующего использования:

– Службой электроснабжения при расчетах часовых, суточных, месячных и годовых потребностей электроэнергии на тягу поездов;

– Службой подвижного состава для реализации энергооптимальных режимов вождения поездов для часов «пик» и в «непиковое» время;

– Службой движения при составлении графиков движения поездов с учетом энергооптимального распределения времени хода по линии на времена хода по перегонам.

Для оценки эффекта от внедрения оптимальных режимов еще в 2007 году для Серпуховско-Тимирязевской линии, где в это время эксплуатировались семивагонные составы с вагонами типа 81-717/714, выполнены расчеты в двух вариантах:

– расчет по режимам ведения, полученным с помощью регистратора параметров движения поездов (РПДП);

– энергооптимальный тяговый расчет для такого же времени хода по каждому перегону, полученного в АСЭР.

В результате расчета получено, что ведение по режимам, полученным с помощью программы АСЭР, может позволить снизить расход электроэнергии для одной поездки по линии на 6,09%.

Источником сокращения расхода электроэнергии на тягу является так же, реализованное расчетами в АСЭР, оптимальное распределение времени хода по линии на времена хода по перегонам. Так, например, на основании расчетов, выполненных для Серпуховско-Тимирязевской линии, показано, что переход в графике движения на энергооптимальные времена хода, полученные с помощью программы АСЭР, позволит снизить расход электроэнергии при движении поезда по линии в целом на 2,9 %.

Учитывая значительный эффект от использования энергооптимальных режимов ведения поездов, Службой подвижного состава Московского метрополитена было принято решение осуществить на всех линиях переход на энергооптимальные режимы, полученные с помощью АСЭР. Для этого для всех линий метрополитена с помощью АСЭР рассчитаны энергооптимальные режимы ведения по перегонам и энергооптимальное распределение времени хода по линии на времена хода по перегонам. Была проведена опытная проверка полученных расчетным путем режимов. Определена расчетная экономия по линиям метрополитена по сравнению с режимами ведения поездов при графиковых временах хода, реализуемых в текущем 2007 году. Расчетная экономия по линиям метрополитена составила 98,83 млн. руб.

Первые результаты по внедрению энергооптимальных режимов ведения поездов можно проследить, сравнивая годовой расход электроэнергии на тягу поездов и выполняемую тоннокилометровую работу метрополитена. Так в 2008 г., пока шли подготовительные работы, оба эти показателя по сравнению с 2007 г. изменялись практически пропорционально. Тоннокилометровая работа выросла на 5,36 %, а расход электроэнергии вырос на 5,77 %. Зато в 2009 г. эти показатели имели значения 3,96 % и 2,57 % соответственно. Следовательно, расход электроэнергии вырос менее чем в 1,5 раза по сравнению с ростом тоннокилометровой работы.

Энергоэффективность внедрения рекуперации

В 2009 г. на Филевской и Арбатско–Покровской линиях начинается опытная эксплуатация первых поездов с вагонами типа 81-740, 81-741 с тяговым приводом на асинхронных двигателях, позволяющим реализовать режим рекуперативного торможения.

Перед включением в эксплуатацию режима рекуперативного торможения были проведены исследования (МИИТ, ВНИИЖТ, Московский метрополитен), позволившие сделать следующие выводы [4]:

- тяговый привод при рекуперативном торможении обеспечивает устойчивую работу во всем диапазоне скоростей торможения, величины тормозных путей не превышают нормативных значений, токовые перегрузки в тормозной сети отсутствуют;

- перенапряжения от разрыва тока при прохождении токоразделов, не приводят к сбоям в работе оборудования поезда, амплитуда перенапряжения на электроподвижном составе не превышает 1400 В, длительность импульсов над уровнем 1050 В максимально составляет 43 мс, что не превышает величин, приведенных в нормах;

- включение режима рекуперативного торможения не приводит к изменению электромагнитной обстановки и не оказывает отрицательного влияния на функционирование систем обеспечения безопасности;

- расчетная оценка экономии энергии за счет межпоездного обмена в режиме рекуперации является случайной величиной, зависящей от многих факторов

(тип линии, интенсивность движения, график движения). Оценка среднего значения экономии энергии за счет межпоездного обмена по отношению к расходу энергии на тягу для различных линий Московского метрополитена находится в диапазоне от 10 до 30 %;

– продольные колебания в поезде, нарушающие условия комфорта и вызывающие жалобы пассажиров, возникали при прохождении поездом непрерываемых токоразделов в режиме рекуперативного торможения при скоростях ниже 30 км/час. Разработчиками привода был изменен алгоритм взаимодействия рекуперативного и реостатного тормозов – в этих условиях рекуперативный тормоз замещается реостатным и запрещается обратный переход.

Внедрение режима рекуперативного торможения на Филевской линии было начато в феврале 2010 г. Снижение энергопотребления на тягу поездов за 12 месяцев после внедрения режима рекуперативного торможения на Филевской линии составило 26,82 %.

Внедрение режима рекуперативного торможения на Арбатско-Покровской линии (АПЛ) было начато в сентябре 2010 г. Годовое потребление электроэнергии на тягу поездов после внедрения режима рекуперативного торможения в период с сентября 2011 г. по август 2012 г. составило 24,9 %.

На Бутовской линии после внедрения режима рекуперативного торможения в период с ноября 2010 г. по декабрь 2011 г. экономия составила 11,36 %.

Управление электроподвижным составом в условиях ограничения токов фидеров тяговых подстанций

В 2012 г на Калининской линии в связи с вводом в эксплуатацию составов с вагонами типа 81-760/761 с тяговым приводом на асинхронных двигателях, и при увеличении парности движения поездов в часы пик возникли систематические отключения фидеров тяговых подстанций из-за перегрузки. Отключения фидеров происходили чаще всего на длинных перегонах с повторным подключением тяги. На таких перегонах на одной фидерной зоне в тяговом режиме оказывались сразу два состава, и токи фидеров превышали допустимые значения. Потребовалось сделать выбор квазиоптимальных режимов с ограничением максимального тока не менее чем на 25 %.

Рассматривались несколько вариантов достижения такого результата. Например, использовать в тяговом режиме при пуске только режим Ход 2 и Ход 1. Однако при этом максимальное тяговое усилие сократится на 25 %. Самым эффективным предложением является использование режима Ход 4 в начале перегона до скорости 30÷35 км/час, а далее следует продолжить разгон в режиме Ход 2. Будем обозначать его режим Ход 4 + Ход 2.

Предложенный режим Ход 4 + Ход 2 для управления поездом с вагонами типа 81-760/761, учитывающий ограничения по системе энергоснабжения, приводит к незначительному возрастанию расхода электроэнергии по сравнению с пуском в режиме Ход 4. Сравнительные расчеты показывают, что ограниченное использование тягового режима Ход 4 только при скоростях ниже 30÷35 км/час

приводит к увеличению расхода менее чем на 1,4 % . Причем полный отказ от использования режимов Ход 4 и пуск поезда только в режиме Ход 2 приводит к увеличению расхода электроэнергии ещё на 7 %.

Итоговый анализ результатов внедрения энергоэффективных технологий на Московском метрополитене

Показателем оценки результатов внедрения энергоэффективных технологий на Московском метрополитене является динамика прироста тоннокилометровой работы и соответствующий ей прирост расхода электроэнергии на тягу. Если прирост тоннокилометровой работы превышает прирост расхода электроэнергии на тягу поездов, то результаты внедрения энергосберегающих технологий положительны. Результирующим критерием оценки можно выбрать – удельный расход электроэнергии на тягу $\left(\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т} \cdot \text{км}}\right)$.

На рисунке представлены графики прироста в процентах тоннокилометровой работы, расхода электроэнергии и удельного расхода электроэнергии по отношению к этим показателям в 2007 г. Из графиков видно, что начиная с 2011 г. заметно растет тоннокилометровая работа. Это обусловлено ростом пассажиропотока, увеличением парности движения поездов, увеличением количества вагонов в составах на ряде линиях, вводом в эксплуатацию новых участков линий метрополитена.

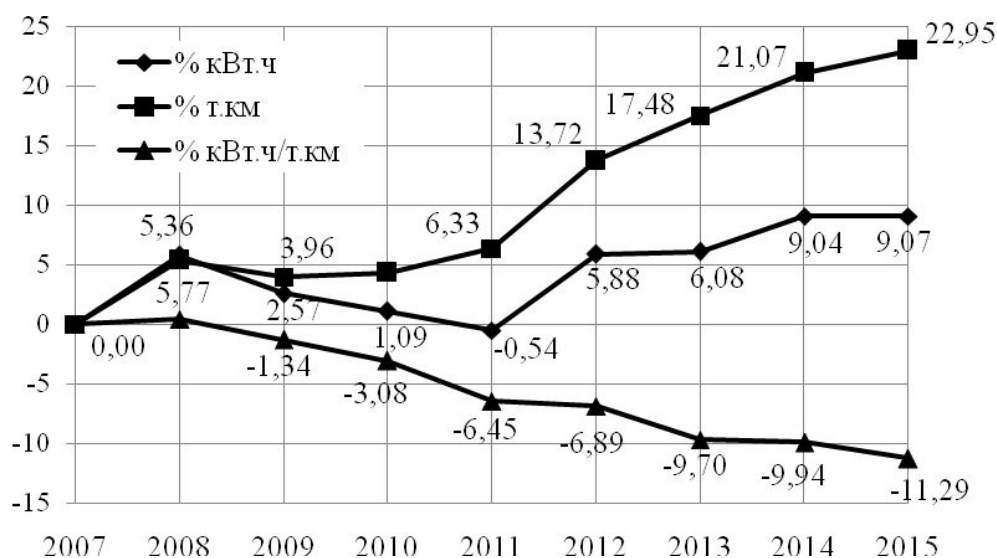


Рисунок. Прирост в процентах по отношению к 2007 г. тоннокилометровой работы, расхода и удельного расхода электроэнергии

К 2015 г. тоннокилометровая работа выросла на 22,95 %. За этот же период расход электроэнергии возрос лишь на 9,07 %.

Соотношение изменений тоннокилометровой работы и расхода электроэнергии удобно характеризует прирост приращения удельного расхода электроэнергии по сравнению с 2007 г. Из графика видно, что этот показатель уменьшился до 11,29 % к 2015 г.

Список литературы

1. Микропроцессорные системы автоведения электроподвижного состава / Л.А. Баранов, Я.М. Головичер, Е.В. Ерофеев, В.М. Максимов; под ред. Л.А. Баранова. – М. : Транспорт, 1990. – 272 с.
2. Баранов, Л.А., Ерофеев, Е.В., Мелешин, И.С., Гинь, Л.М. Оптимизация управления движением поездов / Под редакцией Л.А. Баранова. – М.: МИИТ, 2011. – 164 с.
3. Гаев, Д.В., Ершов, А.В., Баранов, Л.А., Гречишников, В.А., Шевлюгин, М.В. Внедрение энергосберегающих технологий, ж. «Мир транспорта» № 3, 2010 г., стр. 3–10.

УДК 004.94:681.3:656.2

Меркулов А.В., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗОГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ В АЛГОРИТМАХ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКОВ

В статье обозначены особенности применения сплайнов при прокладке траекторий верхнего строения пути и в процессе движения по ним объектов, и включает ряд дополнительных результатов и исследований, связанных с подготовкой исходных данных и оптимизацией процессов, необходимых для разработки симулятора. Разработанные алгоритмы и программы могут быть применены в имитационных моделях различных отраслей, а также могут быть полезны для практических и научных исследований.

Ключевые слова: имитационная модель, сплайн, кривая Безье, интерполяция, аппроксимация, алгоритм де Кастельжо, сплайн Катмулл-Рома.

Merkulov A.V. Far eastern state transportation university, Khabarovsk, Russia

THE USE OF ISOGEOMETRICAL INTERPOLATION METHODS IN ALGORITHMS OF A RAILWAY SECTION MODELS

In article features of application of splines in case of a spacer of paths of the upper structure of a way and in the course of trains movement on them objects, and includes a number of the additional results and researches connected with preparation of basic data and optimization of the processes necessary for development of the simulator are explained. The developed algorithms and programs can be applied in simulation models of different branches, and they can be useful to practical and scientific researches.

Key words: imitating model, spline, Bezier curve, interpolation, approximation, de Casteljo's algorithm, Katmull-Rohm's spline.

В условиях учебных лабораторий ДВГУПС разработан и постоянно совершенствуется комплекс, который предназначен для обучения дежурных по станциям и поездных диспетчеров, отработки технологических процессов и экс-

платационных задач на тренажерах [2–6]. Способность любого симулятора адекватно отобразить имитационный процесс, визуализировать объекты и обстановку модели в виртуальном трехмерном пространстве в значительной степени стимулирует интерес и повышает мотивацию к обучению на тренажерах. Однако попытки визуализировать весь процесс движения поездов в модели реального участка потребовали таких вычислительных ресурсов, что вывели подсистему непрерывного моделирования за пределы масштаба реального времени. Это обусловлено сложным математическим аппаратом вычислений положения подвижных объектов и огромным массивом данных, связанных с траекторией движения и сцепки вагонов в составе. Возникла необходимость значительно снижать объем исходных данных, затраты времени на этапе проектирования модели и обеспечить высокую производительность на этапе её реализации. Для моделирования реального железнодорожного участка, имеющего достаточно большую протяженность, возникла задача построения сложных кривых с сохранением их формы по ограниченному набору дискретных данных. Решение этой задачи сводится к отысканию алгоритмов, способных воспроизводить кривые участки пути, исходя из координат точек, лежащих на нём [1]. Выбор сплайнов Безье обуславливается интуитивным представлением кривой по опорным точкам. Описание железнодорожного пути с помощью сплайнов и отказ от явного и неявного задания кусочно-гладких кривых имеет свои обоснования: при явном задании невозможно точно описать замкнутые кривые, что вынуждает производить большие вычислительные операции; при неявном задании возможно получение неоднозначного решения уравнения, описывающего данную кривую.

Кривая Безье – параметрическая кривая определяемая формулой 1:

$$B(t) = \sum_{i=0}^n P_i b_{i,n}(t), \quad 0 \leq t \leq 1, \quad (1)$$

где P_i – функция компонент векторов опорных точек кривой; $b_{i,n}(t)$ – базисные функции кривой Безье, называемые также полиномами Бернштейна.

$$b_{i,n}(t) = \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i}, \quad (2)$$

$$\binom{n}{i} = \frac{n!}{i!(n-i)!}$$

где $\binom{n}{i}$ – число сочетаний из n по i ,
где n – степень полинома; i – порядковый номер опорной точки.

Кривая Безье третьего порядка (кубическая кривая Безье) описывается выражением:

$$B(t) = (1-t)^3 P_0 + 3t(1-t)^2 P_1 + 3t^2(1-t) P_2 + t^3 P_3, \quad t \in [0,1] \quad (3)$$

Кривая Безье шестого порядка определяется выражением:

$$B(t) = (1-t)^6 P_0 + 6t(1-t)^5 P_1 + 15t^2(1-t)^4 P_2 + 20t^3(1-t)^3 P_3 + \dots \quad (4)$$

Выражение, определяющее кривую Безье шестого порядка, довольно громоздко, а работа с ним достаточно сложна, тем не менее, оно позволяет описывать сложную кривую всего одним уравнением. Кубические сплайны Безье (кривые третьего порядка) строятся на основе трех линейных кривых Безье или двух квадратичных. Использовать кривые Безье высшего порядка не имеет смысла ввиду многочисленных сложностей, возникающих при работе с ними. Для моделирования протяженных кривых, в частности перегонов, в симуляторе применены сплайны, состоящие из сегментов кривых Безье. Оси верхнего строения пути построены сегментами кубических кривых Безье 3-го порядка. Для обеспечения достаточной гладкости в местах соединения сегментированного сплайна необходимо и достаточно, чтобы исходящий вектор и вектор, входящий в точку соединения от соседних опорных точек, лежали на одной прямой (рис 1, а). Моделирование железнодорожного участка сплайнами не составляет больших трудностей при условии, что известны опорные точки параметрической кривой (рис 1, б).



Рис. 1. Кубические сплайны Безье: сегментированный сплайн (а); моделирование участка сплайнами по топографическим данным (б)

Однако, для моделирования движения по сплайну возникает ряд трудностей. Поиск точек на кривой через заданный интервал времени t разбивает сплайн на отрезки не равной длины: на кривых участках сплайна вычисляется большее количество точек, чем на прямых. Это приводит к тому, что при движении модели вагона по рассчитанным точкам кривой возникнет эффект «убегания» колесных пар или «растягивания» вагона.

Любую спрямляемую кривую можно разбить на сегменты заданной длины (при условии, что сумма длин сегментов равна длине кривой). Однако получить явное выражение в элементарных функциях здесь не получится (задача сводится к вычислению эллиптических интегралов – необходимо рассчитать приращения расстояния и занести на каждом шаге результат интегрирования в мас-

сив), а множество вычислений не позволяет интегрировать со сколь угодно малым приращением, поэтому надо найти методы, исключаяющие интегрирование.

Выбор алгоритма расчета проводился на основе результатов исследования нескольких методов интерполяции кривых.

Аппроксимация методом «радиус-векторов». Если построить окружность с центром в первой опорной точке и провести радиус-вектор в точку пересечения дуги с кривой, а затем продолжать данный алгоритм, используя полученную точку в качестве нового центра окружности, можно получить кривую, сглаженную прямыми отрезками равной длины (рис. 2, а). При этом можно довольно легко изменять желаемую длину прямых отрезков. Однако конец радиус-вектора может не совпасть с рассчитанной точкой из уравнения кривой. В таком случае, программа не сможет построить отрезок исходя из заданных условий. Применение такого метода требует дополнительных условий и вычислений, а уменьшение интервала расчёта точек методом перебора параметра, так же, как и уменьшение длины радиус-вектора не гарантирует получения требуемого результата.

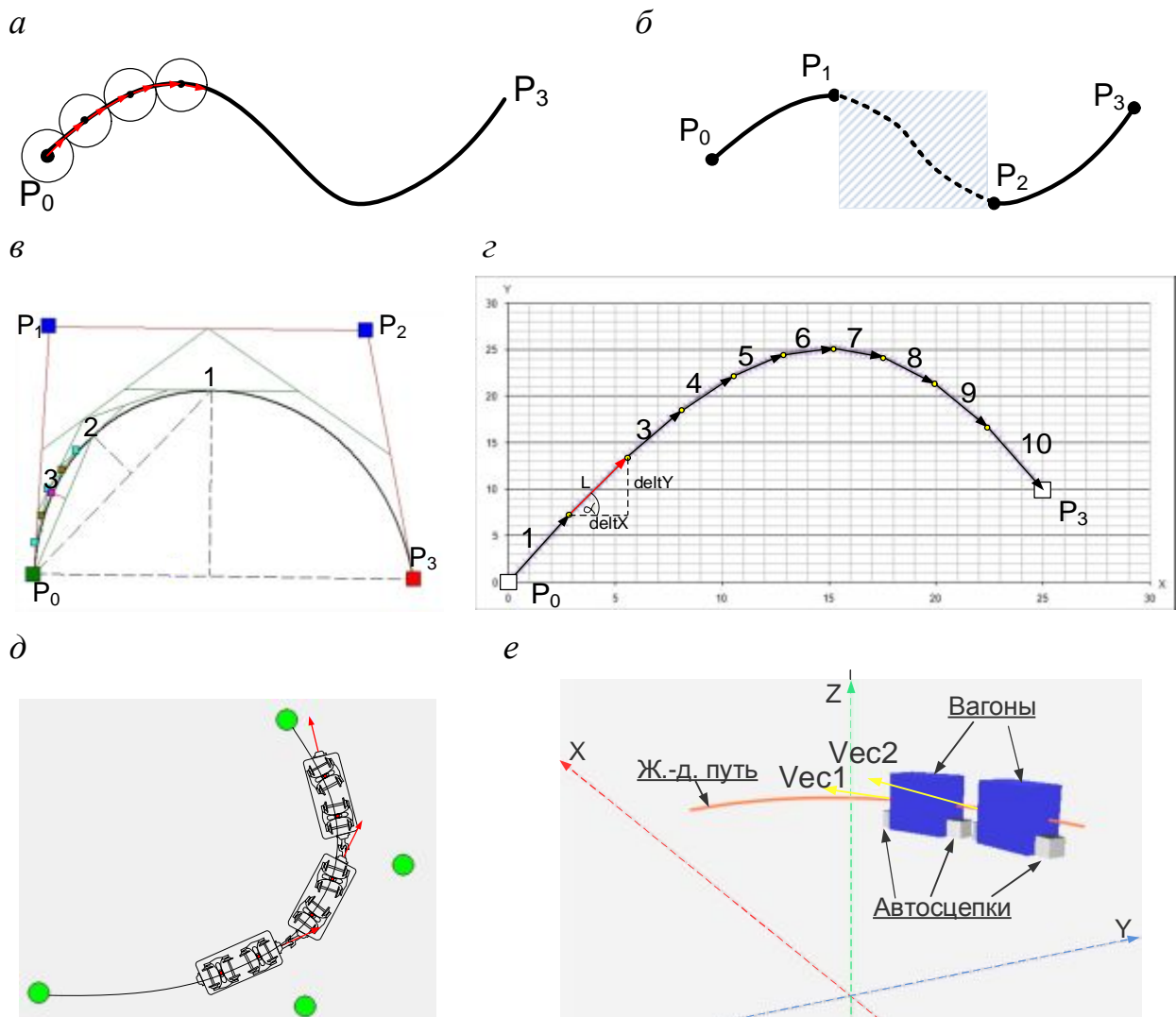


Рис 2. Методы интерполяции сплайнов: аппроксимация радиус-вектором (а); сплайн Катмулл-Рома (б); представление алгоритма де Кастельжо (в); метод векторов направлений (г) и реализация его в модели движения поезда (д) и в трехмерном симуляторе (е)

Применение алгоритма де Кастельжо. Де Кастельжо разработал алгоритм деления кривых Безье, суть которого заключается в отыскании точки на кривой, в которой данный сплайн будет разбит на два сплайна того же порядка, что и исходный. Положение этой точки будет зависеть от параметра t . Повторять алгоритм необходимо до тех пор, пока кривая не будет разбита на прямые сегменты, соединяющие полученные точки, с достаточной точностью: когда перпендикуляр, опущенный от середины сегмента кривой до отрезка, соединяющего точки, полученные по методу де Кастельжо, будет не больше заданного значения. Для отыскания точки на кривой Безье 3-го порядка, необходимо произвести как минимум шесть вычислений. Те же самые операции необходимо повторить для каждой следующей точки. Применение рекурсии в алгоритме де Кастельжо значительно упрощает текст программы и позволяет регулировать количество точек-маркеров на кривой посредством определения лишь глубины рекурсии. Рекурсивный алгоритм, который вычисляет точки на кривой до тех пор, пока не будет обеспечена заданная точность, не упорядочивает их, например, по возрастанию параметра t (рис 2, в). Поэтому после нахождения всех координат точек необходимо воспользоваться алгоритмом сортировки.

Аппроксимация сплайнами Катмулл-Рома. При решении задачи аппроксимации кривых Безье, следует обратить внимание на метод аппроксимации сплайнами. Казалось бы, зачем моделировать кривые сплайнами, а затем аппроксимировать их теми же сплайнами. Дело в том, что все сплайны достаточно хороши при различных условиях применения и систематического подхода к выбору того или иного сплайна нет. Как уже упоминалось, сплайны Безье были выбраны в силу их способности давать разработчику интуитивное представление о виде кривой по расположению опорных точек. Таким свойством не обладают сплайны Катмулл-Рома, однако они позволяют применять их при аппроксимации. Сплайны Катмулл-Рома представляют собой интерполяционный сплайн, который задается четырьмя опорными точками. Особенностью такого сплайна является прохождение его через все опорные точки. Сплайны Катмулл-Рома определяются по формуле 5.

$$CR(t) = 1/2(-t(1-t)^2 P_{10} + (2 - 5t^2 + 3t^3) P_{11} + \dots) \quad (5)$$

В общем случае, аппроксимация сплайном Катмулл-Рома заключается в разбиении исходной кривой на сегменты, которые заменяются сплайнами Катмулл-Рома. Имея четыре опорные точки, аппроксимации подвергается участок между двумя точками, находящимися «посередине» (рис. 2, б).

Чтобы спрямить весь сплайн Безье сплайном Катмулл-Рома необходимо

иметь достаточно большой набор заранее определенных опорных точек, а затем смещаться всякий раз, когда промежуточный сплайн был построен. При всей элегантности данного метода, у него есть существенный недостаток. Заключается он в параметре t . Во-первых, мы не избавляемся от параметра t вовсе, т. е. не получится получить на сплайне равные отрезки по длине, а не по параметру t . Кроме того, мы получаем свой параметр t' меняющийся в пределах от нуля до единицы для каждого сплайна Катмулл-Рома. Эти недостатки не позволяют использовать сплайны Катмулл-Рома как эффективный и удобный инструмент аппроксимации кривых Безье.

Формирование векторов направлений. Суть данного алгоритма заключается в отыскании и построении на кривой векторов, начало и конец которых, совпадают с точками на кривой Безье (рис. 2, z). Для построения векторов в количестве N , достаточно лишь знать координаты точек на кривой Безье в количестве $N+1$. Используя простые математические формулы достаточно просто найти приращение координат по оси X – ΔX и по оси Y – ΔY , длину вектора – L и угол его наклона α . Этот метод не избавляет от разной длины полученных векторов. Разделение каждого вектора на десять равных отрезков не даст сто равных между собой элементов. Это позволяет считать, что данный метод ничем не отличается от метода аппроксимации с использованием алгоритма де Кастельжо. Однако данный метод имеет отличительное достоинство. Используя длину векторов и угол их наклона, можно использовать их, в качестве направления для движения точек по сплайну (тележек и вагонов – рис. 2, z , d) и отказаться от аппроксимации кривой отрезками равной длины. Если учесть, что кривых, для описания железнодорожного участка будет большое количество, то очевидно, что описать, к примеру, двадцать кривых десятью векторами будет недостаточно. Тогда возникает задача разбивать каждую кривую, или сегмент сплайна, на десять векторов. Решение данной задачи влечет за собой возникновение лишь единственного обстоятельства, которого необходимо учесть. Этим обстоятельством является нумерация векторов, а при организации движения по рассчитанным векторам необходимо, чтобы переход определенной движущейся точки с вектора на вектор был незаметен, а плавность движения, вместе с тем, была сохранена.

Список литературы

1. Квасов, Б.И. Методы изометрической аппроксимации сплайнами / Б.И. Квасов. – М. : Физматлит, 2006. – 360 с.
2. Меркулов, А.В. Программно-аппаратный комплекс для учебно-тренировочного центра // Автоматика, связь, информатика. – 2002. – № 7. – С. 21–22.
3. Меркулов, А.В. Имитационное моделирование работы станции // монография. – Хабаровск : ДВГУПС, 2012. – 186 с.
4. Меркулов, А.В. Модульный конструктор имитационной модели железнодорожного участка / А.В. Меркулов // Труды Всероссийской научно-практической конференции творческой молодёжи с международным участием «Научно-техническое и социально-экономи-

ческое сотрудничество стран АТР в XXI веке» (18–21 апреля 2017 г.). – Хабаровск : ДВГУПС, 2017. – С. 194–199.

5. Меркулов, А.В. Некоторые аспекты имитационного моделирования работы станции / А.В. Меркулов, А.И. Годяев // Вестник тихоокеанского государственного университета. – 2015. – № 4(39). – С. 109–116.

6. Меркулов, А.В. Трехмерная визуализация и автоматизация проектирования виртуальной среды тренажера – симулятора участка железной дороги / А.В. Меркулов, А.И. Годяев // Материалы 1 Международной научно-практической конференции «Инновации в системах обеспечения движения поездов 19–20 мая 2016 г. – СамГУПС. – 2016, Самара

УДК 656.342:625.42

Малинин О.В., Щелухин А.С., Милейковский Д.И., АО «НИИП им. В.В. Тихомирова», Жуковский

АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПРИЦЕЛЬНОЙ ОСТАНОВКИ СОСТАВОВ МЕТРОПОЛИТЕНА И КОНТРОЛЬ ОСТАНОВКИ СОСТАВА НА СТАНЦИИ

Представлено описание и принципы действия следующих автоматических режимов:

- прицельная остановка состава на станции;
- контроль остановки состава в пределах станции;
- блокировка дверей состава со стороны, противоположной платформе, и вне зоны платформы.

Ключевые слова: автоматические режимы управления, поезд метрополитена, путевой датчик.

Malinin, O.V., Shelukhin A.S., Mileikovskiy D.I., JSC «NIP them. Vladimir Tikhomirov», Zhukovskiy

THE AUTOMATIC MODE PRECISE STOP OF THE SUBWAY TRAINS AND STOP THE TRAIN AT THE STATION

The principles of the following automatic modes:

- precise stop of the train at the station;
- control stop within the station;
- lock the door on the side opposite the platform, and outside platform.

Key words: automatic control modes, train subway, track sensor.

Введение

Важное место в развитии метрополитена занимают разработка и внедрение системы автоматизированного управления движением поездов, позволяющей

повысить точность и интенсивность движения, освободить машиниста от большого числа однообразных операций по управлению поездом и сократить эксплуатационные расходы. Системы автоматизированного управления увязаны с системой регулирования скорости, на которую возложены функции обеспечения безопасности движения.

Системы автоматизированного управления движением поездов метрополитена обеспечивают отправление состава со станции, соблюдение режимов ведения поезда по перегону с целью выполнения заданного времени хода, снижение скорости по требованию ограничений, прицельное торможение на станции у знака «Остановка первого вагона».

Первая система автоматизированного управления движением поездов на отечественном метрополитене появилась в 1962 году. Точность выполнения заданного графика движения составляла ± 5 с, точность остановки поезда на станции $\pm 2,5$ м. В Европе и Америке системы автоматизированного управления начали появляться в 50–60-х годах 20-го века. Программы торможения в этих системах располагались в путевых устройствах, таких как пассивные датчики, шлейфы, точечные индуктивные датчики.

Развитие современной микропроцессорной техники позволяет реализовать новые решения при создании систем автоматизированного управления движением поездов.

Описание автоматических режимов прицельной остановки составов метрополитена

Автоматические режимы прицельной остановки составов метрополитена предназначены для обеспечения:

- прицельной остановки состава у знака «Остановка первого вагона» с точностью $\pm 0,3$ м (режим ПРОСТ);
- контроля остановки состава в пределах станции (режим КОС);
- блокировки дверей состава со стороны, противоположной платформе;
- блокировки всех дверей состава при остановке вне зоны платформы.

Автоматические режимы прицельной остановки составов из вагонов моделей 81-740.4/741.4, 81-760/761 и их модификаций, укомплектованных системой СОМ (система определения местоположения состава), состоят из модернизированного программного обеспечения поездной системы управления и путевых датчиков прицельной остановки (пассивных датчиков определения местоположения состава).

Система СОМ осуществляет:

- электромагнитное облучение путевых датчиков с помощью антенны, которая расположена под головным вагоном;
- прием данных с путевых датчиков;
- проверку достоверности полученной информации от путевых датчиков;
- передачу обработанной информации в блок управления поездом;

– определение и устранение возможных неисправностей в работе системы определения местоположения состава.

Путевые датчики содержат информацию для обеспечения автоматических режимов прицельной остановки состава на станции, и передают ее в момент проезда головного вагона поезда над ними. Путевые датчики содержат следующую информацию:

- порядковый номер путевого датчика;
- тип путевого датчика;
- номер станции;
- номер линии;
- расстояние от путевого датчика до знака «Остановка первого вагона».

Проверка принятой информации от путевых датчиков, обнаружение случайных битовых ошибок и восстановление информационных битов с исправлением возможных ошибок реализуется с помощью восстанавливающего кода Голея. При этом одновременно с информационными битами передаются и проверочные биты. При получении данных поездными устройствами информация декодируется, проверяется на истинность и при обнаружении ошибок восстанавливается.

Передача информации от датчиков в поездную систему выполняется в соответствии с международным стандартом ISO 18000-6B (метод радиочастотной идентификации RFID).

Путевые датчики прицельной остановки располагаются на рельсовом пути, имеют герметичную конструкцию, не требуют электропитания и технического обслуживания в процессе эксплуатации.

Первый датчик прицельной остановки (типа ТПС1) на данном пути прибытия на станцию располагается на расстоянии $S1=280\pm 20$ м от знака «ОПВ» и предназначен для включения режимов прицельной остановки. Скорость поезда состава над датчиком ТПС не должна превышать 80 км/ч, что обеспечивает гарантированную остановку состава на станции в пределах платформы.

Второй датчик прицельной остановки (типа ТПС2) на данном пути прибытия на станцию располагается на расстоянии $S2=10\pm 1$ м от метки ТПС1 (ближе к знаку «ОПВ») и предназначен для резервирования включения режимов прицельной остановки.

Третий датчик прицельной остановки (типа ТНС) на данном пути прибытия на станцию располагается на расстоянии $S3=52,0\pm 0,5$ м от знака «ОПВ» и предназначен для корректировки определения местоположения и контроля скорости движения состава.

Четвертый датчик прицельной остановки (типа ВПО) на данном пути прибытия на станцию располагается на расстоянии $S3=12,0\pm 0,5$ м от знака «ОПВ» и предназначен для точного (погрешность $\delta=0,10$ м) определения местоположения поезда и обеспечения остановки до знака «ОПВ» с заданной точностью.

Принцип действия режима прицельной остановки

Автоматический режим прицельной остановки состава обеспечивает динамичное и комфортное торможение (время выполнения остановки на станции $T_{\text{ост}} = 21 \pm 4$ с) с минимальным переключением режимов (Выбег/Тормоз) и уставок (задаваемые тормозные усилия) управления.

Режим ПРОСТ включается автоматически при проезде головного вагона над путевым датчиком прицельной остановки.

Алгоритм прицельной остановки производит необходимые расчеты и формирует параметры для торможения состава к датчику ВПО до определенной скорости.

В качестве входных данных в алгоритме используются фактическая скорость состава и число импульсов от датчика вращения колесной пары головного вагона, положение контроллера машиниста, данные от устройства СОМ касательно путевых датчиков прицельной остановки, усредненное замедление состава на каждой из уставок торможения и на выбеге.

Часть алгоритма, обрабатывающая этот этап прицельной остановки, обеспечивает типизацию (адаптацию) управления поездом на последнем этапе торможения до полной остановки у знака «ОПВ» (после проезда датчика ВПО).

Тормозные усилия на одной и той же уставке торможения от состава к составу варьируются, более того, на одном составе они также непостоянны (зависят от скорости начала торможения, загрузки вагонов и от напряжения в контактном рельсе). Было принято решение включить в алгоритм адаптацию значений замедлений для каждого состава при выполнении остановки.

Число импульсов от датчика вращения колеса за один полный оборот колесной пары фиксировано, и зависит от модели редуктора, установленного на вагоне.

В каждом такте работы системы ($\nu = 10$ Гц) производится подсчет расстояния, оставшегося от переднего габарита кузова головного вагона до датчика ВПО. В зависимости от этого расстояния определяется замедление, которое необходимо придать составу для обеспечения проезда датчика ВПО с требуемой скоростью. В соответствии со значением рассчитанного замедления происходит выбор режима работы тягового привода (тормозного усилия) состава.

На втором этапе выполнения прицельной остановки состава (после проезда головного вагона над датчиком ВПО и корректировки местоположения), местоположение поезда на пути прибытия определяется подсчетом расстояния от переднего габарита кузова головного вагона до знака «ОПВ».

В зависимости от этого расстояния и фактической скорости движения состава осуществляется выбор оптимального момента включения режима «Тормоз 3» (штатное торможение с максимальным усилием) для полной остановки состава.

Принцип действия режима контроля остановки состава в пределах станции

Режим КОС производит контроль замедления состава как при остановке в автоматическом режиме ПРОСТ, так и в ручном режиме машинистом на стан-

ции, после проезда головного вагона над путевым датчиком прицельной остановки.

В каждом такте работы системы ($\nu = 10$ Гц) производится подсчет расстояния, оставшегося от переднего габарита кузова головного вагона до знака «Остановка первого вагона». В зависимости от этого расстояния определяется замедление, которое необходимо придать составу для обеспечения не проезда станции (остановки в ее габаритах).

Если действия машиниста при ручном управлении или режим ПРОСТ при торможении состава на станции не обеспечивают необходимого замедления для остановки состава в пределах станции, то происходит включение тормозного режима «Тормоз 3», который обеспечивает максимальное тормозное усилие, не влияющее на комфорт пассажиров.

Режим КОС не допускает проезда знака «Остановка первого вагона» более чем на 5 метров при остановке на станции в ручном режиме машинистом или при работе режима ПРОСТ. Таким образом, не возникает препятствий для открытия дверей головного вагона со стороны платформы и высадке/посадке пассажиров.

Принцип действия режима блокировки дверей состава

Режим блокировки открытия дверей со стороны, противоположной платформе, осуществляет контроль расположения платформы на станции прибытия после проезда головного вагона над путевым датчиком прицельной остановки.

Режим осуществляет блокировку открытия дверей состава со стороны, противоположной платформе после остановки состава на станции в автоматических режимах ПРОСТ, КОС или в ручном режиме машинистом.

Режим блокировки открытия дверей при остановке вне зоны платформы осуществляет блокировку открытия всех дверей состава в случае остановки состава вне зоны платформы станции – на перегоне, в тупиках или на станции с погрешностью более $\pm 3,0$ м относительно знака «Остановка первого вагона».

Заключение

Внедрение автоматических режимов прицельной остановки состава освобождает машиниста от большого числа однообразных операций по управлению поездом, позволяет машинисту сконцентрировать внимание на обеспечении безопасности движения.

Автоматические режимы прицельной остановки устраняют влияние человеческого фактора на безопасность перевозки пассажиров (например, блокирование открытия дверей со стороны противоположной платформе станции или вне зоны платформы), обеспечивают комфортное для пассажиров торможение с минимальным переключением режимов движения.

Список литературы

1. Баранов, Л.А. Оптимизация управления движением поездов. – М. : МИИТ, 2011. – 164 с.

2. Легостаев, Е.А., Исаев, И.П., Ковальский, А.Н. Автоматизация управления движением поездов на метрополитенах. – М. : Транспорт, 1976. – 96 с.

3. Махмутов, К.М. Устройства интервального регулирования движения поездов на метрополитене. – М. : Транспорт, 1986. – 351 с.

4. Кларк, Дж., Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи. – М. : Радио и связь, 1987. – 392 с.

УДК 629.424.3.05:621.436

Монахов О.И., Российский университет транспорта (МИИТ), Москва

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГООПТИМАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ СЕКЦИОННОЙ ТЯГОЙ МНОГОСЕКЦИОННЫХ ТЕПЛОВЗОВ

В работе приведена постановка задачи управления секционной тягой многосекционных тепловозов из условия минимума расхода топлива. Описан алгоритм решения задачи с использованием методов НЛП. Результаты расчётов режимов работы параллельно работающих дизелей многосекционного тепловоза свидетельствуют об экономии топлива для большинства позиций контроллера и различного числа секций.

Ключевые слова: алгоритмы управления, методы оптимизации НЛП, моделирование, многосекционные тепловозы.

Monahov O.I., Russian University of Transport (MIIT), Moscow

DEVELOPMENT OF ENERGOPTIMAL ALGORITHMS FOR CONTROLLING SECTIONAL THROWS OF MULTI-SECTION THERMAL VEHICLES

The paper presents the formulation of the task of controlling the sectional traction of multisectional diesel locomotives from the condition of a minimum fuel consumption. An algorithm for solving the problem using NLP methods is described. The results of calculations of the operating modes of parallel diesel locomotives multisection diesel locomotive indicate fuel economy for most positions of the controller and a different number of sections.

Key words: control algorithms, NLP optimization methods, modeling, multisectional locomotives.

Введение

Одним из путей экономии электроэнергии и дизельного топлива для ведения локомотивов на железной дороге является совершенствование режимов ведения поезда при установленных ограничениях на скорость и безусловном со-

блюдении графика движения. Такая задача является чрезвычайно трудной и обусловлена многообразием факторов, влияющих на выбор машинистом режима управления локомотивом: вес поезда, нагрузка на ось, техническое состояние дизеля, определяющее его тяговые и теплотехнические характеристики, профиль пути, ограничения скорости, расписание движения и др.

Разнообразие вышеперечисленных факторов машинисту учесть непросто, тем более что помимо управления поездом, он следит за показаниями приборов локомотива, сигналами светофоров, поддерживает связь с диспетчером и др. На фоне вышеперечисленных факторов экономия машинистом топливно-энергетических ресурсов является чрезвычайно трудной задачей.

Существующие методы разработки рациональных режимов ведения поездов, связанные с опытными поездками и являющиеся обобщением опыта машинистов-инструкторов, не являются совершенными по причине отсутствия информации об оптимальности управления. Кроме того, часто меняющийся характер движения, связанный с ограничениями по скорости из-за ремонтов путей, числом вагонов поезда, расписанием движения, требует накопления значительного опыта поездок, позволяющего выработать рациональные режимы ведения поездов.

В связи с вышеизложенным, в данной работе ставится задача создания расчётной методики разработки энергооптимальных режимов ведения поездов с применением бортовых компьютеров.

Постановка задачи

Задача оптимального управления сводится к поиску таких комбинаций позиций i контроллера для каждой j -ой секции многосекционного тепловоза, при которых достигается минимум потребления дизельного топлива и обеспечивается соответствующая мощность $N_{e_{зад}}^k$, определяемая k -ым режимом работы m дизелей многосекционного тепловоза с определённой точностью $\Delta N_{e_{зад}}^k$:

$$\min \left(\sum_{j=1}^{m_1} \sum_{i=1}^{n_{\max}} N_{e_{ij}} g_{e_{ij}} t_{ij} + \sum_{j=1}^{m_2} N_{e_{xj}} g_{e_{xj}} t_{xj} \right)$$

$$\text{при } N_{e_{зад}}^k \leq \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_{\max}} N_{e_{ij}} \leq N_{e_{зад}}^k + \Delta N_{e_{зад}}^k, \quad (1)$$

где $N_{e_{ij}} > 0, j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n_{\max}}, m_1 + m_2 = m,$

где $N_{e_{ij}}$ – мощность на i -той позиции контроллера j -той секции многосекционного тепловоза; $g_{e_{ij}}$ – удельный расход топлива на i -той позиции контроллера j -той секции тепловоза; m_1, m_2 – число секций, работающих в режимах тяги и на холостом ходу соответственно.

Поставленная задача решается на основе методов математического моделирования и нелинейного программирования.

Алгоритм решения задачи

По существу сформулированная выше задача классифицируется как задача условной оптимизации: найти минимум критерия оптимальности при ограничениях, наложенных на независимые переменные [1–3]. Поскольку решение поставленной задачи в аналитической форме громоздко, поиск рациональных режимов ведения поезда многосекционным локомотивом осуществляется на ЭВМ с использованием численных методов оптимизации.

В данной работе в качестве независимых переменных выбираются мощности дизеля $N_{e_{ij}}$, которые могут меняться от мощности холостого хода до максимальной, принимая ряд дискретных значений. Кроме того, необходимо учитывать параллельную работу дизелей разнотипных секций, для каждого из которых ряд дискретных значений мощностей и удельного расхода топлива может быть различным.

Решение поставленной задачи осуществляется путем подбора соответствующих мощностей отдельных секций, обеспечивающих значение заданной мощности многосекционного тепловоза в соответствии с назначением машинистом числа работающих секций и соответствующих номеров позиций контроллера каждой из них. Подбор этот осуществляется в соответствии с выбранным алгоритмом оптимизации. В данной работе использовался гибридный алгоритм [4]. Учитывая, что решение этой задачи не единственно, подбирается такое сочетание мощностей секций тепловоза, которое обеспечивает еще и минимальный суммарный расход топлива на суммарную мощность секций тепловоза.

Численное решение задачи осуществляется программой, имеющей модульную структуру. Программа решения задачи распределения мощности между параллельно работающими секциями многосекционного тепловоза из условия минимума расхода топлива предназначена для использования в оперативном порядке бортовой ЦВМ в которой целесообразно применение системы автоматического регулирования, описание, структура и принцип действия которой даны в работе [5].

Следует отметить, что разработанная методика расчета энергооптимальных режимов может быть использована как для пассажирских, так и для грузовых поездов независимо от видов энергоресурсов (дизельного топлива или электроэнергии): достаточно внести соответствующие изменения в тяговые и расходные характеристики и в ряд параметров элементов управления.

Результаты расчетов

При решении задачи распределения мощности между параллельно работающими секциями многосекционного тепловоза из условия минимума расхода топлива было принято допущение об одинаковости удельного расхода g_{e_j} для раз-

личных секций. Зависимости $g_{e_i} = f(N_{e_i})$ приведены в табличной форме для различных грузовых тепловозов в работе [6], в виде графиков – в работе [7].

Результаты расчётов режимов работы параллельно работающих дизелей многосекционного тепловоза свидетельствуют об экономии топлива для большинства позиций контроллера и различного числа секций. Весьма существенна разница между исходными и оптимальными вариантами для низких позиций (1–7). Для остальных позиций экономия топлива незначительна либо отсутствует. Последнее объясняется тем, что значение суммарной мощности, обеспечиваемой меньшим количеством секций, отличается (иногда существенно) от первоначально заданной, исходной для режима оптимизации. Это влечёт за собой возрастание соответствующего слагаемого в критерии оптимальности и ухудшает результат экономии топлива.

Для улучшения результатов поиска необходимо либо применение более совершенных алгоритмов оптимизации, либо замена формул изменения весовых коэффициентов в критерии оптимальности.

Список литературы

1. Химмельблау, Д. Прикладное нелинейное программирование. Мир : 1975. – 534 с.
2. Минимизация в инженерных расчетах на ЭВМ. Библиотека программ / С.Ю.Гуснин и др. – М. : Машиностроение, 1981. – 120 с.
3. Шуп, Т. Решение инженерных задач на ЭВМ. – М. : Мир, 1982. – 238 с.
4. Амелина, Н.И., Жак, С.В., Петрикова, Е.Я. Пакет оптимизационных программ со структурной адаптацией. Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара «Численные методы НЛП», Харьков, 1979, II. 39–42 с.
5. Баранов, Е.Н. Система регулирования теплоэлектрического привода транспортной машины с автоматическим поиском режима максимальной топливной экономичности. – Изв. АН СССР, Энергетика и транспорт, 1972, № 5. – 122–128 с.
6. Хомич, А.Э. Эффективность и вспомогательные режимы тепловозных дизелей. – М. : Транспорт, 1979. – 144 с.
7. Володин, А.И., Фофанов, Г.А., Топливная экономичность силовых установок тепловозов. – М. : Транспорт, 1979. – 126 с.

УДК 621.391.81:656.25

Исаев А.О., Онищенко А.А., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

МОДЕЛЬ УЧАСТКА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ, ОБОРУДОВАННОГО СОВРЕМЕННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ ЖАТ В МАСШТАБЕ 1:87 НА КОМПОНЕНТАХ ARDUINO И МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ AVR

Развитие информационных технологий дает уникальную возможность обучать студентов в соответствии с тенденциями развития техники и технологий последних лет. Все большее распространение приобретают программно-аналитические комплексы и модели, которые позволяют эффективно проводить учебные занятия и НИР с исключением мешающих и опасных факторов, угроз для безопасности человека.

Ключевые слова: лабораторный стенд, обучение, аппаратно-программный комплекс, микроконтроллер, безопасность, модель.

Isaev A.O., Onischenko A.A., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

THE MODEL RAILWAY IS EQUIPPED WITH MODERN DEVICES RAT IN THE SCALE OF 1:87 ON ARDUINO COMPONENTS AND AVR MICROCONTROLLERS

The development of information technology provides a unique opportunity to teach students in accordance with the tendencies of development of technics and technology in recent years. All are becoming more common software and analytical systems and models that allow you to effectively conduct training and research with the exception of nuisance and threat factors threats to human security.

Key words: laboratory bench, training, hardware and software system, microcontroller, security, model.

Введение

В настоящее время система образования в России претерпевает путь реформирования, введения новых стандартов и приемов обучения. К подготовке бакалавров, инженеров и магистров железнодорожного транспорта предъявляются высокие требования. Развитие информационных технологий дает уникальную возможность обучать студентов в соответствии с тенденциями развития техники и технологий последних лет. Около половины времени обучения уделяется выполнению лабораторных и научно-исследовательских работ (НИР), которые способствуют пониманию теоретического материала, приобретению навыков рабочей профессии и закреплению материала на практике.

Лабораторная установка предназначена для наглядной демонстрации обучающемуся принципа действия устройства или системы. Большая часть лабораторных стендов собрана на базе устаревшего оборудования, которое имеет внушительные размеры, часто выходит из строя, требует повышенного внимания в поддержании работоспособности, что сопровождается экономическими затратами. В процессе обучения вероятны ошибки студентов и вывод из строя дорогостоящей аппаратуры. Кроме того, устаревшие стенды предназначены для изучения отдельных компонентов систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) без учета их взаимного влияния друг на друга, из-за больших габаритов отсутствует возможность реализации комплекса увязанных устройств СЖАТ в одной аудитории.

В последние годы СЖАТ совершенствуются, осуществляется переход от систем с релейной базой к системам, построенным на микропроцессорах и микро-ЭВМ [1]. Благодаря переходу на новые информационные технологии, Департаментом автоматики и телемеханики совместно с отраслевыми институтами, ВУЗаами проводится целенаправленная техническая политика в области создания, внедрения новых технических средств и технологий, и совершенствование существующих средств автоматики и телемеханики.

Для разработки более надежных и отказоустойчивых устройств и систем, мероприятий и технологий, позволяющих сократить число отказов, необходимо проведение научно-исследовательских работ (НИР), включающих в себя лабораторные исследования, экспериментальные измерения, натурную реализацию и опытную эксплуатацию. Практическое выполнение данных мероприятий в реальных условиях эксплуатации затруднено повышенными требованиями безопасности движения поездов, большими экономическими затратами, высоким уровнем опасности для человека и др.

Все большее распространение приобретают программно-аналитические комплексы и модели, которые позволяют эффективно проводить учебные занятия и НИР с исключением мешающих и опасных факторов, угроз для безопасности человека [2].

Целью данной работы является разработка лабораторного стенда «Модель участка железной дороги, оборудованного современными устройствами СЖАТ» в масштабе 1:87 на микроэлектронных компонентах Arduino и микроконтроллерах (МК) AVR, максимально приближенного по параметрам к эксплуатационным характеристикам. Оператор сможет наглядно увидеть работу комплекса устройств, изучить режимы их работы, оценить взаимные влияния, проводить измерения, имитировать отказы элементов, искать причины неисправностей и др. Преимуществами разрабатываемого лабораторного стенда являются компактность, низкое энергопотребление и возможность гибкой модернизации. Так как вся автоматика проектируется на МК, размеры стенда будут значительно меньше габаритов действующих учебных стендов, которые выполнены на релейной элементной базе. Возможность гибкой модернизации позволит значительно увеличить функциональные возможности стенда, оперативно решать научно-исследовательские задачи.

Выбор элементов инфраструктуры для лабораторного стенда

Разрабатываемый лабораторный стенд будет представлять собой кольцевой участок железнодорожной дороги.

Рельсовая сеть будет состоять из компонентов производителя «РІКО». В качестве рельс будет использоваться рельсошпальная решётка, состоящая из прямых рельс «G231» и радиусных рельс «R4». В виду не ориентированности моделей на лабораторные испытания, необходима их доработка. Часть рельсовых линий (РЛ) будет разделена на разные по длине блок-участки (б/у). В пределах нескольких отдельных РЦ будут установлены токопроводящие соединители.

В виду не полного набора типовых элементов планируется разработка и монтаж между РЦ изолирующих стыков, стыковых и боковых прокладок, дроссель-трансформаторов и перемычек к ним, которые обеспечат протекание обратного тягового тока в обход изолирующих стыков. Данные б/у будут оборудованы аппаратурой кодовых РЦ. Другая часть РЛ будет оборудована аппаратурой РЦ тональной частоты. Аппаратура питающего и релейного концов РЦ будет выполнена на основе микроконтроллеров AVR [3]. Для реализации контактной сети [4] и подачи тягового тока от тяговой подстанции (сетевой трансформатор) электровозу «РІКО E-Lok BR189DB-AG» планируется использовать опоры и пролеты производителя «VIESSMANN». Светофорная сигнализация будет построена на светофорах со светодиодными головками производителя «VIESSMANN». Выбранная элементная база выполнена в масштабе 1:87.

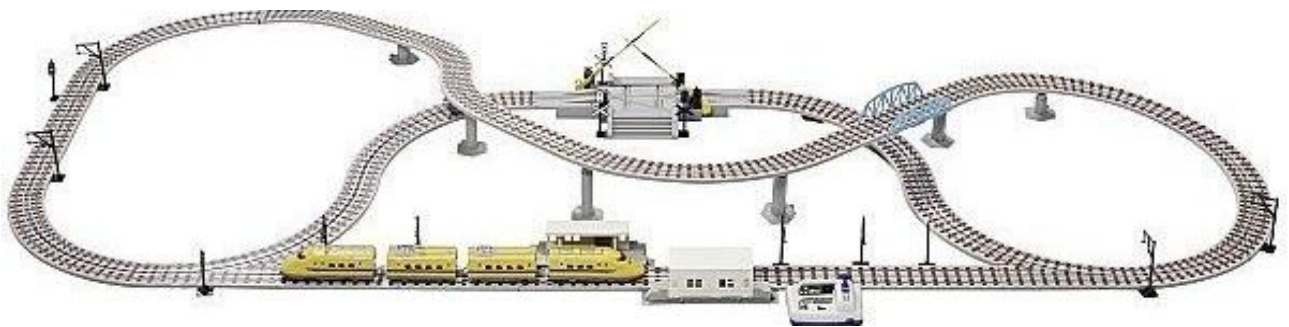


Рис. 1. Внешний вид модели участка железной дороги

Аппаратура кодовой РЦ [5] на базе МК

Для повышения безопасности и исключения взаимного влияния между различными модулями при решении задачи будет использовано два МК. Один МК (ATMega8) выполняет функции кодового путевого трансмиттера (КПТ) с возможностью выбора типа. Второй МК (ATMega328) выполняет функции дешифраторной ячейки (ДЯ) с возможностью настройки, измерения временных параметров, определения типа КПТ, передачи информации на персональный компьютер (ПК) или вывод на жидкокристаллический дисплей (ЖКД) посредством UART интерфейса.



Рис. 2. Структурная схема аппаратуры кодовой РЦ на МК

КПТ переменного тока служат для получения кодированных импульсов тока в системах числовой кодовой автоблокировки и автоматической локомотивной сигнализации. В реализованной схеме резисторы R2-R6 предназначены для исключения ложных показаний на портах ввода, наводимых помехами, и являются подтягивающими резисторами. Входы 15 (PB1), 16 (PB2), предназначены для выбора кода (З (11), Ж(10), КЖ(00)) которые будет передавать МК на трансмиттер. Входы 4 (PD2), 5 (PD3), 6(PD4) предназначены для установки типа КПТ (5, 7, 11). Выход 18 (PB4) предназначен для передачи кодовых посылок на трансмиттерное реле.

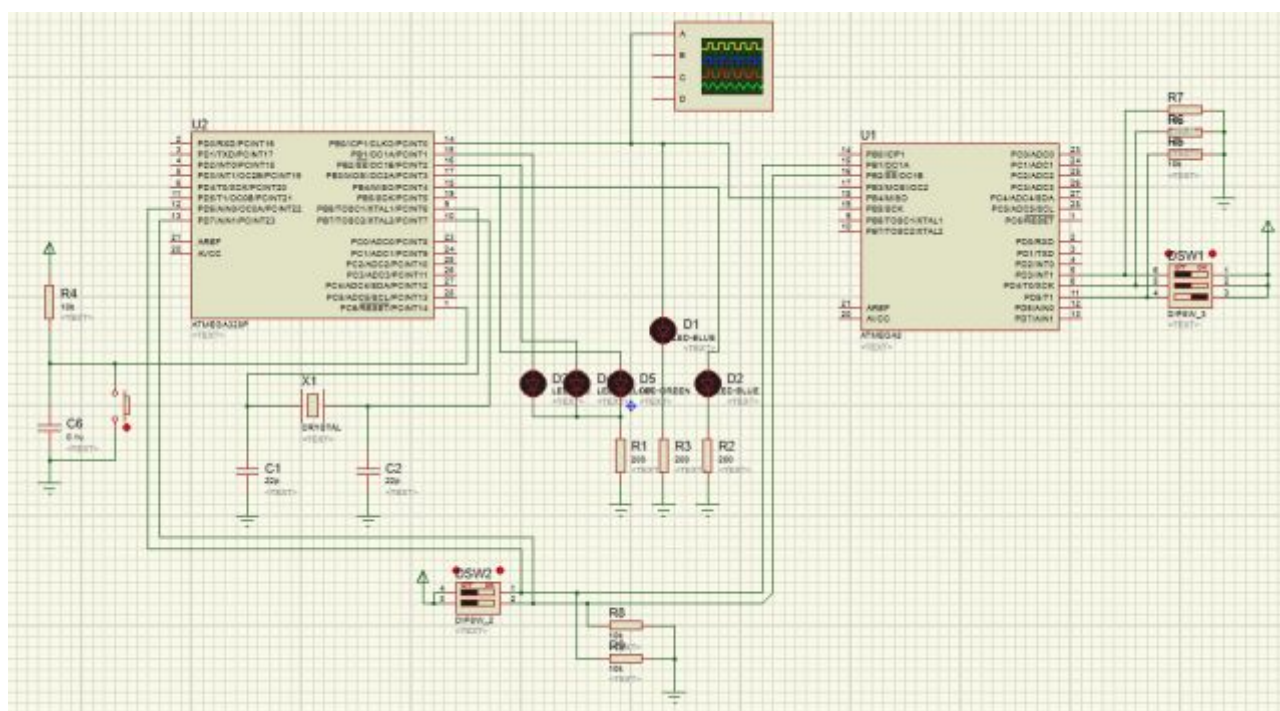


Рис. 3. Схема КПТ и дешифратора в программной среде Proteus

Дешифратор собран на микроконтроллере Atmega328P. Для выполнения требуемых функций использован таймер-счётчик, который подсчитывает длительность импульсов и интервалов, по заданному алгоритму работы производится проверка на ошибки в кодовых сигналах и определение типа поступающего на ДЯ. Принцип действия дешифратора заключается в том, что при появлении на входе В0 логической «1» запускается таймер-счётчик, после смены логической «1» на «0» счётчик записывает отсчитанное значение времени за этот период и сравнивает его с заданными параметрами встроенной программы. Так проверяется каждый импульс и интервал. Определяя количество и длительность импульсов и интервалов за определённый период, программа распознает, какой код поступает на МК.

Заключение

В ходе проделанной части работы реализованы функциональные устройства питающего (КПТ) и релейного (ДЯ) концов кодовой РЦ. Экспериментальные исследования показали исправность, высокую точность и надежность работы РЦ, простота, эффективность и многофункциональность систем на базе МК.

Дальнейшая работа над проектом предполагает: оснащение участка пути устройствами переезда, оборудованного автоматической переездной сигнализацией; реализацию станционных систем автоматики и телемеханики; электрификацию участка пути переменным током частотой 50 Гц; оборудование модели устройствами системы технической диагностики и мониторинга параметров устройств; применение индуктивных датчиков, имитирующих работу электронной системы счета осей (ЭССО) подвижного состава; установку радиомодулей для организации беспроводной передачи информации; оборудование электровоза системой автоматического управления тормозами (САУТ); разработку новых устройств сбора и контроля данных, применение инновационных технологий и современных систем.

Список литературы

1. Сапожников, В.В. Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / В.В. Сапожников и др.; под ред. В.В. Сапожникова. – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 288 с.
2. Епифанова, Е.П. Системы интервального регулирования движения поездов на перегонах : учеб. пособие / Е.П. Епифанова, А.Г. Прохоренко, А.С. Яковлева. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2013. – 87 с.
3. Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. – М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 592 с.: ил. (Серия «Программируемые системы»).
4. Наумов, А.В., Наумов, А.А. Выбор параметров и правила построения обратной тяговой рельсовой сети на электрифицированных железных дорогах со скоростным и тяжеловесным движением. – М. : Интекст, 2005. – 143 с.
5. Кириленко, А.Г. Электрические рельсовые цепи : учеб. пособие / А.Г. Кириленко, Н.А. Пельменева. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2006. – 94 с.

УДК 621.391.81:656.25

Федянин И.В., Онищенко А.А., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ УСТРОЙСТВ СЦБ И ГЕНЕРАЦИИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ AVR

В данной статье рассматривается актуальная на сегодняшний день проблема своевременного диагностирования неисправностей устройств СЦБ. Выделяются и описываются характерные преимущества внедрения микропроцессорных систем. Представлена концепция реализации прибора для измерения параметров сигналов устройств СЦБ и генерации диагностических воздействий на микроконтроллерах AVR.

Ключевые слова: диагностика, мониторинг, отказы, СЦБ, микропроцессорные системы, безопасность движения, МПИ-СЦБ, микроконтроллер Atmega, АЦП, инженер службы Ш, генератор, автоблокировка, ZigBee.

Fedyanin I.V., Onischenko A.A., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

DEVELOPMENT OF DEVICE FOR MEASURING PARAMETERS OF SIGNALS OF SIGNALLING SYSTEMS AND THE GENERATION OF DIAGNOSTIC INFLUENCES ON MICROCONTROLLERS AVR

In this article, the current problem of timely diagnosis of faults of SCB devices is considered. The characteristic advantages of the introduction of microprocessor systems are singled out and described. The concept of realization of the device for measuring the signal parameters of the signaling SCB devices and the generation of diagnostic effects on the microcontrollers AVR is presented.

Key words: diagnostics, monitoring, failures, signals and interlocking, microprocessor systems, traffic safety, multifunction portable meter, microcontroller Atmega, ADC, service engineer, generator, automatic block system, ZigBee.

Введение

Научно-технический прогресс XXI века оказывает сильное влияние на информатизацию жизни общества и связанное с ней широкое распространение современных средств вычислительной техники и технологий. В настоящее время сложно представить себе отрасль промышленности без применения цифровых средств и коммуникаций. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) выполняют важную задачу организации перевозочного процесса грузовых и пассажирских поездов при обеспечении высокого уровня безопасности движения подвижных составов и заданной пропускной способности участков. Одним из условий безопасности железнодорожного транспорта является надежная работа устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ).

Появление данных систем в первую очередь позволит модернизировать работу службы СЦБ, так как основной задачей в профессиональной деятельности электромеханика СЦБ (ШН) является своевременное диагностирование, нахождение причин отказов и их устранение. Однако на практике не всегда удаётся достичь максимального быстродействия, в силу того, что для этого требуется проведение комплексных измерений. По существующему регламенту работ ответственной службы Ш осуществляется поддержание работоспособного состояния устройств СЦБ за счет проведения плановых проверок исправного состояния

элементов автоматики в соответствии с графиком технического процесса. Такой подход к выявлению дефектов и предотказных состояний устройств не позволяет полностью использовать потенциал микропроцессорных систем для автоматизации технического обслуживания. Кроме того компетентность оценки напрямую зависит от степени квалифицированности специалиста.

В соответствии с основными положениями «Стратегии развития холдинга РЖД на период до 2030 года», предусматривается внедрение системы комплексной диагностики и удаленного мониторинга инфраструктуры, систем ЖАТ на микропроцессорной элементной базе с расширенными функциональными возможностями, а так же модульных цифровых систем технологической радиосвязи стандартом GSM-R, DMR.

Для повышения информативности рабочего персонала, локализации возникновения неисправности и выдачи рекомендаций справочного характера о возможности устранения причин возникновения отказов широко внедряются многофункциональные приборы инженера службы Ш, предназначенные для измерения и анализа данных, системы технической диагностики и мониторинга (СТДМ) устройств СЦБ.

С 2002 года на сети дорог получил широкое распространение многофункциональный переносной прибор МПИ-СЦБ инженера службы Ш, который предназначен для измерения, отображения и регистрации сигналов напряжения постоянного и переменного токов, рельсовых цепей (РЦ) с непрерывным питанием, кодовых и тональных РЦ, частотного диспетчерского контроля. Сертифицированный комплект поставки прибора состоит из модуля преобразования электрических сигналов (МПЭС), ноутбука, соединительных проводов и специализированного программного обеспечения (ПО). Стоимость последней версии прибора МПИ-СЦБ составляет около 380 тыс. рублей.

В работе решается задача разработки многофункционального устройства измерения параметров сигналов и генерации диагностических воздействий, которое не уступает по своим техническим характеристикам и возможностям МПИ СЦБ. Разработанный прибор позволяет измерять силу тока (А), напряжение (В), частоту (Гц) сигнала, сопротивление (Ом), выполняет функции цифрового осциллографа с возможностью архивации данных на персональном компьютере.

Аппаратная часть прибора представляет собой устройство съема и первичной обработки информации об электрических параметрах сигнала. Основным компонентом предлагаемой схемы является микроконтроллер (МК) AVR ATmega328 фирмы Atmel Microchip.

Концепция реализации прибора

Основным компонентом предлагаемой схемы устройства является микроконтроллер (МК) AVR фирмы Atmel, который имеет относительно небольшую стоимость и является многофункциональной микросхемой. В свою очередь, функцию преобразования и обработки сигнала на начальном этапе выполняет встроенный в МК восьми разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП)

последовательного приближения. При точности ± 2 минимально значащих разрядов его можно считать хорошим инструментом при контроле напряжения. В восьмиразрядном режиме он имеет 256 отсчетов и работает с частотой дискретизации до 15 кГц.

Для МК разрабатывается определённый алгоритм выполнения функций, который записывается в виде программного кода на языке C++. Реализация программы производится в интегрированной среде разработки (IDE) Atmel Studio 6.2. Далее программный код, с помощью компилятора, преобразуется в машинный и записывается во внутреннюю память микроконтроллера через программатор USBasp при помощи кроссплатформенной свободной консольной программы Avrdude, предназначенной для прошивки МК фирмы Atmel серии AVR. Оптимизация алгоритма функционирования, а так же использование схемотехнических решений позволяет выполнять все необходимые функции одной микросхемой. В качестве устройства вывода информации о состоянии прибора и результатов измерений применяется ЖК-дисплей. Принципиальная схема прибора состоит из связанных между собой блоков. Схема представлена на рисунке.

Блок измерения температуры строится на основе выбранного микроконтроллера Atmega, который работает от внутреннего генератора частотой 8 МГц, семисегментный индикатор с общим анодом (четырёхразрядный) и датчик температуры DS18B20. Шину данных датчика подключаем к порту PC0, а также подключаем к плюсу питания через резистор R1 номиналом 4,7 кОм, поскольку выходной транзистор датчика имеет открытый сток. При питании датчика от шины данных (паразитное питание) вывод 3 датчика остается свободным.

Блок измерения временных параметров реализуется с помощью внутреннего 8-разрядного таймера микроконтроллера работающего в режиме "захват". С его помощью можно измерять не только частоту сигнала, но и длительность импульса сигнала, а так же скважность. Например, в системе АЛСН используется широтно-модулированный сигнал, чтобы раскодировать команду необходимо вычислить ширину или скважность импульса. Для обеспечения хорошей точности измерения микроконтроллер тактируется от генератора с внешним кварцем частотой 8MHz.

Блок измерения напряжения и тока строится с использованием 2 каналов АЦП – ADC0 и ADC1, к которым будут подводиться сигналы измеряемых тока и напряжения. Источник опорного напряжения внутренний на 2,56V, разрядность АЦП 10 бит. Подопытный микроконтроллер Atmega, тактируется от внутреннего генератора частотой 4MHz. Измеряемое напряжение подается на делитель напряжения, и уже с делителя сигнал подается на вход ADC1. Номиналы сопротивления резисторов делителя 100 кОм и 10 кОм, значит соотношение входного и выходного сигналов 10:1.

Измерение тока будем производить с помощью токового шунта, который включается в разрыв нагрузки. Падение напряжения на нем вычисляется при помощи закона Ома и измеряется каналом АЦП (ADC0). Чем меньше сопротивление шунта, тем лучше, т.к. меньше энергии рассеивается на нем. Для шун-

та сопротивлением 0,1 Ом, используем обычный мощный резистор. Для тока 2А падение напряжение на шунте будет 0,2V. Величина достаточно малая чтобы напрямую подавать ее на вход АЦП, поэтому для усиления сигнала применяется схема операционного усилителя с коэффициентом усиления.

Блок генератора нормативных сигналов в железнодорожной автоматике используется как эталон для калибровки и поверки электромагнитных реле, измерительных приборов и т.д. Он может генерировать: меандр, треугольник, синус, шум и пилообразный сигналы, с заданными параметрами.

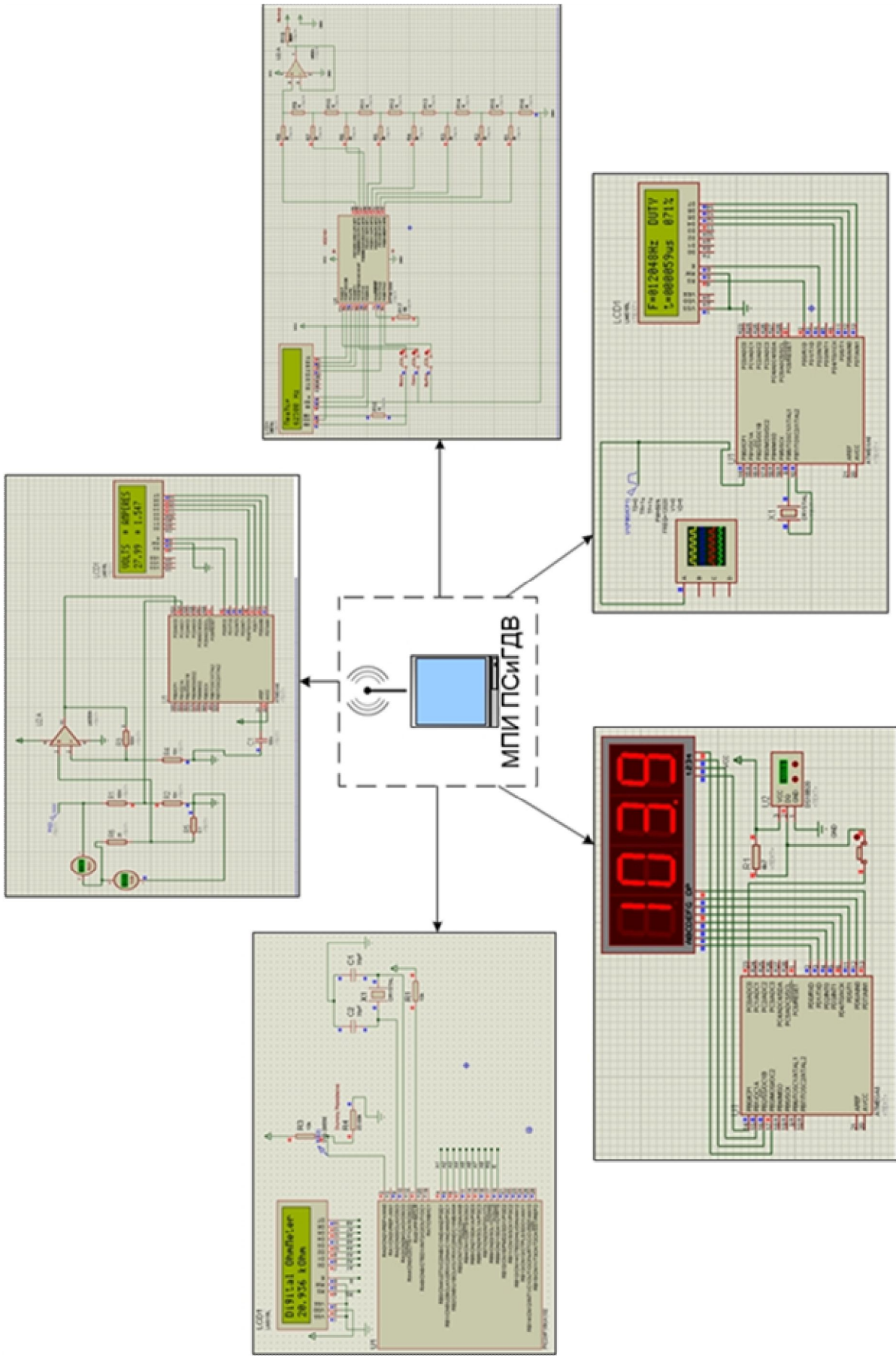


Рисунок. Принципиальные схемы блоков прибора

Основой устройства является AVR микроконтроллер. Сигнал генерируется с помощью 8 битного цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), данные о частоте, сигнале или задержки отображаются на ЖК индикаторе 8x2.

Ввод данных в ЦАП реализован через резисторы, подключённые напрямую к порту В микроконтроллера, сигнал после ЦАП усиливается с помощью операционного усилителя LM324. Кнопкой «Выбор» выбирается тип генерируемого сигнала. Кнопками «Плюс» и «Минус» устанавливается частота или задержка. Напряжение питания: 5 В.

Блок измерения сопротивления состоит из: делителя напряжения, который состоит из резистора $R3 = 10 \text{ кОм}$, на него подается напряжение V_{cc} (5 В) и резистора $R4$, значение которого неизвестно. Потенциал выходного делителя подается на вход канала АЦП на AN0.

Беспроводные технологии

При оборудовании сигнальных точек АБ системами технической диагностики и мониторинга контроллеры сбора данных и концентраторы размещают в релейных шкафах сигнальных точек (РШ СТ) на перегоне. Передача данных в концентратор ЛПД на станции осуществляется по существующим физическим линиям (ДСН) на расстояние до 30 км.

Информация о состоянии объектов поступает на концентратор ЛПД периодически. При обнаружении неисправности дежурный по станции (ДСП) сообщает информацию электромеханику СЦБ (ШН), которому, в свою очередь, необходимо оперативно определить причину отказа и устранить её. На практике, быстро обнаружить причину не всегда удаётся, потому что этому предшествует ряд измерений для получения данных о состоянии объекта.

Решением этой задачи в будущем может стать оборудование концентратора связи, расположенного в РШ СТ на перегоне, дополнительным модулем беспроводной передачи данных, который позволит получать актуальную информацию о состоянии устройств в данный момент времени при подключении прибора МПИ ПСиГДВ по беспроводному, зашифрованному каналу. Информация о параметрах и режиме работы устройств, будут отображаться на экране прибора, в результате чего ШН сможет оперативно обнаружить причину неисправности и устранить отказ. Модуль беспроводной передачи данных может быть реализован на основе стандарта локальных беспроводных радиосетей ZigBee/IEEE 802.15.4. Целью использования ZigBee является сбор информации телеметрии в составе автоматизированных систем контроля и учета ресурсов на расстоянии до 4 км в зоне прямой видимости.

Заключение

Разработка многофункционального прибора для измерения параметров сигналов устройств СЦБ и генерации диагностических воздействий на микроконтроллерах AVR для инженеров службы Ш позволит сократить затраты на приобретение дорогостоящего оборудования ОАО «РЖД», позволит расширить

функциональные возможности и срок службы прибора за счет внедрения микропроцессорной элементной базы.

Рассматриваемый метод поиска и обнаружения отказов позволит повысить показатели надёжности устройств ЖАТ, минимизировать время поиска и устранения отказа.

Список литературы

1. Шпак, Ю.А. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров. Издание 2-е, переработанное и дополненное / сост. Ю.А. Шпак - К: «МК-Пресс» 2011. – 511 с.
2. Белов, А.В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. – СПб.: Наука и техника, 2008. – 544 с.: ил.
3. Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 592с.: ил.

УДК 004.855.5:656.25-051

Янченко Я.С., Онищенко А.А., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА

В статье рассматривается концепция разработки информационно-обучающей системы, направленной на оценку и повышение квалификации обслуживающего персонала СЦБ. Данная система позволит сократить случаи нарушения безопасности движения поездов за счет уменьшения влияния человеческого фактора, активизации мышления работника перед производством работ и постоянного повышения уровня образования сотрудников отрасли.

Ключевые слова: обслуживающий персонал, оценка и повышение квалификации, информационно-обучающая система, отказ, безопасность, программа.

Yanchenko J. S., Onischenko A.A., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

THE INFORMATION AND TRAINING EVALUATION SYSTEM AND ADVANCED TRAINING OF MAINTENANCE STAFF

The article discusses the concept of development information-educational system aimed at assessing and improving qualification staff of SCB. This system will reduce the cases violation traffic safety of trains by reducing influence the human factor, the activation thinking before beginning production work and continuous training of staff in industry.

Key words: maintenance staff, assessment, professional development, information and training systems, failure, safety, program.

Введение

Железнодорожный транспорт является основой транспортной инфраструктуры страны. От уровня технической оснащенности и качества работы железнодорожного транспорта зависят перспективы дальнейшего социально-экономического развития, укрепление единства пространства, уровень удовлетворенности потребностей граждан в перевозках. Для поддержания конкурентоспособности Российских железных дорог на мировом рынке инновационного развития и выполнения в полной мере всех поставленных задач ОАО «РЖД» была утверждена патентная стратегия развития до 2030 года [1], в рамках которой предполагается совершенствование существующих элементов, систем и алгоритмов функционирования, автоматизация измерения и контроля параметров устройств и переход от выполнения работ по графику технического процесса к обслуживанию устройств по состоянию. В настоящее время политика компании ОАО «РЖД» направлена на использование методологий оценки и управления рисками, методов факторного анализа, методик оценки влияния надежности технических объектов на безопасность движения поездов, систем поддержки принятия решений, гарантированное обеспечение заданного уровня безопасности жизни и здоровья людей, природы, материальных ценностей и технических комплексов при реализации перевозочного процесса на всех его стадиях [2]. Основной проблемой, на решение которой направлены данные мероприятия, является безопасность перевозочного процесса.

Обеспечение безопасности движения поездов (БДП) осуществляется на основе системы контроля и диагностики состояния всех технических средств хозяйства автоматики и телемеханики (АТ), соблюдения нормативов на их устройство, содержание и ремонт, внедрения более совершенных конструкций, реализации качественных технологий производства работ, организационных и экономических мероприятий, направленных на усиление материально-технической базы, на стимулирование труда работников. Однако на практике полную безопасность реализовать не удастся. Трудности решения задачи обеспечения безопасности движения поездов определяются особенностями условий работы систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ): износ элементной базы, низкие темпы модернизации и обновления материально-технической базы, непрерывный характер работы, различные условия эксплуатации, влияние большого числа дестабилизирующих факторов.

Существенной причиной при нарушениях безопасности движения является человеческий фактор, проявляющийся, как правило, в недостаточном уровне профессионализма работников, в низком уровне трудовой и технологической дисциплины [3].

По результатам проведенного анализа статистики отказов устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) за 2012–2017 гг. по Спасск-Дальненской дистанции построена диаграмма Парето, где 1 – устаревание уст-

ройств; 2 – нарушение правил производства работ по ремонту и техническому обслуживанию; 3 – несоблюдение технологии обслуживания и ремонта; 4 – заводской брак; 5 – причина неизвестна; 6 – внешние воздействия.

Возникновение 80 % отказов, обусловлены следующими факторами: старение устройств (78 отказов), нарушение правил производства работ и ТО устройств СЦБ (45 отказов) и технологии обслуживания и ремонта (37 отказов).

Для уменьшения количества отказов по причине износа ресурса аппаратной части на железнодорожном транспорте активно внедряются системы технической диагностики и мониторинга (СТДМ) устройств (СЦБ).



Рис. 1. Анализ статистики отказов устройств СЦБ

Для сокращения числа отказов по причине нарушения правил производства работ и технического обслуживания устройств СЦБ, необходимо постоянное обучение, повышение квалификации и оценка знаний обслуживающего персонала; совершенствование программ подготовки специалистов отрасли; улучшение условий профессиональной деятельности работников.

С целью реализации поставленных задач предлагается разработать информационно-обучающую систему (ИОС) оценки и повышения квалификации обслуживающего персонала при помощи Web-технологий, что позволит организовать работу пользователей и администраторов в режиме «online», сделать гибкой процедуру актуализации и совершенствования программ обучения. Такая система обладает рядом преимуществ: удобный интерфейс, доступный контент, повышение коммуникационного процесса.

Программа включает в себя большую часть аспектов трудовой деятельности обслуживающего персонала СЦБ и предполагает рассмотрение следующих базовых категорий: приборы СЦБ; светофоры; стрелки; электропитание; КГУ, УКСПС; электрические РЦ; АЛС, САУТ; кабельная сеть; автоматическая перезадающая сигнализация.

При запуске ИОС необходимо пройти аутентификацию, для чего в поля «Логин» и «Пароль» требуется ввести соответствующую информацию, которая заранее предоставлена администратором. В дальнейшем пользователю предоставляется окно с возможностью выбора категорий, для каждой из которых разработаны: технологические карты, тесты, приложения, тренажеры.

Технологические карты – информационные памятки, рекомендуемые порядок выполнения работ по технической эксплуатации устройств и систем СЦБ. Они предусмотрены для теоретической подготовки персонала и формирования профессиональной компетентности специалиста в выполнении технологического процесса.

Тесты и приложения позволят сделать упор на практическую часть подготовки персонала. Тест представляет собой задание с выбором правильного ответа из нескольких представленных. Задание можно пропустить, нажав соответствующую кнопку в рабочем окне, после ответа на все вопросы необходимо вернуться и дать ответ на все пропущенные задания. Результаты прохождения всех видов работ конфиденциальны и доступны для просмотра пользователю и администратору.

Тренажеры позволяют развивать практические навыки поиска причин отказов, строить алгоритмы выполнения работ. В этом случае будет оцениваться оптимальность решения проблемы и время, затраченное на устранение отказа. Предусмотрены разные варианты решения проблемы, что позволит обучающемуся анализировать ситуацию, пользоваться информационно-справочными материалами и развивать свои способности.

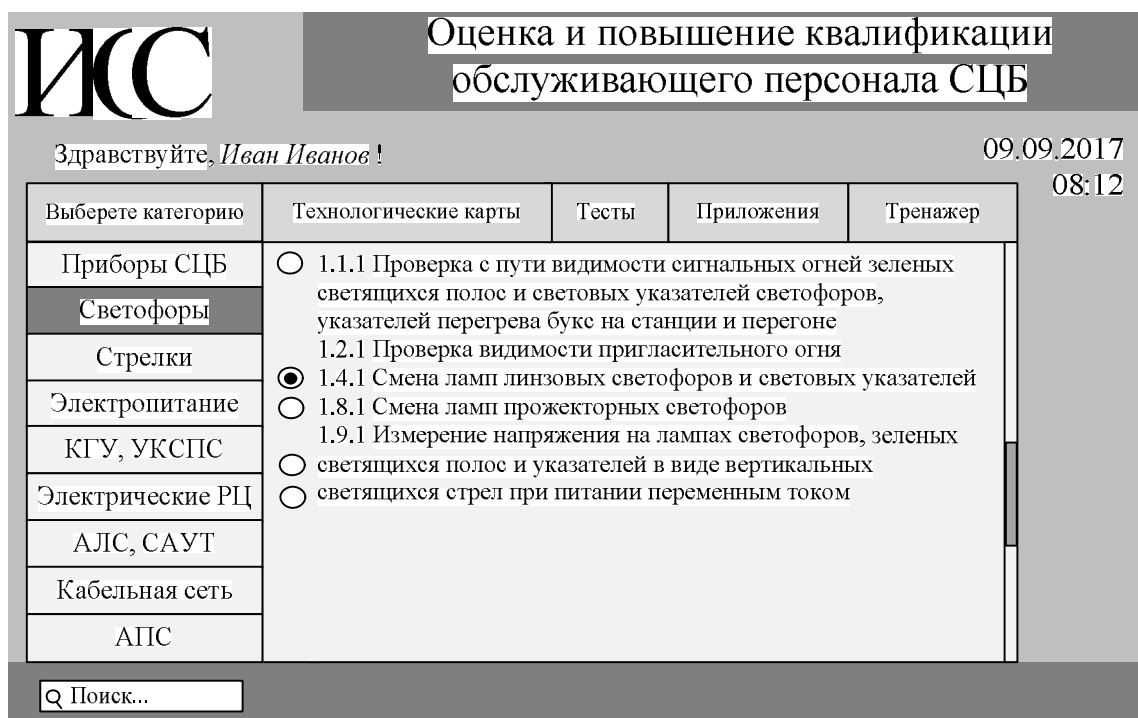


Рис. 2. Главное меню программы оценки и повышения квалификации обслуживающего персонала

Авторизация человека в системе даст возможность отправлять на сервер информацию с результатами прохождения теста, формировать статистику и оценивать уровень знаний и усвоения программы. Это позволит в динамике наблюдать за изменением компетенций обучающегося, при необходимости выдаваться направление на повторное прохождение программы.

Поскольку главным критерием, отражающим изменение функционального состояния, является снижение или увеличение эффективности решения стоящих перед человеком задач, одним из основных параметров активного функционального психического состояния является умственная работоспособность, которая интегрирует основные свойства психики – внимание, восприятие и память [4].

Перед производством работ по графику технологического процесса электромонтер или электромеханик СЦБ в предлагаемой программе выбирает соответствующую категорию, повторяет материал и переходит к решению теста, который повысит его концентрацию, внимание и работоспособность. При занятии на тренажерах закрепятся практические навыки выполнения соответствующих работ.

После выполнения всех заданий и получения результатов, работник анализирует допущенные ошибки и следует подсказкам интерактивного помощника, что позволит компетентнее выполнять поставленные задачи.

Заключение

В начале рабочего дня человеку необходимо сконцентрироваться и сосредоточить свои силы на выполнение плановых и внеплановых работ, достичь высокой эффективности и производительности. Благодаря переподготовке сотрудников можно получить более квалифицированный и компетентный персонал, адаптированный к работе над конкретной проблемой. Предполагается, что количество отказов сократится на 13%, что окажет экономический эффект и существенно повысит уровень БДП [5].

Перспектива развития ИОС предусматривает расширение базы знаний для различных отраслей и специальностей. Группа экспертов любой организации сможет добавить свои информационные блоки в конструктор программы, что позволит постоянно обновлять базу данных и актуализировать её.

Список литературы

1. Сапожников, В.В. Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / В.В. Сапожников и др.; под ред. В.В. Сапожникова. – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 288 с.
2. Ефанов, Д.В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : монография. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с.
3. Сборник методик и алгоритмов поиска и устранения неисправностей в устройствах СЦБ 2 редакция 23.11.2015. – Управления автоматики и телемеханики ЦДИ ОАО «РЖД»
4. Иванкина, Л.И. Психология и педагогика : учебное пособие / Л.И. Иванкина. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 144 с.
5. Полякова, В.В. Основы теории статистики : [учеб. пособие] / В.В. Полякова, Н.В. Шаброва ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – 2-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 148 с.

УДК 656.259.12

Пельменёв В.А., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТРАКТЕ ПЕРЕДАЧИ ФАЗОСИНХРОННОЙ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ

Для условий нормального режима фазосинхронной рельсовой цепи повышенного напряжения приводится математическое описание переходных процессов в тракте передачи высоковольтных импульсов.

Ключевые слова: путевой приемник, фазосинхронная рельсовая цепь, переходной процесс, тракт передачи, схема замещения, формула

Pelmenev V.A., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF TRANSIENT PROCESSES IN TRANSMISSION PATH PASSING AN TRACK CIRCUIT

For normal mode passing an track circuit high voltage provides a mathematical description of transient processes in transmission path of high-voltage pulses.

Key words: the track receiver, fatcinema rail circuit, transient, transmission path, circuit, formula.

При передаче высоковольтных импульсов в путевой приемник фазосинхронной рельсовой цепи (РЦ) повышенного напряжения возникают переходные процессы [1,2], которые могут быть описаны системой линейных дифференциальных уравнений – обыкновенных и в частных производных. Совместное решение этих уравнений является весьма сложным и не позволяет получить приемлемые для практических расчетов результаты. Поэтому представляется целесообразной замена элементов с распределенными параметрами – импульсные трансформаторы формирователя и приемника импульсов и рельсовую линию (РЛ) – эквивалентными схемами с сосредоточенными постоянными. Однако и в такой постановке задача описания переходных процессов остается достаточно сложной из-за большого числа независимых реактивных элементов в схеме замещения импульсного трансформатора.

Чтобы упростить анализ, сделать его наглядным и облегчить получение расчетных соотношений, будем считать импульсные трансформаторы идеальными с коэффициентом трансформации, равным единице. При таких допущениях схема замещения тракта передачи высоковольтных импульсов для условий нормального режима ФРЦ имеет вид, представленный на рисунок.

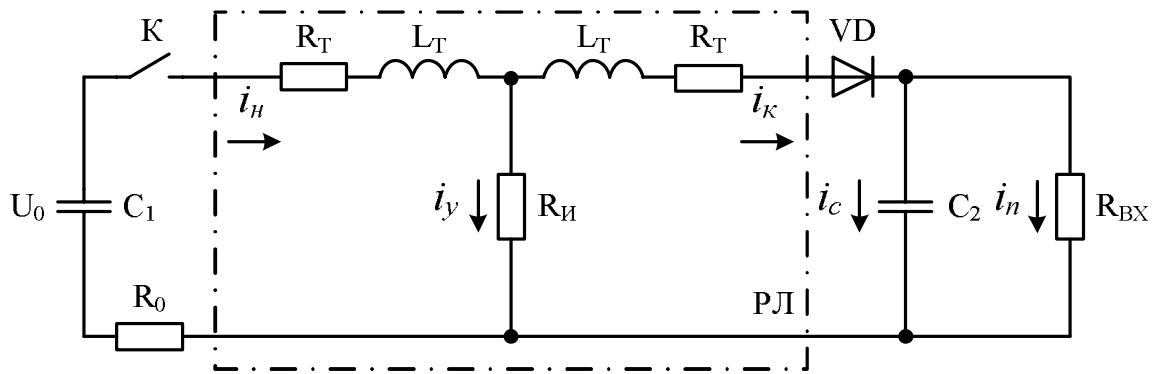


Рис. 1. Схема замещения тракта передачи в нормальном режиме

В схеме замещения приняты следующие обозначения:

U_0 – напряжение на конденсаторе C_1 в момент замыкания электронного ключа K формирователя импульсов; R_0 – сопротивление ограничителя; R_T , L_T , $R_{И}$ – параметры схемы замещения ПЛ; $R_{ВХ}$ – сопротивление входной цепи ключевого элемента в цепи путевого реле; $i_{н}$ и $i_{к}$ – мгновенные значения токов соответственно в начале и конце ПЛ; $i_{у}$ – мгновенные значения тока утечки через сопротивление изоляции $R_{И}$; $i_{с}$ и $i_{п}$ – мгновенные значения токов соответственно в цепи конденсатора C_2 и во входной цепи ключевого элемента.

Пренебрегая падением напряжения на ключе K и диоде VD , на основании второго закона Кирхгофа можно записать следующую систему уравнений, которая справедлива на отрезке времени $0 \leq t \leq t_{от}$, то есть с момента замыкания ключа K ($t = 0$) до отсечки тока $i_{к}$ через диод VD в момент времени $t_{от}$:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{C_1} \int i_{н} dt + u_{C_1}(0) + i_{н}(R_0 + R_T) + L_T \frac{di_{н}}{dt} + i_{у} R_{И} &= 0; \\ L_T \frac{di_{к}}{dt} + i_{к} R_T + i_{п} R_{ВХ} - i_{у} R_{И} &= 0; \\ i_{п} R_{ВХ} - \frac{1}{C_2} \int i_{с} dt - u_{C_2}(0) &= 0, \end{aligned} \right\}$$

Исключив из системы уравнений токи $i_{у}$, $i_{с}$ и введя обозначение $R_0 + R_T = R_{н}$, получим

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{C_1} \int i_{н} dt + u_{C_1}(0) + i_{н}(R_{н} + R_{И}) + L_T \frac{di_{н}}{dt} - i_{к} R_{И} &= 0; \\ L_T \frac{di_{к}}{dt} + i_{к}(R_T + R_{И}) + i_{п} R_{п} - i_{н} R_{н} &= 0; \\ i_{п} R_{п} - \frac{1}{C_2} \int (i_{к} - i_{п}) dt - u_{C_2}(0) &= 0. \end{aligned} \right\}$$

Преобразуя уравнения системы по Лапласу и учитывая, что $u_{c_1}(0) = -U_0$, $u_{c_2}(0) = 0$, можем записать

$$\left. \begin{aligned} \left(R_H + R_{II} + pL_T + \frac{1}{pC_1} \right) I_T(p) - \frac{U_0}{p} - R_{II} I_K(p) &= 0; \\ (R_T + R_{II} + pL_T) I_K(p) + R_{II} I_{II}(p) - R_{II} I_H(p) &= 0; \\ \left(R_{II} + \frac{1}{pC_2} \right) I_{II}(p) - \frac{I_K(p)}{pC_2} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $I_H(p)$, $I_K(p)$ и $I_{II}(p)$ – изображения токов соответственно i_H , i_K и i_{II}

Решим эту систему алгебраических уравнений относительно изображения тока $I_{II}(p)$. Из третьего уравнения находим

$$I_K(p) = I_{II}(p)(pR_{II}C_2 + 1).$$

Подставив значение $I_K(p)$ в первое и второе уравнения исследуемой системы, будем иметь

$$\begin{aligned} (p^2L_TC_1 + pR_HC_1 + pR_{II}C_1 + 1)I_H(p) - \\ - (p^2R_{II}R_{II}C_1C_2 + pR_{II}C_1)I_{II}(p) = C_1U_0; \end{aligned} \quad (2)$$

и

$$\left(\begin{aligned} p^2R_{II}L_TC_2 + pL_T + pR_T R_{II}C_2 + \\ + pR_{II}R_{II}C_2 + R_T + R_{II} + R_{II} \end{aligned} \right) I_{II}(p) = R_{II}I_H(p). \quad (3)$$

Выразим из уравнения (3) $I_H(p)$

$$I_H(p) = \frac{I_{II}(p)}{R_{II}} \left[\begin{aligned} p^2R_{II}L_TC_2 + p(L_T + R_T R_{II}C_2 + R_{II}R_{II}C_2) + \\ + R_T + R_{II} + R_{II} \end{aligned} \right].$$

Этому выражению можно придать вид

$$I_H(p) = \frac{I_{II}(p)}{R_{II}} (b_1 p^2 + b_2 p + b_3), \quad (4)$$

где $b_1 = R_{II}L_TC_2$; $b_2 = L_T + R_{II}C_2(R_T + R_{II})$; $b_3 = R_T + R_{II} + R_{II}$.

Подставив (4) в (2), после некоторых преобразований получим

$$\left[\begin{aligned} p^4 b_1 L_T C_1 + p^3 (b_1 R_H C_1 + b_1 R_{II} C_1 + b_2 L_T C_1) + \\ + p^2 (b_2 R_H C_1 + b_2 R_{II} C_1 + b_1 + b_3 L_T C_1 - R_{II}^2 R_{II} C_1 C_2) + \\ + p (b_3 R_H C_1 + b_3 R_{II} C_1 + b_2 - R_{II}^2 C_1) + b_3 \end{aligned} \right] \times \\ \times I_{II}(p) = R_{II} C_1 U_0. \quad (5)$$

Выражение (5) может быть приведено к следующему виду

$$(a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4) I_{\Pi}(p) = R_{\Pi} C_1 U_0,$$

где $a_0 = b_1 L_T C_1$; $a_1 = C_1 [b_1 (R_{\Pi} + R_{\text{И}}) + b_2 L_T]$; $a_2 = C_1 [b_2 (R_{\Pi} + R_{\text{И}}) + b_3 L_T - R_{\text{И}}^2 C_2] + b_1$;
 $a_3 = C_1 [b_3 (R_{\Pi} + R_{\text{И}}) - R_{\text{И}}^2 C_2] + b_2$; $a_4 = b_3$.

Отсюда

$$I_{\Pi}(p) = \frac{R_{\Pi} C_1 U_0}{a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4}. \quad (6)$$

Применяя к (6) формулу разложения, получим оригинал i_{Π} в виде

$$i_{\Pi} = \sum_{k=1}^4 \frac{R_{\Pi} C_1 U_0}{4a_0 p_k^3 + 3a_1 p_k^2 + 2a_2 p_k + a_3} e^{p_k t}, \quad (7)$$

где p_k – корни характеристического уравнения $a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4 = 0$.

Решая аналогичным образом систему уравнений (1) относительно $I_{\text{Н}}(p)$ и $I_{\text{К}}(p)$, получим изображения токов в начале и конце РЛ:

$$I_{\text{Н}}(p) = \frac{C_1 U_0 (b_1 p^2 + b_2 p + b_3)}{a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4}.$$

$$I_{\text{К}}(p) = \frac{R_{\Pi} C_1 U_0 (p R_{\Pi} C_2 + 1)}{a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4}.$$

По формуле разложения находим оригиналы токов в начале и конце РЛ:

$$i_{\text{Н}} = C_1 U_0 \sum_{k=1}^4 \frac{b_1 p_k^2 + b_2 p_k + b_3}{4a_0 p_k^3 + 3a_1 p_k^2 + 2a_2 p_k + a_3} e^{p_k t}$$

и

$$i_{\text{К}} = R_{\Pi} C_1 U_0 \sum_{k=1}^4 \frac{p_k R_{\Pi} C_2 + 1}{4a_0 p_k^3 + 3a_1 p_k^2 + 2a_2 p_k + a_3} e^{p_k t}, \quad (8)$$

где $0 \leq t \leq t_{\text{от}}$.

В результате разряда на РЛ конденсатора C_1 на релейном конце РЦ заряжается конденсатор C_2 (см. рис. 1). Ток заряда $i_{\text{С}}$ может быть определен из соотношения

$$i_{\text{С}} = i_{\text{К}} - i_{\Pi}.$$

Подставив в это выражение значения токов из (7) и (8), получим

$$i_{\text{С}} = R_{\Pi} C_1 U_0 \sum_{k=1}^4 \frac{p_k R_{\Pi} C_2}{4a_0 p_k^3 + 3a_1 p_k^2 + 2a_2 p_k + a_3} e^{p_k t},$$

где $0 \leq t \leq t_{\text{от}}$

За счет энергии, накопленной конденсатором C_2 , после отсечки тока i_k во входной цепи ключевого элемента протекает разрядный ток $i_{C(P)}$, величина которого при заряде C_2 до напряжения U_2 рассчитывается по известной формуле

$$i_{C(P)} = \frac{U_2}{R_{\Pi}} \exp\left[-\frac{t}{R_{\Pi} C_2}\right], \quad (9)$$

где t – время, отсчитываемое с момента отсечки тока i_k через диод VD.

При этом имеется в виду то, что сопротивление диода VD в обратном направлении равно бесконечности.

Таким образом, ток во входной цепи ключевого элемента в течение действия высоковольтного импульса определяется по выражению (7), а с момента отсечки зарядного импульса – по выражению (9). Величина тока во входной цепи ключевого элемента должна обеспечить его замкнутое состояние в течение полупериода повторения высоковольтных импульсов.

Список литературы

1. Пельменев, В.А. Основные принципы построения импульсной фазосинхронной рельсовой цепи. сб. тр. «Модернизация процессов перевозок, систем автоматизации и телекоммуникаций на транспорте» // под ред. А.И.Годяева. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2010.
2. Пельменев, В.А. Математическое моделирование процессов в тракте формирования импульсов фазосинхронной рельсовой цепи. сб. тр. «Наука университета – новации производства» // под ред. Б.Е.Дынькина и А.Ф.Серенко. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2012.

УДК 353.32.082.5 : 621.39 : 681.7.068

Попова А.В., Прокопович М.Р., Смеликова И.Н., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ С ВОЛНОВЫМ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ

В работе рассмотрены результаты исследования поляризационно-модовой (ПМД) и хроматической ХД дисперсий и их изменение на реальной линии связи. Проведен анализ влияния обратных потерь (ORL) на спектр трансмиттера с прямой модуляцией несущей применительно к системам с волновым мультиплексированием.

Ключевые слова: модуляция, дисперсия, скорость передачи, мультиплексор, специальные измерения, рефлектометр, спектр.

Popova A.V., Prokopovich M.R., Smelikova I.S., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

THE PRACTICAL SIGNIFICANCE OF SPECIAL MEASUREMENTS IN TELECOMMUNICATION SYSTEMS WITH WAVE DIVISION MULTIPLEXING

The paper discusses the results of a study of the polarization-mode (PMD) and chromatic CD dispersions and their change in the real communication systems. The effect of optical return loss (ORL) on the spectrum of a transmitter with direct carrier modulation applied to systems with wave multiplexing is analyzed.

Key words: modulation, dispersion, transmission rate, multiplexer, special measurements, OTDR, spectrum.

Одним из факторов, определяющим максимальную скорость передачи информации по волоконно-оптическим линиям связи является дисперсия. В магистральных линиях передачи используются одномодовые оптические волокна (ОВ), в которых основными составляющими дисперсии являются хроматическая дисперсия (ХД), поляризационно-модовая дисперсия (ПМД) и профильная дисперсия (ПД). ХД достаточно хорошо изучена, и разработаны способы ее компенсации. ПМД и ПД как теоретически, так и практически изучены не достаточно, хотя их природа известна. В результате компенсации ХД, ее значение может быть доведено до величины, сравнимой с ПМД и ПД. Особенностью ХД является ее стабильность при изменении условий эксплуатации, если ее не коммутировать. Это же можно сказать и о ПД.

Не менее важным является спектральный состав передаваемого сигнала и особенно его изменения в процессе эксплуатации телекоммуникационного оборудования. Изменение длины волны оптического канала в системах с волновым мультиплексированием как широкозонных (WDM), так и узкозонных (DWDM) и поляризации его сигнала может вызвать такие изменения его параметров, что передача информации становится невозможной.

Как правило, при строительстве и эксплуатации волоконно-оптических линий обращается внимание на потери в них и рефлектометр или измеритель мощности сигнала есть в каждой инфокоммуникационной организации. При этом в большинстве случаев тестируются длинные линии. Известно, что основными характеристиками систем DWDM являются число рабочих каналов, оптические потери в каждом канале, величина переходного затухания группового сигнала, уровень обратного рассеяния, уровень вносимых поляризационных искажений, диапазон рабочих длин волн, значения и величина разноса спектральных несущих. Рефлектометры хорошего качества позволяют дополнительно измерять уровень обратного рассеяния (ORL), однако этого никогда не делается. Результатом этого является невозможность прогнозировать и анализировать состояние отказа в работе системы как на длинных линиях (более 20 км), так и

на коротких, длиной от 20 до 1000 м. Это особенно важно в абонентских инфокоммуникационных сетях первичной сети, поскольку они носят массовый характер и используют наиболее дешевое оборудование.

В крупных организациях измерение дисперсии сигнала ограничивается только хроматической дисперсией, если оно осуществляется вообще. Измерение других дисперсий не осуществляется. Не ведутся измерения спектральных характеристик оптических сигналов в линиях при текущей эксплуатации систем передачи.

Ряд параметров и характеристик линий стабильны и могут измеряться при их строительстве или ремонте. Одновременно есть такие характеристики линий, которые имеют сезонные изменения или критичны к замене компонентов линий. В случаях, когда осуществляется замена этих компонентов, необходимо проводить специальные контрольные измерения.

Рассмотрим какие внешние воздействия могут изменить параметры передачи оптической линии связи.

ПМД является по величине меньше, чем хроматическая, однако, как показало экспериментальное исследование реально действующей линии, ее изменения значительно превышают величину скомпенсированной хроматической дисперсии [1]. Измерения, проведенные на линии в грунте длиной 70 км, показали (рисунок), что за месяц хроматическая дисперсия линии за 25 дней января 2015 г. изменилась от 0,7986 пс до 0,7991 пс, то есть всего на 0,5 фс. Измеренная на этой линии ПМД колебалась в пределах от 0,10 пс до 0,33 пс. При точной компенсации хроматической дисперсии предельную скорость передачи без учета поляризационно-модовой дисперсии можно оценить величиной 1000 Тб/с, а с учетом последней всего 1,5 Тб/с.

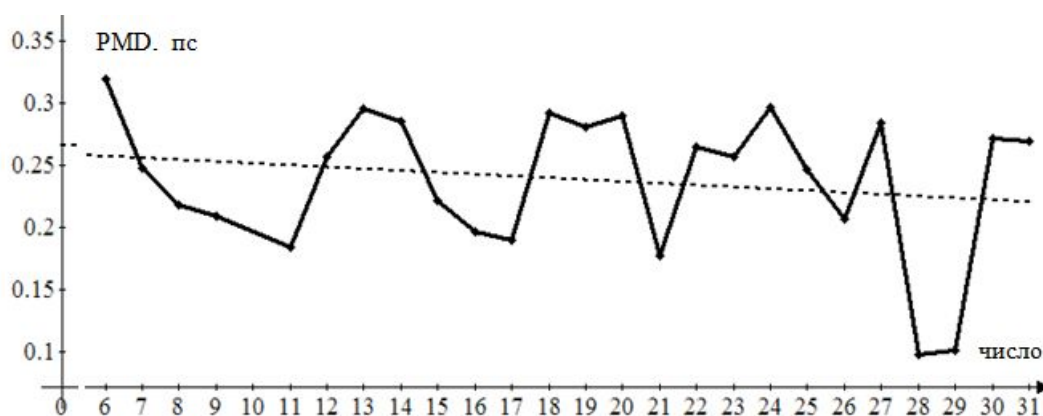


Рисунок. Поляризационно-модовая дисперсия линии в январе 2015 г.

Скорость передачи 1,5 Тб/с пока еще не достигнута и ПМД не будет ограничивать скорость передачи, но на расстоянии 7000 км эта дисперсия будет сказываться. Пока единственным способом ее уменьшения является использование оптического волокна с сохранением поляризации, изготовление которого довольно дорогое и его производство не достигло промышленных объемов.

Поскольку причиной ПМД является волноводная дисперсия, вызванная геометрической неоднородностью волокна, то можно ожидать уменьшения дисперсии посредством ослабления оптической активности волокон, наведенной искусственно. Для этого необходимо уменьшить изгиб и скручивание оптического кабеля, модулей и оптических волокон.

Не менее важным является систематическое измерение как ХД, так и ПМД для того, чтобы знать состояние линии передачи и в случае необходимости принять профилактические меры.

Обратное отражение (ORL) является вторым после потерь по отрицательному влиянию на систему передачи оптического сигнала. По своему воздействию оно схоже с рассогласованием электрической кабельной системы передачи. В пункт приема приходит мощный сигнал, а передаваемая информация искажена. Обратное отражение сказывается на широкополосной аналоговой передаче, широкополосной цифровой передаче, в абонентских сетях кабельного телевидения, пассивных оптических сетях, особенно в линиях с большим числом разъемных соединений, даже в соседних абонентских линиях.

Сильное обратное отражение от стыков разъемных соединителей может взаимодействовать с активной средой лазерного передатчика и, в конечном итоге, приводить к такому изменению параметров сигнала, что его передача становится невозможной. Характерным является то, что эффект воздействия обратного отражения на передаваемый сигнал мало зависит от длины линии. Это явление происходит в трансмиттерах.

Если раньше маршрутизаторы и коммутаторы помимо электрического входа имели оптический вход, то сейчас их значительная часть выпускается с электрическим входом. Это, естественно, удешевляет коммутирующие устройства, которые дополняются медиаконвертерами универсального типа – трансиверами в случае использования оптического сигнала. Выпуск трансиверов принял широкий размах и выпускается больше чем пятьюдесятью фирмами. Трансиверы рассчитаны на работу от 100 м до 80 км.

Ведущие фирмы выпускают все трансиверы с внешней модуляцией трансмиттеров как на большие расстояния, так и на малые. Использование внутренней модуляции лазерных диодов (ЛД) еще не очень освоено, да и мало эффективно. В некоторых случаях фирмы популяризуют или выпускают контрафактную продукцию под брендами ведущих фирм, нанося ущерб ведущим производителям и потребителям контрафактной продукции. Так получилось и с трансиверами. На рынке появились трансиверы, использующие трансмиттеры с прямой модуляцией.

Особенность прямой модуляции заключается в том, что при каждом включении ЛД происходит переходный процесс от возбуждения ЛД как генератора, до его установившегося режима [2]. Этот процесс происходит на квантовом уровне и его продолжительность составляет около $1 \cdot 10^{-9}$ с., частота генерации диода изменяется и ширина спектра несущей увеличивается. Этого достаточно для обеспечения скорости передачи 10 и более Гб, но при этом растет хроматическая дисперсия, которая, конечно, может быть скомпенсирована.

При наличии обратных потерь частота генерации изменяется, поскольку в частотоподающую систему ЛД (интерферометр Фабри-Перо) добавляется реактивное сопротивление. При этом меняется установившаяся частота (длина волны) генерации с расширением спектральной линии на величину $\Delta\lambda$,

$$\Delta\lambda = \frac{\varepsilon\lambda^2}{4\pi L}, \quad (1)$$

где λ – длина волны; L – расстояние между зеркалами ЛД; ε – сдвиг фаз, вносимый линией в диод.

$$\varepsilon = 10^{-ORL / 20}. \quad (2)$$

При $ORL = 20$ дБ, длине волны 1 мкм, и $L = 1$ мм, изменение длины волны составит около 0,01 нм. По данным [2] в результате нелинейности ЛД может стать многомодовым или прекратить работу даже при $ORL = 50$ дБ.

В результате выполнения работы рекомендуем осуществлять измерение дисперсий и ORL при выполнении регламентных и ремонтных работ. Этот же контроль необходим в случаях сбоя в сети для выяснения его причин.

Список литературы

1. Кириченко А.Н., Луцик А.А., Прокопович М.Р.. Поляризационно-модовая дисперсия реальной линии в зимний период. 2017
2. Луцик А.А. Прокопович М.Р. Влияние изменения сезонной температуры на ПМД в оптических волокнах. Научно-техническому и социально-экономическому развитию Дальнего Востока России – инновации молодых.: тезисы докладов 75-й юбилейной студенческой научно-практической конференции. хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2017 г.

УДК 658.52

Барабаш П.И., Савин С.З., Вычислительный центр ДВО РАН, Хабаровск

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ РАБОТ В ТРАНСПОРТНЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Рассматривается задача профилактических работ по ремонту и замене оборудования в сложных информационных системах на транспорте с заданными нормативными параметрами сроков обслуживания. Приводится математическая модель в форме решения задачи целочисленного программирования с булевыми переменными. Предлагается комбинаторный подход к решению задачи, путем направленного перебора и заданного числа итераций. Разработан алгоритм для реализации на ЭВМ. Проведены экспериментальные расчеты по предлагаемому алгоритму.

Ключевые слова: математическое моделирование, транспортная информатика, оборудование автоматики, телемеханики и связи, вычислительная техника, исследование операций, системный анализ, алгоритмы, календарное планирование, программирование, профилактика.

Barabash P.I., Savin S.Z., Computer center of FEB RAS, Khabarovsk

MATHEMATICAL MODEL FOR CALENDAR PLANNING OF PREVENTIVE MEASURES EQUIPMENT IN TRANSPORT INFOCOMMUNICATION SYSTEMS

We consider the problem of preventive repair and replacement of equipment in complex information systems in transport with standard-specific parameters of the terms of service. A mathematical model in the form of a solution to the problem of integer programming with Boolean variables. Proposed combinatorial approach to solving the problem by a directed search and a given number of iterations. The algorithm for implementation on a computer. The experimental estimates by the proposed algorithm.

Key words: mathematical modeling, transport Informatics, automation equipment, telemechanics and communication, computer science, operations research, system analysis, algorithms, scheduling, programming, prevention.

Функционирование сети железнодорожного транспорта на федеральном и региональном уровнях, управление учреждениями РЖД в условиях противоречивых рыночных отношений (рынка транспортных услуг, маркетинга, рынка страховых компаний, тарифной политики, спроса и предложения, свободного выбора вида перевозок, зависимости оплаты труда от объема и качества и пр.) вовсе не исключают, а напротив, требуют активного использования принципиально новых форм и методов управления, адекватных сути рыночных социально-экономических процессов. До сих пор слабо исследованы вопросы применения математических методов анализа для решения задач экономического характера учреждениями структуры РЖД, что в экономической практике холдинга приводит к нерациональному распределению ресурсов и несвоевременной реакции на изменения, возникающие на рынке транспортных услуг. Планирование деятельности является одним из основных управленческих процессов, поскольку имеет целью приведение возможностей предприятия в соответствие с условиями рынка [1]. Эти требования могут быть учтены только путем экономико-математического моделирования самого процесса перевозок и связанных с ним средствами инфокоммуникационных технологий. Как известно, планово-предупредительный ремонт (ППР) – это комплекс организационно-технических мероприятий по надзору, уходу и всем видам ремонта, которые проводятся периодически по заранее составленному плану. Благодаря этому предупреждается преждевременный износ оборудования, устраняются и предупреждаются аварии, системы противопожарной и иной защиты поддерживаются в постоянной эксплуатационной готовности. Система планово-предупредительного ремонта как составная часть системы технического обслуживания и ремонта, включает в себя следующие виды технического ремонта и обслуживания: еженедельное техническое обслуживание, ежемесячный текущий ремонт, ежегодный планово-предуп-

редительный ремонт [2]. Ежегодный планово-предупредительный ремонт проводится в соответствии с годовым план - графиком ППР оборудования. Годовой график планово-предупредительного ремонта определяет потребности в ремонтном персонале, в материалах, запасных частях, комплектующих изделиях. В график ППР включается каждая единица, подлежащая капитальному и текущему ремонту. Для составления годового графика планово-предупредительного ремонта необходимы нормативы периодичности ремонта оборудования. Эти данные можно найти в паспортных данных завода-изготовителя, если завод это специально регламентирует, либо использовать справочники и ведомственные нормативы [3]. Сущность системы планово-предупредительного ремонта оборудования заключается в том, что после отработки каждым агрегатом или вычислительным устройством определенного количества часов производятся профилактические осмотры и различные виды плановых ремонтов этого агрегата (капитальный, средний, малый), чередование и периодичность которых определяются назначением агрегата, его конструктивными и ремонтными особенностями, габаритами и условиями эксплуатации.

Система ППР на железнодорожном транспорте предупреждает прогрессирующий износ оборудования, устраняет возможность случайного выхода его из строя, позволяет осуществлять предварительную подготовку ремонтных работ и выполнять их в кратчайшие сроки, создает необходимые предпосылки для наиболее эффективного использования оборудования, увеличения времени его полезной работы, уменьшения интенсивности износа деталей машины, повышения качества ремонтных работ [4]. Система ППР предусматривает применительно к различным видам оборудования и условиям его эксплуатации разную продолжительность межремонтных циклов, межремонтных и межосмотровых периодов. Все эти виды ППР нужно корректно классифицировать и учитывать при создании математических моделей и методов календарного планирования средств ИТ-структуры РЖД [5, 6]. Что касается теоретической методологии решения задач календарного планирования, то она мало изменилась со времен публикации ключевых работ основоположников математической теории процессов управления и динамического программирования [7, 8, 9, 10, 11, 12].

При обслуживании сложных транспортных, технических и других систем возникают разнообразные организационно-экономические задачи связанные с контролем состояния оборудования. Основной целью решения таких задач является принятие решений по контролю, своевременному профилактическому ремонту и замене оборудования в каждый отведенный период планирования, регламентированный существующим нормативами. Оптимизация календарного плана таких работ, как правило, есть минимизация средней стоимости таких мероприятий в единицу времени, с целью равномерного использования имеющихся ресурсов (например, трудоемкости в единицах времени). На практике несоблюдение сроков замены и профилактического ремонта может происходить по различным причинам, в том числе из-за отсутствия оптимального рас-

писания таких работ. Невыполнение сроков профилактических работ может привести к снижению качества выпускаемой продукции, к частым поломкам оборудования, вплоть до крупных аварий, экономические затраты, по устранению которых, могут многократно превышать запланированные расходы на профилактический осмотр и ремонт. Обычно профилактическая замена (ПЗ) заключается в замене одного устройства другим с целью восстановления свойств первого, т. е. профилактического ремонта. Если ремонт невозможен, то имеет смысл говорить об обновлении оборудования [13].

Итак, предполагается, что техническая, инфокоммуникационная или любая другая железнодорожно-транспортная система включает в себя разные типы устройств. Количество единиц оборудования (устройств) известно. Каждому типу устройства соответствует трудоемкость и нормативный срок замены (ремонта, обслуживания). Имеется возможность удлинения и сокращения нормативных сроков замены в некоторых пределах. Для каждого устройства известен срок его эксплуатации после последнего осмотра (профилактики) на начало планового периода. Известна мощность ремонтных (обслуживающих) служб, которая может быть переменной в пределах планового периода [14]. Требуется за счет изменения нормативных сроков в установленных пределах составить такое расписание профилактического ремонта (обслуживания), чтобы трудоемкость этих работ соответствовала планируемой мощности ремонтных служб в каждом промежутке планируемого периода.

Для этого разработана математическая модель задачи календарного планирования, которая сводится к решению задачи целочисленного программирования с булевыми переменными. Задача профилактической замены или ремонта, что в дальнейшем будем понимать как одно и то же, k -го типа оборудования, заключается в ПЗ (плановая замена) через каждые l_k времени (рис. 1), которые задаются нормативно).

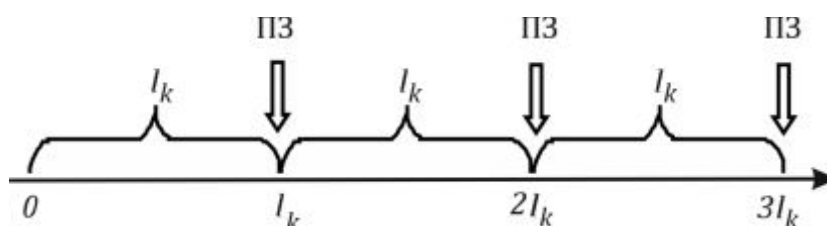


Рис. 1. Замена через интервалы равной длительности

Решение рассмотренной задачи целочисленного программирования формально возможно различными методами [7, 15, 16, 17]. Однако из-за большого количества переменных этот выбор точного решения практически нереально реализовать [8, 9, 18].

Предлагается комбинаторный метод поиска оптимального решения, который состоит из последовательности итераций, каждая из которых ведет к улучшению плана профилактических работ (рис. 2).

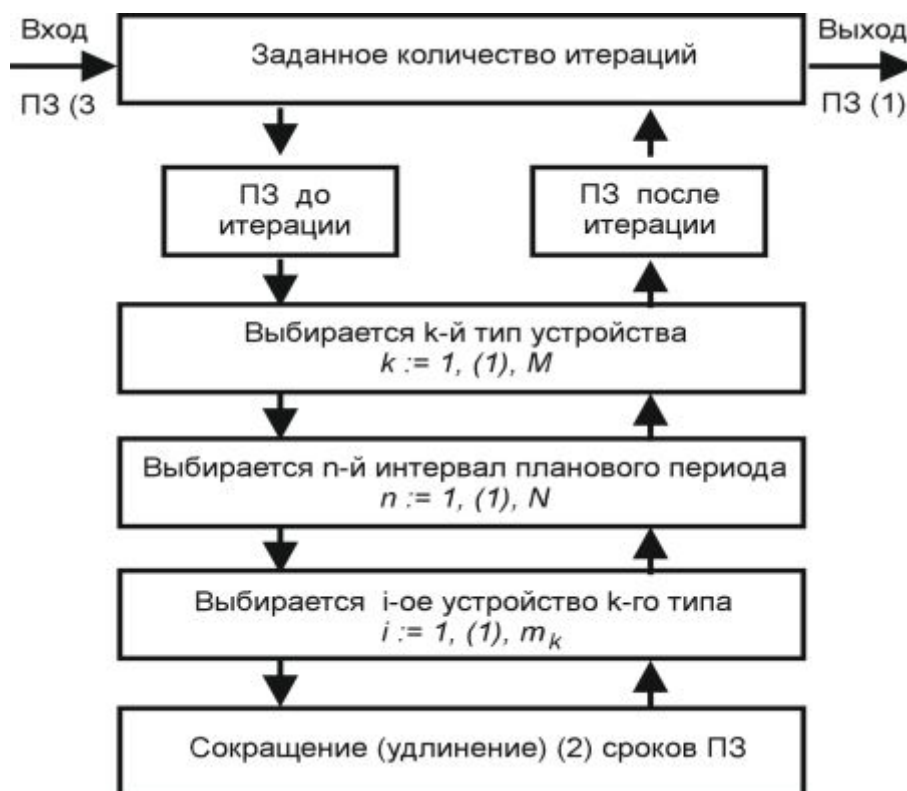


Рис. 2. Последовательность формирования плана

В режиме интерактивного поиска на ЭВМ можно остановить процесс оптимизации после заданного числа итераций с заданной погрешностью. Учитывая особенности данной задачи, предлагается метод прямого просмотра исходного плана. Каждый тип устройства просматривается отдельно с учетом результатов просмотра предыдущих типов [19, 20].

Просмотр начинается с первого месяца периода планирования. Так, если в n -ом месяце текущая трудоемкость по всем типам устройств меньше (больше) величины usr_{pn} , то происходит сокращение (удлинение) сроков замены возможного количества устройств данного типа [5, 6, 12].

Таким образом, нами предлагается новый подход к задаче планирования профилактических работ по ремонту и замене оборудования в сложных системах с заданными нормативными параметрами сроков обслуживания. Использован комбинаторный подход к решению подобной задачи путем направленного перебора и заданного числа итераций. Предлагается математическая модель задачи, которая сводится к решению задачи целочисленного программирования с булевыми переменными. Разработан алгоритм для реализации на ЭВМ, а также проведены экспериментальные расчеты по предлагаемому алгоритму.

Список литературы

1. Красковский, А.Е., Фортунатов, В.В. Прорывные управленческие технологии на железнодорожном транспорте. – СПб. : ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения». 2012. – 339 с.

2. Мальгина, Н.А. Составление годового план-графика планово-предупредительного ремонта оборудования. [Электронный ресурс]. Режим доступа : url: [www.http://malgina.ru](http://malgina.ru) (Дата обращения 1.09.2017).
3. Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий. – М., «Машиностроение», 2014. – 592 с.
4. Корниенко, Т.А. Теоретические аспекты теорий неомодернизации // Экономика и социум. 2013. № 2 (7). [Электронный ресурс]. url: [www.http://iupr](http://iupr) (Дата обращения 31.08.2017).
5. Россихина, Л.В. Постановка задачи формирования календарного плана с взаимозависимыми мероприятиями и алгоритм ее решения // Вестник Воронежского института МВД России. 2014, № 3.– С. 112–124.
6. Тууль, Е.А., Фридлянд, А.М. Задача планирования комплекса профилактических мероприятий при ограниченном финансировании // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета, 2006, № 5, Т. 8. – С. 16–22.
7. Беллман, Р.Э. Введение в теорию матриц. Перевод с английского. – М. : Издательство «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1969. – 375 с.
8. Болтянский, В.Г. Оптимальное управление дискретными системами. – М : «Наука», 1974, – 379 с.
9. Болтянский, В.Г. Математические методы оптимального управления. – М : «Наука», 1969. 408 с.
10. Ли Э.Б., Маркус Л., Основы теории оптимального управления. – М. : Наука, 1972. – 574 с.
11. Чаки, Ф. Современная теория управления. – М. : Мир. 1975. – 518 с.
12. Buker T., Seybold B. Stochastic modeling of delay propagation in large networks // Journal of Rail Transport Planning and Management, 2012. 2(12), pp. 34-50.
13. Жардин, Э. Техническое обслуживание оборудования // Исследование операций. Т.2. Модели и применение / под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. – М. : Мир, 1981, с. 344–363.
14. Tornquist J., Computer-based decision support for railway traffic scheduling and dispatching: A review of models and algorithms // Proceedings of the 5th Workshop on Algorithmic Methods and Models for Optimization of Railways. 2005; pp. 143-145.
15. Корбут, А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. – М. : Наука, 1969. 368с.
16. Кофман, А., Анри-Лабордер А. Методы и модели исследования операций. Целочисленное программирование. – М. : Мир, 1977. 251 с.
17. Таха, Х. Введение в исследование операций: В 2-х книгах. Кн.1. пер. с англ. М.: Мир, 1985. 479 с.
18. Тулупов, Л.П., Юйлиан Я. Многофакторное оперативное нормирование времени выполнения технологических процессов // Вестник ВНИИЖТ. 1997. – № 5. – С. 20–24.
19. Барабаш, П.И., Баткин, А.И., Малай, Г.П. Оптимизация обслуживания систем железнодорожной автоматики и телемеханики // Модели, методы и средства принятия решений, Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. – С. 85–91.
20. Барабаш, П.И. Математическая модель для оптимизации плана замены и ремонта оборудования // Технологии техносферной безопасности. – 2013. – № 4 (50). – С. 27–28.

УДК 656.25

Горелик А.В., Журавлев И.А., Орлов А.В., Российский университет транспорта (МИИТ), Москва

КОНЦЕПЦИЯ НОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

Статья посвящена основным принципам применения методологии управления ресурсами рисками и анализа надежности (УРРАН) в хозяйстве железнодорожной автоматики и телемеханики. Рассмотрены основные положения методологии, определены цели и задачи, рассмотрен подход к менеджменту рисков и описана базирующаяся на нем концепция нормирования показателей надежности объектов железнодорожной автоматики и телемеханики.

Ключевые слова: методология УРРАН, риски, менеджмент рисков, нормирование показателей надежности, показатели структурной и функциональной надежности, модель ALARP

Gorelik V.A., Zhuravlev I.A., Orlov A.V., Russian University of Transport (MIIT), Moscow

THE CONCEPT OF VALUATION AND ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF RAILWAY AUTOMATICS

The article is devoted to the basic principles of the methodology of resource management risk and reliability analysis (STMS) in the sector of railway automatics and telemechanics. The basic principles of the methodology, defined goals and objectives, an approach to risk management and described based on the concept of rationing of indicators of reliability of railway automatics and telemechanics.

Key words: methodology URRAN, risk, risk management, standardization of indicators of reliability, indicators of structural and functional reliability, the ALARP model.

С целью решения проблемы повышения эффективности содержания объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта последние несколько лет в ОАО «РЖД» активно внедряется методология управления ресурсами, рисками и анализа надежности УРРАН.

В хозяйстве автоматики и телемеханики методология УРРАН призвана решить целый ряд сложных и взаимосвязанных задач, по улучшению качества функционирования отдельных систем ЖАТ, а также повышению эффективности деятельности структурных подразделений хозяйства.

Для отдельных систем ЖАТ с ее помощью решаются задачи:

- нормирования, оценки, анализа и прогнозирования уровня надежности на конкретной станции или перегоне;
- оценки и анализа целесообразности и эффективности эксплуатации, капитального ремонта и модернизации в конкретных условиях;

– минимизации стоимости жизненного цикла за счет оптимального соотношения инвестиций и эксплуатационных расходов;

– обоснования периодичности технического обслуживания, ремонта и замены.

Структурным подразделениям методология УРРАН дает возможность:

– комплексно оценить и планировать свою деятельность по показателям надежности и безопасности функционирования, качества технического обслуживания и ремонта средств ЖАТ;

– проводить объективный и всесторонний анализ различных показателей деятельности;

– анализировать причины непроизводительных потерь и основные процессы для обеспечения показателей готовности технических средств ЖАТ [1–8].

Концептуально методология базируется на идеях риск-менеджмента, поэтому в основе решения базовых задач лежит оценка и анализ рисков, а также управление ими.

Для эффективной оценки рисков показатели надежности объектов железнодорожной инфраструктуры разделяют на показатели функциональной и структурной надежности. Показатели функциональной надежности характеризуют качество предоставляемых услуг, показатели структурной надежности описывают надежность самих технических систем без учета процесса их использования по назначению.

Эти две группы показателей неравнозначны – для эффективной реализации методологии УРРАН наиболее важны показатели функциональной надежности, а показатели структурной надежности можно поддерживать ровно на том уровне, какой необходим для обеспечения показателей первой группы.

Согласно методологии УРРАН в хозяйстве автоматики и телемеханики используется понятие технического риска. Так, например, риск, связанный с надежностью функционирования технических средств, целесообразно рассматривать с точки зрения потерь поездо-часов из-за отказов. Они характеризуют непосредственное влияние уровня структурной надежности системы ЖАТ на процесс перевозок.

Для оценки риска в методологии УРРАН применяют модель ALARP, которая описывает уровень риска по качественной и количественной шкале. В соответствии с [9] она состоит из четырех областей риска с категориями: «недопустимый», «нежелательный», «допустимый», «не принимающийся в расчет». Целесообразным считают уровень риска, находящийся на границе второй и третьей областей рисков.

Очевидно, что при оценке риска для систем ЖАТ (риска потерь поездо-часов из-за возможных отказов) приемлемый уровень потерь поездо-часов должен находиться в области значений, который системы ЖАТ в состоянии обеспечить в процессе функционирования на участках железнодорожных линий различных классов и специализаций. Риск, определяемый таким уровнем потерь поездо-часов должен соответствовать границе между категориями «недопустимый» и «нежелательный».

Каждому уровню риска по надежности функционирования системы ЖАТ соответствуют свои уровни функциональной и структурной надежности. Целесообразный уровень надежности в модели ALARP характеризует допустимые значения соответствующих показателей надежности. При этом приемлемый уровень рисков потерь поездо-часов в основном будет определяться не только уровнем структурной надежности системы ЖАТ, но и классом и специализацией железнодорожной линии, объемом и интенсивностью поездных и маневровых передвижений, а также рядом иных факторов.

Задача определения допустимых значений показателей надежности называется нормированием показателей надежности и является базовой для реализации всей методологии УРРАН. В рамках концепции был определен комплекс показателей надежности и подходы к их нормированию.

Классификация основных показателей надежности представлена на рис. 1.

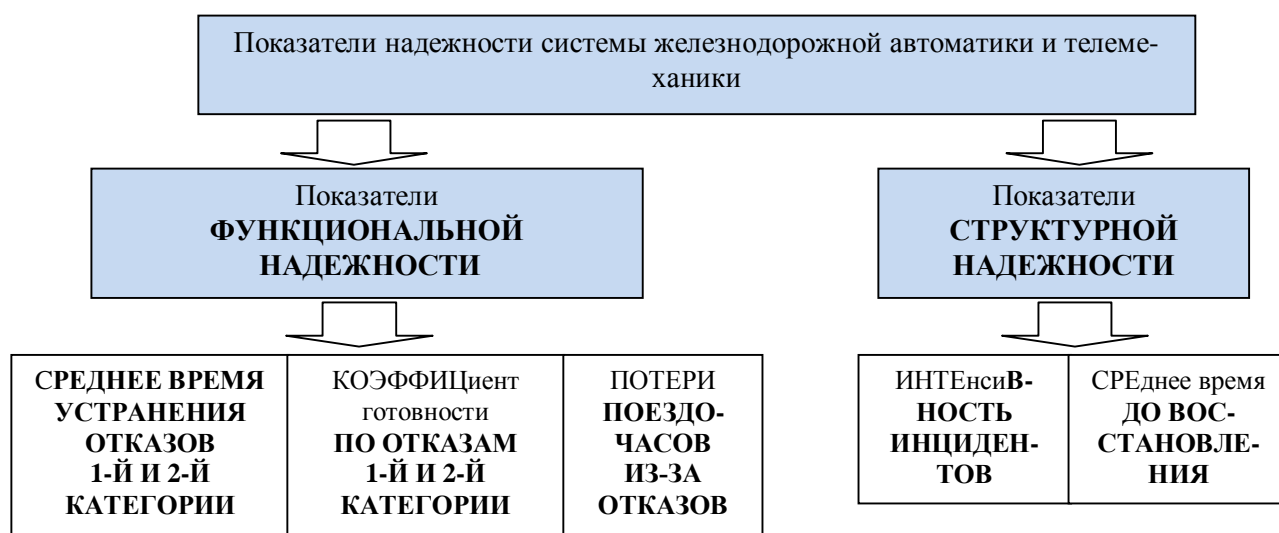


Рис. 1. Классификация основных показателей надежности систем ЖАТ

Оценка надежности функционирования систем ЖАТ является комплексной задачей, поэтому перечень показателей надежности должен, прежде всего, отражать влияние уровня безотказности и ремонтпригодности различных систем ЖАТ на перевозочный процесс. При этом следует учитывать, что величина ущерба из-за отказов определяется показателем потерь поездо-часов. Поскольку отказы 1-й и 2-й категории оказывают существенное влияние, показатели функциональной надежности оцениваются с помощью:

- среднего времени их устранения, характеризующего оперативность этого процесса,
- коэффициента готовности по таким отказам, который характеризует как безотказность, так и ремонтпригодность системы ЖАТ.

Основное требование, предъявляемое к показателям структурной надежности – возможность более глубокого анализа уровня надежности систем ЖАТ и возможных последствий их отказов. В связи с этим такие показатели должны

определяться по всем отказам независимо от категории, поскольку любой потенциальный отказ при определенном стечении обстоятельств может вызвать сбои в графике движения поездов.

Установлено, что показатели безотказности, характеризующие только поток отказов, не позволяют объективно судить о надежности системы ЖАТ. Для получения объективной картины требуется дополнительно учитывать отдельные виды предотказных состояний, а также отступления от норм содержания. Все перечисленные события, потенциально способные повлиять на процесс перевозок, были обобщены понятием «инцидент» и вместе с отказами 1-й, 2-й и 3-й категории объединены в одну статистическую совокупность инцидентов. Соответствующий показатель назвали интенсивностью инцидентов системы ЖАТ.

Все представленные на рис. 1 показатели надежности первоначально вычисляются для каждой системы (объекта) ЖАТ на конкретной станции или перегоне. На основе показателей отдельных объектов ЖАТ могут формироваться обобщающие (интегральные) показатели, характеризующие состояние различных участков, в том числе, определяемых границами производственной деятельности конкретного структурного подразделения.

Нормирование показателей надежности в соответствии с методологией УР-РАН выполняется по следующей последовательности. В начале определяется расчетная величина размеров последствий в виде потерь поездочасов, на основе которой находят все допустимые значения показателей надежности функционирования объекта ЖАТ. Затем вычисляют допустимые значения показателей структурной надежности. Следует обратить внимание на то, что в отличие от всех остальных показателей, норма показателя потерь поездочасов зависит от интервала времени, на который она рассчитывается – отчетного интервала времени.

Расчетное значение потерь поездочасов за отчетный интервал времени следует определять исходя из имеющихся технических возможностей для большинства объектов ЖАТ. Очевидно, что на различных участках дорог с разным объемом и интенсивностью перевозок, допустимы различные значения потерь. В связи с этим расчетное значение потерь поездочасов должно приниматься одинаковым для всех объектов ЖАТ, эксплуатирующийся на линии определенного класса и специализации. Такой подход призван обеспечить равный уровень перевозочного процесса в ее пределах. Нормативное значение потерь поездочасов оценивают на основе обработки и обобщения статистической информации о потерях поездочасов, зарегистрированных в системе КАС АНТ, и вызванных отказами различных объектов ЖАТ в пределах линий заданного класса и специализации за интервал наблюдения, равный трем предыдущим календарным годам по отношению к текущему.

Модель обработки статистических данных о потерях поездочасов из-за отказов представлена на рис. 2. На основе фактических значений за интервал наблюдения по всем объектам ЖАТ в пределах железнодорожных линий опреде-

ленного класса вычисляется среднее значение потерь поездо-часов. Расчетное значение для объекта ЖАТ находят путем статистической поправки, применяемой по отношению к среднему значению. Полученное таким образом расчетное значение масштабируется на длительность отчетного интервала и является приведенным на один объект ЖАТ. Норма показателя надежности (расчетное значение потерь поездо-часов за отчетный интервал времени) является одинаковой для всех объектов ЖАТ в пределах железнодорожной линии одного класса и специализации. Полученные нормы могут периодически пересматриваться.

В качестве допустимого значения среднего времени устранения отказов 1-й и 2-й категории целесообразно использовать утвержденное для каждого объекта ЖАТ значение регламентного времени устранения отказов. Допустимое значение (норма) коэффициента готовности по таким отказам рассчитывается на основе допустимых значений их интенсивности и среднего времени устранения.

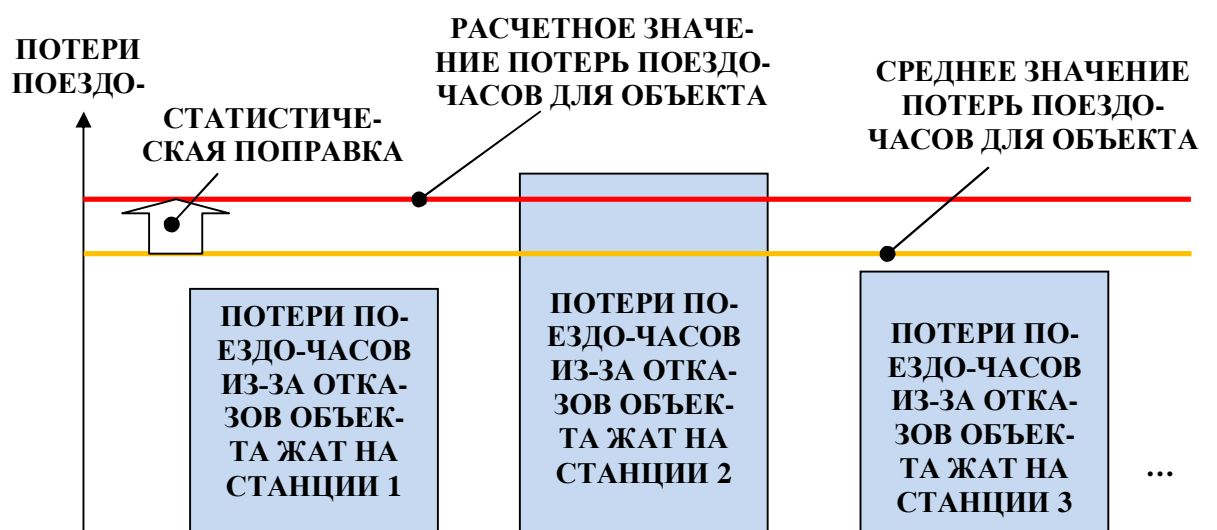


Рис. 2. Модель обработки статистических данных о потерях поездо-часов из-за отказов объектов ЖАТ

Рассчитывать допустимое значение интенсивности отказов 1-й и 2-й категории необходимо на основе анализа зависимости потерь поездо-часов от количества и частоты этих отказов.

Общая схема расчета строится на основе расчетного значения потерь поездо-часов за отчетный интервал времени для объектов ЖАТ на конкретных линиях с учетом фактических (предполагаемых) условий эксплуатации. При этом учитываются влияющие факторы, описывающие временные характеристики процессов восстановления после отказов и движения поездов. Для количественного описания воздействия влияющих факторов на допустимое значение интенсивности отказов разработана специальная математическая модель, основанная на применении теории массового обслуживания и теории импульсных случайных потоков [10–12].

В пределах железнодорожной линии одного класса и специализации характеристики потока поездов и значение регламентного времени устранения отказов будут изменяться в зависимости от конкретных эксплуатационных условий. В связи с этим допустимое значение интенсивности отказов 1-й и 2-й категории в общем случае рассчитывается отдельно для каждого объекта ЖАТ.

После определения допустимых значений всех показателей надежности функционирования объекта ЖАТ рассчитываются нормы показателей его структурной надежности (интенсивности инцидентов и среднего времени до восстановления).

Для определения допустимого значения интенсивности инцидентов определяют среднее соотношение между инцидентами и отказами 1-й и 2-й категории в пределах железнодорожной линии определенного класса и специализации. Данное соотношение рассматривается, как масштабирующий коэффициент, который используется для пересчета допустимого значения интенсивности отказов 1-й и 2-й категории в соответствующее допустимое значение интенсивности инцидентов.

Допустимое значение среднего времени до восстановления принимают в качестве единой нормы для всех объектов ЖАТ с близкими значениями регламентного времени устранения отказов. Последнее рассчитывается на основе статистической обработки данных о фактическом значении среднего времени до восстановления (вычисленного по всем категориям отказов) по множеству объектов ЖАТ. Модель определения допустимого значения среднего времени до восстановления объекта ЖАТ аналогична модели определения расчетного значения потерь поездо-часов из-за отказов объекта ЖАТ (см. рис. 2).

На основе рассчитанных в соответствии с разработанной концепцией допустимых значений показателей надежности отдельных объектов ЖАТ в последующем вычисляются нормы интегральных показателей для отдельных участков железнодорожных линий, а также для всей инфраструктуры ЖАТ в границах производственной деятельности структурных подразделений.

Список литературы

1. Методика оценки функционального ресурса технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики (утверждена ОАО «РЖД» 21 ноября 2015 г.).
2. Методика оценки рисков, связанных с функционированием систем железнодорожной автоматики и телемеханики ОАО «РЖД» (утверждена ОАО «РЖД» 21 ноября 2015 г.).
3. Методическое руководство по управлению ресурсами и рисками в хозяйстве автоматики и телемеханики на основе методологии УРРАН (утверждено ОАО «РЖД» 21 ноября 2015 г.).
4. Методика расчета показателей надежности и безопасности функционирования железнодорожной автоматики и телемеханики (утверждена ОАО «РЖД» 21 ноября 2015 г.).
5. Методика оценки стоимости жизненного цикла систем ЖАТ на основе методологии УРРАН (утверждена распоряжением старшего вице-президента ОАО «РЖД» В.А. Гапановича № 2706/р от 27 декабря 2016 г.).
6. Методика комплексной оценки деятельности структурных подразделений хозяйства автоматики и телемеханики по показателям надежности и безопасности функционирования,

качества технического обслуживания и ремонта систем и устройств (утверждена распоряжением старшего вице-президента ОАО «РЖД» Г.В. Верховых № 2590р от 19 декабря 2016 г.).

7. Методика определения эффективности эксплуатации и модернизации систем ЖАТ в зависимости от классификации железнодорожных линий (утверждена распоряжением старшего вице-президента ОАО «РЖД» В.А. Гапановича № 2651/р от 23 декабря 2016 г.).

8. Методика сбора, обработки и расчета показателей эффективности функционирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики (утверждена распоряжением старшего вице-президента ОАО «РЖД» В.А. Гапановича № 2651/р от 23 декабря 2016 г.).

9. ГОСТ Р 54505-2011 «Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте». Введен в действие 01.08.2012.

10. Аношкин В.В., Горелик А.В., Поменков Д.М., Смагин С.Б. Реализация методологии УРРАН в хозяйстве автоматики и телемеханики // М.: автоматика, связь, информатика, №6/2017.

УДК 656.42:656.25-52:656.22.05

Сидоренко В.Г., Российский университет транспорта (МИИТ)

Чжо М.А., Национальный исследовательский университет
Высшая школа экономики, Москва

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА МЕТРОПОЛИТЕНА

Авторами реализована и апробирована для условий Московского метрополитена процедура построения графика оборота электроподвижного состава (ГО) на основе генетического алгоритма (ГА). Выполнена постановка задачи реализации процедуры построения ГО на основе искусственной иммунной системы (ИИС).

Ключевые слова: электроподвижной состав, планирование, техническое обслуживание, генетический алгоритм, искусственная иммунная система

Sidorenko V.G., Russian University of Transport (MIIT)

Kyaw M.A., National Research University Higher School of Economics, Moscow

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN SCHEDULING OF SUBWAY'S TRANSPORTATION PROCESS

The authors implemented and tested the electric rolling stock turnover scheduling of Moscow Metro based on the genetic algorithm. The task of procedure scheduling for rolling stock turnover was performed based on artificial immune system.

Key words: electric rolling stock, planning, maintenance, genetic algorithm, artificial immune system.

Вычислительные системы, основанные на теоретических иммунологических и генетических механизмах, в настоящее время широко применяются для решения разнообразных научных и технических задач. В работе [1] с помощью контрольных функций протестированы относящиеся к данному классу систем искусственные иммунные системы (ИИС) и генетические алгоритмы (ГА). ИИС представляется лучшим выбором для функций гладкой формы, унимодальных и мультимодальных функций, а ГА работал с лучшей производительностью на сильно мультимодальных тестовых функциях.

В данной работе авторы рассмотрят практические аспекты применения ИИС к организации технического обслуживания (ТО) электроподвижного состава (ЭПС) метрополитенов.

Данная задача уже решена с использованием теории графов [2] и ГА [3]. Интерес представляет сравнение производительности ИИС и ГА для конкретного типа задач.

Для выбора рационального варианта реализации графика оборота электроподвижного состава (ГО) с точки зрения равномерного распределения ТО необходимо выбрать критерий оценки, идентичный описанным в работах [2].

В работах [2], [4] авторы в качестве критерия рационального планирования ТО ввели критерий равномерности размещения ремонтов, определяемый одним из двух способов:

- как сумма квадратов отклонений времен начала ремонтов для кандидата, используемого для проведения ремонта, от желаемых времен начала проведения ремонтов:

- как сумма квадратов интервалов времени между ремонтами.

Необходимым условием построения плана ТО является превышение количества кандидатов, которые могут быть использованы для проведения ремонтов, над количеством необходимых ремонтов или равенство этих величин:

В случае невыполнения необходимого условия построения плана ТО, а это и есть ситуация наличия ограниченных ресурсов для реализации требований проведения ТО ЭПС, в качестве критерия выбора варианта реализации плана ТО может выступать суммарное превышение времени между ремонтами над допустимым интервалом времени между двумя ремонтами.

Превышение времени между ремонтами над допустимым интервалом времени между двумя обслуживаниями может распределяться по-разному при одинаковой общей продолжительности. Если значимым является разделение этого времени на непродолжительные интервалы, то имеет смысл рассматривать квадратичный критерий.

При описании ГА и ИИС используются определения, заимствованные из генетики [5]. В табл. 1 и 2 представлены основные термины.

Таким образом, родственными понятиями можно считать понятия хромосомы и антитела; фитнес-функции и аффинности. Принципиальным отличием ГА является наличие действия кроссинговера.

Таблица 1. Основные термины ГА

Термин, заимствованный из генетики	Аналогичный технический термин	Определение
Популяция, поколение	Совокупность особей	Конечное множество особей, рассматриваемое на итерации эволюции
Особь	Индивидуум, экземпляр	Генотип либо единичная хромосома, если генотип состоит из одной хромосомы
Хромосома	Цепь, двоичная последовательность, цепочка или кодовая последовательность	Упорядоченные последовательности генов
Ген	Свойство, знак или детектор	Атомарный элемент генотипа, в частности, хромосомы.
Генотип	Структура	Набор хромосом особи
Фенотип	Совокупность характеристик	Набор значений, соответствующих данному генотипу, т. е. декодированная структура или множество параметров задачи (решение, точка пространства поиска)
Локус	Место	Местоположение определённого гена на генетической карте хромосомы
Аллель	Одно из альтернативных состояний гена	Форма состояния генов, занимающих одни и те же локусы в хромосомах и обуславливающих фенотипические различия одного и того же признака
Фитнес-функция	Целевая функция для особей популяции	Мера точности решения или мера удовлетворения решению задачи
Мутация	Изменение генотипа	Стойкое (то есть такое, которое может быть унаследовано потомками данной клетки или организма) изменение генотипа, происходящее под влиянием внешней или внутренней среды. Мутация изменяет одно или несколько значений генов в хромосоме
Кроссинговер	Обмен генетическим материалом между хромосомами	Основной генетический оператор, за счет которого производится обмен генетическим материалом между особями, моделирует процесс скрещивания особей
Эволюция	Процесс	Процесс изменения популяция до момента выполнения критерия остановки алгоритма

Таблица 2. Основные термины ИИС

Термин, заимствованный из генетики	Определение
Антиген	Вещество, которое стимулирует иммунную систему к продуцированию антител. Антигены могут быть бактериями, вирусами или грибами, которые вызывают инфекцию и заболевания
Антитела	Антитела используются иммунной системой для идентификации и уничтожения антигенов
Лимфоциты	Главные клетки иммунной системы, обеспечивают гуморальный иммунитет (выработка антител), клеточный иммунитет (контактное взаимодействие с клетками-жертвами), а также регулируют деятельность клеток других типов. Они отвечают за уничтожение чужеродных организмов или собственных больных клеток
В-клетки	Распознают чужеродные структуры (антигены), вырабатывая при этом специфические антитела (белковые молекулы, направленные против конкретных чужеродных структур)
Т-клетки	Выполняют функцию регуляции иммунитета. Т-хелперы стимулируют выработку антител, а Т-супрессоры тормозят её
Мутация	Мутировать антитела с некоторым предопределенным соотношением. Это соотношение получается таким образом, что лучшие клоны, мутировавшие меньше и слабо согласующиеся клоны, мутировали гораздо больше, чтобы достичь оптимального решения
Аффинность	Коэффициент пригодности антител. Антитело с более высокой аффинностью к антигену и более низкой аффинностью с другими антителами - это лучше других. Это означает, что увеличение аффинности антитела-антигена делает положительный эффект, а увеличение аффинности антитело-антитело оказывает отрицательное влияние на конечное значение аффинности

Таблица 3. Результаты сравнения шагов ГА и ИИС

№ п/п	ГА	ИИС
1.	Инициализация исходных данных: – загрузка описания хромосомы; – загрузка данных для вычисления фитнес-функции; – настройка параметров работы алгоритма	Инициализация исходных данных
2.	Генерация случайным образом первого поколения популяции.	Генерация случайным образом множества антител
3.	Вычисление фитнес-функции для каждой хромосомы (особи или генотипа) в популяции в соответствии с одним из представленных выше критерием	Вычисление аффинности для каждого антитела

Окончание табл. 3. Результаты сравнения шагов ГА и ИИС

№ п/п	ГА		ИИС
4.	Формирование нового поколения, эволюция	Упорядочивание популяции в порядке увеличения фитнес-функции и формирование множества родителей, которые участвуют в процессе кроссинговера и мутаций	Упорядочивание множества антител в соответствии с их аффинностью
5.		Формирование нового поколения путем включения в него особей с наилучшими значениями фитнес-функции	Дополнение множества антител результатами клонирования лучших его представителей
6.		Дополнение нового поколения путем мутаций	Дополнение множества антител результатами мутации лучших его представителей
7.		Дополнение нового поколения путем кроссинговера	–
8.	Если условие окончания работы алгоритма не выполняется, происходит переход к п. 3		Если условие окончания работы алгоритма не выполняется, происходит переход к п. 3

Авторами реализована и апробирована для условий Московского метрополитена процедура построения ГО на основе ГА. В ближайшие планы авторов входит реализация и апробация процедуры, реализующей построение ГО на основе ИИС, и сравнение полученных результатов.

Список литературы

1. Ezgi Deniz, Sadik Ulker, «Comparison study for clonal selection algorithm and genetic algorithm,» International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT), Т. 4, № 4, С. 107–118, August 2012.
2. Сидоренко, В.Г., Филипченко, К.М., «Метод эффективного планирования обслуживания с применением теории графов.» Информатизация образования и науки. – М. : ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика», Т. 4, № 28, С. 123–132, 2015.
3. Сидоренко, В.Г, Чжо Мин Аунг, «Применение генетических алгоритмов к решению задачи планирования работы электроподвижного состава метрополитена» Электроника и электрооборудование транспорта. – Т. 6, С. 13–16, 2016.
4. Сидоренко, В.Г, Сафронов, А.И, Филипченко, К.М, «Автоматизация планирования работы ЭПС метрополитена,» Мир Транспорта. – Т. 13, № 4, С. 154–165, 2015.
5. «AI Portal,» [В Интернете]. Available: <http://www.aiportal.ru/articles/genetic-algorithms/basic-concepts.html>. [Дата обращения: 17 March 2016].

УДК 004.41:621.396.218

Скворцов С.В., Колодезная Г.В., Дальневосточный государственный университет путей и сообщения, Хабаровск

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КУРСА «СЕТИ И СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ»

В статье рассматривается разработка программного обеспечения для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Сети и системы мобильной связи», которое будет симулировать установление соединения сотовых сетей стандарта GSM , CDMA и процесс хэндовера.

Ключевые слова: лабораторные работы, сети и системы связи, GSM , CDMA, хэндовер.

Skvortsov S.V., Kolodeznaya G.V., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

INFORMATION SUPPORT OF THE COURSE «NETWORKS AND SYSTEMS OF MOBILE COMMUNICATION»

The article deals with the development of software for performing laboratory works on discipline «Networks and systems of mobile communication» that will simulate the connection of cellular networks GSM , CDMA and the process of handover.

Key words: laboratory work, network and communication systems, GSM , CDMA, handover.

Дисциплина «Сети и системы мобильной связи» включает в себя лекции, практические занятия и лабораторные работы. Проведение цикла лабораторных работ должно помочь слушателям закрепить теоретические знания принципов организации корпоративных и глобальных сетей связи, приобрести практические навыки по построению компьютерных сетей и познакомиться с особенностями функционирования и эксплуатации современного коммуникационного сетевого оборудования.

В настоящее время лабораторные работы производятся в программной платформе Radio Mobile. Программная платформа позволяет производить планирование беспроводной сети, находить оптимальное место расположения базовой станции, производить расчет зоны охвата, расчет профиля местности, однако основным ее недостатком является то, что Radio Mobile позволяет только проектировать сети. Следовательно, возникает необходимость разработки программного обеспечения для выполнения лабораторных работ, которое будет симулировать установление соединения сотовых сетей стандарта GSM, CDMA и процесс хэндовера.

В рамках данного исследования для формирования критерия VHO выбраны следующие параметры: RSS, параметры QoS сети, тип трафика, стоимость обслуживания, безопасность и загруженность сети, а также скорость перемещения МУ как ограничивающий фактор при сравнении технологий. Для более эффективной процедуры хэндовера в условиях динамического изменения параметров сетей при высокой скорости передвижения абонента можно использовать прогнозирование уровня сигнала RSS, например, по алгоритму GPT, который использует метод регрессионного анализа – метод наименьших квадратов [2]. Для алгоритма вертикального хэндовера предлагается использовать аппарат фаззи-логики, который зарекомендовал себя как простой во внедрении и понимании аппарат управления. Главным преимуществом разработанного алгоритма является использование параллельных фаззи-регуляторов, позволяющих в значительной степени сократить количество нечетких правил, а значит, и разгрузить вычислительную систему.

Обработка (нормирование) и агрегирование параметров осуществляется с применением аппарата фаззи-логики, который позволяет оценивать каждый из параметров некоторыми лингвистическими переменными – низкий, средний, высокий. Каждая из этих переменных представляет собой нечеткое множество, функции принадлежности к которому задаются на основании экспертных знаний и опыта пользователей [4].

Фаззи-регуляторы оперируют нечеткими условными (if – then) правилами, заложенными в базу знаний, для преобразования нечетких входных данных в необходимые управляющие влияния, которые также носят нечеткий характер. Выход системы нечеткой логики после дефаззификации является критерием запуска хэндовера. Функциональная схема разработанной системы управления хэндовером приведена на рис. 1.



Рис. 1. Функциональная схема системы управления вертикальным хэндовером

Система состоит из блоков сбора и хранения данных, инициации хэндовера, выбора сети и выполнения хэндовера. Блок сбора данных отвечает за первую фазу вертикального хэндовера и посредством непрерывного сканирования радиочастотного диапазона и общения с сетями доступа собирает параметры, необходимые для обработки в следующем блоке – блоке инициации хэндовера: RSS, скорость передвижения МС (v), параметры QoS в сети, стоимость услуг (C)

в сети, а также ее загруженность (L) и безопасность (S), приоритеты пользователя (U_p). Скорость передвижения можно оценивать с помощью, например, GPS-модуля, встроенного в большинство современных мобильных устройств [3].

Блок инициации хэндовера постоянно запрашивает параметры из предыдущего блока, анализирует их и решает, является ли хэндовер в данный момент необходимым, путем проверки следующих условий запуска VHO:

- когда МС обнаруживает доступность новой беспроводной сети или выходит из зоны покрытия обслуживающей сети;
- когда МС обнаруживает изменение приоритетов пользователей (например, пользователь решает переключиться на более защищенной сети);
- когда МС обнаруживает новый запрос на услугу или когда параметры QoS текущего соединения ухудшаются;
- при значительном ухудшении или полной потере сигнала от текущей сети.

Блок инициации хэндовера состоит из функциональных модулей прогнозирования RSS по алгоритму GPT и оценки необходимости хэндовера (VHO-фактора) с помощью параллельных фаззи-регуляторов. Прогнозирование уровня сигнала нужно для уменьшения вероятности потери вызова в условиях логнормального затухания сигнала в гетерогенной беспроводной среде [1].

Блок выбора сети использует MCDM-алгоритм TOPSIS для ранжирования и выбора сети назначения хэндовера.

Общий вид предложенного алгоритма VHO приведены на рис. 2.

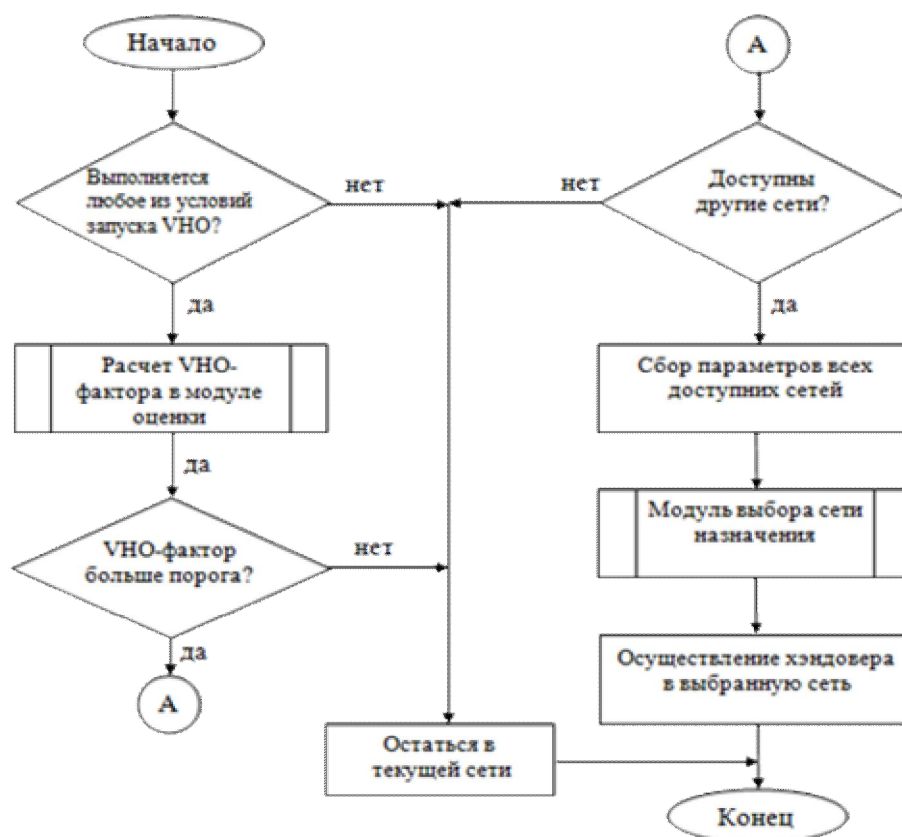


Рис. 2. Блок-схема алгоритма VHO

Эти модули отличаются только по выходным параметрам, а процесс вычислений почти совпадает: результатом выполнения алгоритма инициации хэндовера является значение VHO-критерия, а результатом выполнения модуля выбора сети является решение о сети назначения хэндовера.

Расчет весовых коэффициентов позволяет отразить важность того или иного параметра для типа трафика. Расчет производится по схеме аналитического иерархического процесса (Analytic Hierarchy Process, АНР).

Дальнейшая нормализация параметров VHO, которые для различных типов беспроводных сетей нельзя сравнивать непосредственно, осуществляется с помощью нечетких множеств, область определения которых выбирается на основании стандартов на соответствующие технологии. Для оценки параметров вводятся лингвистические термы: низкий, средний, высокий. Для оценки безопасности и стоимости используется общая оценка в диапазоне [1:10], где 10 – это максимальный уровень безопасности и высокая цена.

Существуют две базовые модели систем нечеткой логики – Мамдани и Сугено. Основное различие между ними заключается в различных способах задания значений выходной переменной в правилах, которые формируют базу знаний: в системах типа Мамдани значения выходной переменной задаются нечеткими термами, в системах типа Сугено – как линейная комбинация входных переменных [6].

В разработанном алгоритме все параметры обрабатываются в параллельных блоках фаззи-логики FIS (Fuzzy Inference System) системы Сугено. Расчет VHO-фактора, значение которого запускает хэндовер, проводится по следующей схеме (см. рис. 8): сначала все значения критериев хэндовера обрабатываются в параллельных фаззи-регуляторах FLC-1 и FLC-2, выходные параметры из которых поступают на фаззи-регулятор FLC-3, и выдает конечное значение VHO-фактора.

Модуль выбора сети назначения вертикального хэндовера на базе предварительных расчетов ранжирует сети по алгоритму TOPSIS, который рассчитывает относительную близость сети-кандидата в идеального решения (за идеальное принимается лучшее из существующих).

В гетерогенной сети очень важным является обеспечение эффективного использования ее ресурсов и прозрачного перемещения абонентов через нее. Это реализуется благодаря оптимальной процедуре вертикального хэндовера, поскольку неэффективный хэндовер может привести к потере соединения, к неудовлетворительному уровню QoS или значительным расходам абонентов.

Таким образом, в данной работе проведено исследование процедуры VHO, математически сформулирована общая проблема выбора сети назначения при осуществлении хэндовера, а также предложен интеллектуальный мультикритериальный алгоритм инициации хэндовера и выбора сети назначения. Алгоритм базируется на использовании фаззи-логики для оценки входных параметров, а

также для вычисления критерия принятия решения о хэндовере. Система состоит из нескольких этапов фаззи-регулирувания: на первом в разработанных фаззи-регуляторах FLC-1 и FLC-2 рассчитываются параметры определенной сети в виде нечетких переменных, которые затем используются для формирования VHO-фактора, численное значение которого после дефаззификации и используется в качестве критерия. После сравнения с пороговым значением, принимается решение о хэндовера. Если необходимость хэндовера подтверждена, то на следующем этапе по предварительным шагами оценивается каждая из сетей-кандидатов, оценка состоит в диапазоне [0; 1] после дефаззификации. Эти оценки ранжируются по алгоритму TOPSIS, в результате чего происходит выбор сети назначения [8].

Предложенный алгоритм позволяет внедрить дифференциацию в обслуживании на базе типа трафика, реализовать бесшовное перемещение абонентов в гетерогенной среде.

Список литературы

1. Recommendation ITU-R M.1645. Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000 // International Telecommunication Union, 2003. – URL: http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1645-0-200306-I!!PDF-E.pdf
2. Бочкова, Н.И. Ярлыкова, С.М. Сравнительный анализ решений по передаче голоса в мобильных сетях широкополосного доступа // TComm: Телекоммуникации и транспорт. 2013, Т. 7. № 7. С. 16–19.
3. Варукина, Л. Упражнение по планированию радиосетей LTE [Электронный ресурс]: Мобильный Форум, 2011. – URL: <http://www.mforum.ru/news/article/097078.htm>
4. Варукина, Л. Производительность сети TD-LTE в сравнении с WiMAX [Электронный ресурс]: Мобильный Форум, 2010. – URL: <http://www.mforum.ru/news/article/093817.htm>
5. Легков, К.Е. Беспроводные сети нового поколения WiMax и LTE: анализ производительности при применении на транспорте // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2012. Т. 6. № 3. С. 46–51.
6. Легков, К. Анализ производительности беспроводных сетей нового поколения // Мобильные телекоммуникации. 2012. № 5 (117). С. 12–15.
7. Тихвинский, В.О., Юрчук А.Б., Терентьев С.В. Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура. – М: Эко-Трендз, 2010. – 284 с.
8. Терещенко, С. LTE vs. WiMAX [Электронный ресурс]: Радиочастотная служба, 2012 – URL: <http://www.rfs-rf.ru/upload/medialibrary/53e/018691.pdf>

УДК 621.391.1.037.37(075.8)

Стафеев А.В., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ СПЕКТРА QPSK-СИГНАЛА

В работе рассматривается метод уменьшения межсимвольной интерференции и снижения уровня боковых лепестков спектра сигнала с многофазной модуляцией при использовании формирующего фильтра. Приведены структурные схемы модулятора, рассчитаны импульсные характеристики и АЧХ формирующего фильтра. Производится сравнение спектра сигнала на выходе модулятора в зависимости от параметров фильтра с характеристикой типа «приподнятый косинус».

Ключевые слова: формирующий фильтр, QPSK, фильтр Найквиста, межсимвольная интерференция.

Stafeev A.V., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

DECREASE IN THE LEVEL OF THE SIDE LOBES OF THE QPSK-SIGNAL SPECTRUM

In the paper, the method of reducing the intersymbol interference and reduce the level of side lobes of the signal spectrum with a multi-phase modulation when using the shaping filter. Given the structural scheme of the modulator, the calculated impulse response and frequency response shaping filter. A comparison is made of the signal spectrum at the output of the modulator depending on the parameters of the filter characteristic of the type «raised cosine».

Key words: shaping filter, QPSK, Nyquist filter, intersymbol interference.

Сигнал на выходе идеального канала связи может запаздывать по отношению к сигналу на входе. Кроме того, эти сигналы могут иметь разные амплитуды – изменение масштаба. Однако сигнал на выходе канала должен иметь ту же форму, что и сигнал на входе. Для соблюдения этого требования групповая задержка должна быть равна константе. На практике сигнал будет искажаться при прохождении некоторых частей системы связи. С целью уменьшения таких искажений используют формирующие фильтры. Например, для получения GMSK-сигнала используется гауссовский фильтр. В случае QPSK-сигнала используют фильтр Найквиста, или в частном случае – фильтр приподнятого косинуса (квадратный корень из приподнятого косинуса) [1]. Кроме того, использование фильтрации позволяет снизить уровень боковых лепестков спектра сигнала на выходе модулятора. Структурная схема модулятора QPSK с формирующим фильтром показана на рис. 1.

Принцип работы схемы на рис. 1, заключается в следующем. В середине интервала каждого дибита с помощью перемножителя и генератора сдвинутой последовательности дельта-импульсов, берётся единичный отсчёт. Этот отсчёт поступает на формирователь с импульсной характеристикой $h(t)$, совпадающей с импульсной характеристикой идеального фильтра нижних частот.

$$h(t) = \text{sinc}\left(\frac{\pi t}{T}\right). \quad (1)$$

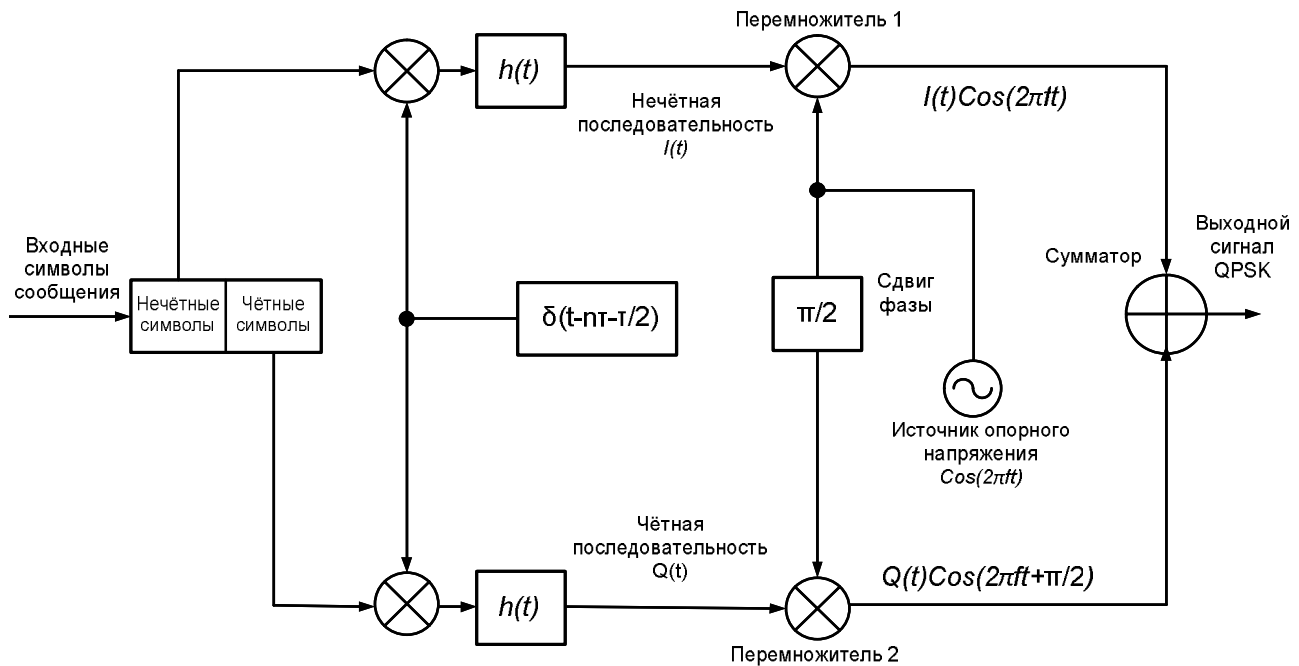


Рис. 1. Модулятор QPSK с фильтром Найквиста

Импульсная характеристика идеального ФНЧ вычисляется по формуле (1) и показана на рис. 2, где $T = \Delta$ – интервал следования дибита:

АЧХ идеального ФНЧ имеет вид прямоугольной функции.

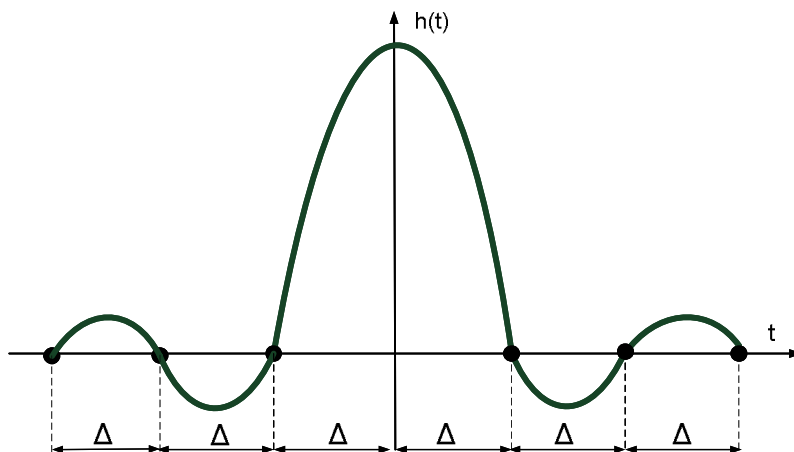


Рис. 2. Импульсная характеристика идеального ФНЧ

Для избежание межсимвольной интерференции, нуль импульсной характеристики должны располагаться через интервалы Δ , равные длительности дибита. Следует заметить, что характеристика на рис. 2 имеет бесконечную длительность и является физически не реализуемой. Поэтому количество лепестков импульсной характеристики в реальном модуляторе должно ограничиваться. Однако, это ограничение снова приведёт к росту уровня боковых лепестков спектральной плотности и возникновению эффекта Гиббса (неравномерности в центральной части интерполированного дибита). Для устранения этих нежелательных эффектов, Найквистом было предложено умножение импульсной характеристики на весовое окно $W(t)$ [2].

(2)

(3)

При параметре $\beta = 0$, весовое окно $W(t) = 1$ и влияния на $h(t)$ не оказывает. При $\beta = 1$ импульсная характеристика на рис. 2 имеет минимальные (стремящиеся к нулю) боковые лепестки, а АЧХ фильтра принимает вид приподнятого косинуса.

С точки зрения физической реализуемости, сигнал на выходе фильтра не должен опережать входной. В результате происходит задержка выходного сигнала на половину общего числа тактовых интервалов Δ . Возникновение такой задержки показано на рис. 3.

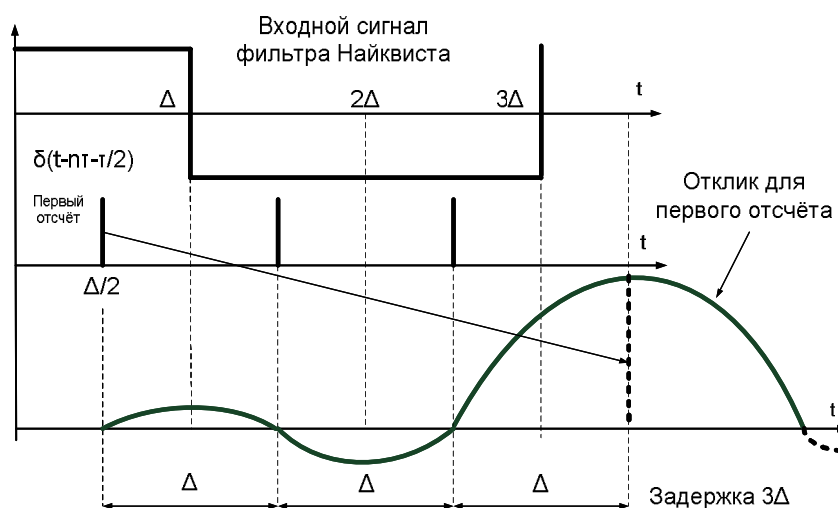


Рис. 3. Возникновение задержки на выходе фильтра

При моделировании первый отсчёт можно брать по переднему фронту входного сигнала. В этом случае второй и третий графики на рис. 3 сместятся влево на величину $\Delta/2$. Временные диаграммы работы фрагмента модулятора QPSK, без учёта задержки, до Перемножителя 1, показаны на рис. 4.

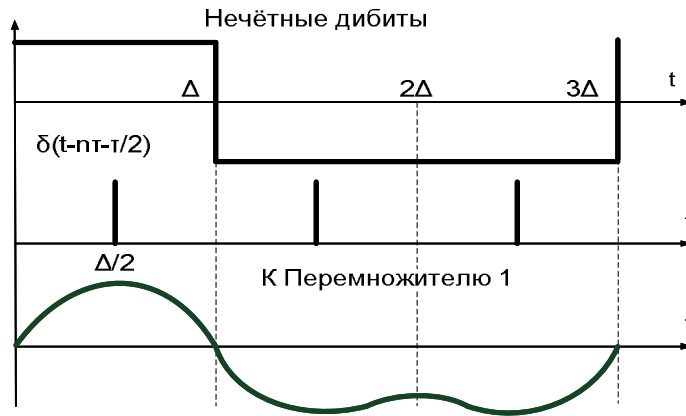


Рис. 4. Временные диаграммы работы формирования нечётной последовательности с использованием фильтра Найквиста

В приёмном устройстве, для восстановления формы исходного сообщения используется согласованный фильтр, АЧХ которого должна являться комплексно-сопряжённой с АЧХ фильтра Найквиста [2].

Структурная схема модели в программе Simulink показана на рис. 5.

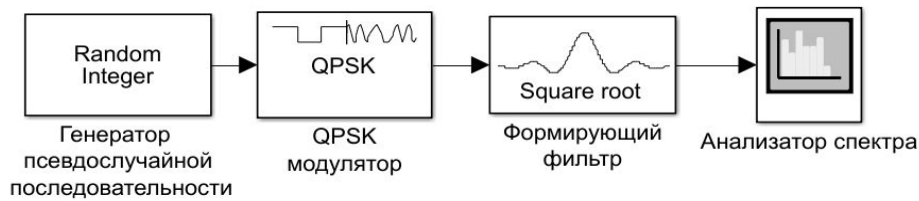


Рис. 5. Структурная схема модели

Частота дискретизации составляла 10^{-6} с. Время моделирования 3 мс. Генератор псевдослучайной последовательности вырабатывал 128 отсчётов на один фрейм. QPSK-модулятор с четырёхточечным сигнальным созвездием Грея, угол между точками составляет 45° . Формирующий фильтр имеет характеристику квадратного корня из приподнятого косинуса. Импульсная и частотная характеристики фильтра показаны на рис. 6.

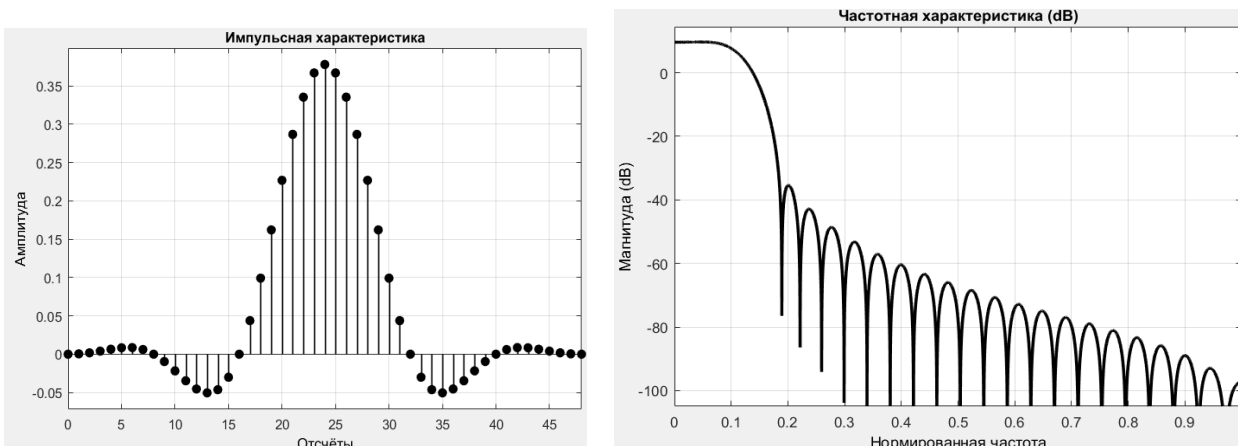


Рис. 6. Импульсная и частотная характеристики формирующего фильтра

Анализатор спектра вычисляет спектр мощности после формирующего фильтра. Дополнительно используется окно Ханна.

Результаты моделирования представлены на рис. 7. Левый рисунок соответствует Roll off фактору $\beta = 0,1$, правый – $\beta = 0,9$. Для удобства сравнения графики представлены в одинаковом масштабе.

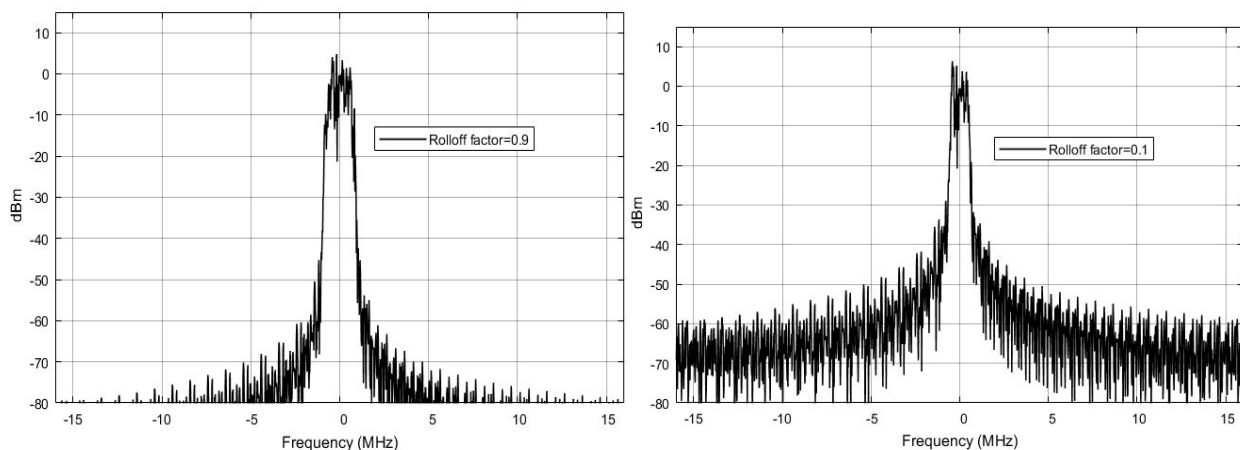


Рис. 7. Спектр мощности на выходе формирующего фильтра

При создании модели использовалась справочное руководство программы MatLab [3].

Выводы

Использование формирующих фильтров в системах передачи сигналов позволяет уменьшить уровень боковых лепестков спектра передаваемых сигналов на 20 дБ и более в зависимости от Roll off фактора. Это позволит уменьшить влияние друг на друга каналов передачи, имеющих соседние частоты. Кроме того, формирующие фильтры используются для борьбы с межсимвольной интерференцией.

Список литературы

1. Скляр, Бернанд. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. 2-е изд. пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2007. – 1104 с.: ил.
2. <http://www.dsplib.ru/>
3. <https://www.mathworks.com/help/comm/examples/raised-cosine-filtering.html>.

УДК 656. 078 (571.6)

Телегина В.А., Грачев В.Т., Дальневосточный государственный университет путей сообщений, г. Хабаровск

АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

В статье рассматривается транспортная доступность в Дальневосточном федеральном округе, основные проблемы и направления транспортного комплекса региона и пути снижения транспортной дискриминации.

Ключевые слова: Дальневосточный федеральный округ, транспорт, транспортная доступность, узловые аэропорты

Telegina V.A., Grachev V.T., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

ANALYSIS OF TRANSPORT AVAILABILITY IN THE FAR EASTERN FEDERAL DISTRICT

The paper considers transport accessibility in the Far Eastern Federal District, the main problems and directions of the transport complex in the region and ways to reduce transport discrimination.

Key words: Far Eastern Federal District, transport, transport accessibility, hub airports

Значительная площадь Дальневосточного федерального округа (ДФО), удаленность от центральных и западных районов страны, сложившаяся система расселения, а также пограничное положение региона определяют специфику его транспортной системы.

Снижение транспортной подвижности населения Дальнего Востока свидетельствует об общих негативных тенденциях в обеспечении транспортной мобильности населения региона. Кроме того, наблюдается изменение масштабов и направлений пассажиропотоков в ДФО. При общем сокращении числа поездок снижается доля перемещений в центральные районы Российской Федерации и возрастает удельный вес поездок в зарубежные страны (в первую очередь в страны Северо-Восточной Азии).

Транспортная система как сфера деятельности включает в себя элементы материального производства и услуг. Для анализа системы как сферы материального производства необходимы показатели, характеризующие затраты на создание инфраструктуры и организацию перевозок, а также интенсивность использования транспортных средств и т.д. Для анализа транспортной системы как сферы услуг необходимы показатели, определяющие условия жизнедеятельности населения конкретного региона (доступность транспортных сетей,

транспортная дискриминация и др.). В настоящее время нет единого общепризнанного подхода к вопросу о преобладающей роли транспорта как сферы материального производства или услуги. Однако в научной среде растет интерес к изучению транспортной доступности как одного из ключевых индикаторов, отражающих интересы всех агентов экономики (государства, производителей и потребителей).

Теоретически доступность транспорта для проживающих на территории оценивается по таким критериям, как:

- транспортная обеспеченность, которая означает фактическое наличие транспортной сети на территории (используются показатели густоты сети, показатели Энгеля, Успенского, показатели транспортной обеспеченности и т.д.);
- транспортная доступность в пространстве, которая означает локализацию элементов транспортной сети;
- транспортная доступность по времени, которая подразумевает количество времени, необходимого для совершения перемещений; экономическая транспортная доступность, которая означает доступность транспортных услуг с учетом сложившихся тарифов;
- социальная транспортная доступность, которая означает возможность пользования услугами транспорта для людей с ограниченными физическими возможностями; транспортная дискриминация, которая означает объем недополученных населением транспортных услуг и т. д.

Отдельные авторы предлагают оценивать эффективность транспортной инфраструктуры с помощью сложно определяемых величин:

- степени удовлетворения потребности населения в транспортных услугах;
- степени влияния транспортных услуг на решение социальных задач;
- степени влияния на сокращение затрат труда в домашнем хозяйстве и на структуру использования рабочего времени;
- степени влияния на совершенствование качественной структуры рабочей силы и на эффективность материального производства.

Доступность транспорта для населения оценивается с помощью парных и интегральных коэффициентов. Парная доступность предполагает рассмотрение перемещения между двумя конкретными точками, интегральная доступность предполагает рассмотрение перемещения между любыми выбранными точками. Следует отметить, что изменение доступности транспорта во времени может иметь как положительный, так и отрицательный характер. Транспортная доступность является важной составляющей уровня жизни населения территории. Наличие возможности перемещаться с минимальными потерями времени и финансовых средств делает проживание на территории более комфортным.

В настоящее время на Дальнем Востоке в отличие от европейских регионов страны, где в основном сформирован опорный каркас транспортной инфраструктуры, требуется строительство новых путей сообщения, в том числе направленных не только на организацию взаимосвязанной системы добычи, переработки и транспортировки сырьевых грузов. Высокая неравномерность про-

странственного распределения транспортной сети, ограниченность и незавершенность опорной широтной и отсутствие, в сущности, меридиональной наземной транспортной инфраструктуры является ограничением в освоении региона, тормозом экономического роста, а также негативным фактором в обеспечении социальных стандартов жизни людей.

На автомобильный транспорт в 2002 году приходилось 67,8 % общего числа перевезенных пассажиров, а за 10 лет этот показатель вырос до 88,1 %, на железнодорожный транспорт – 4,1 и 3,1 % соответственно, воздушный – 0,2 и 0,5 %, на водном транспорте показатель остался тем же. Статистика автомобильного транспорта учитывает перевозки пассажиров в рамках городской системы общественного транспорта, а также пригородное, междугородное и международное сообщение.

До настоящего времени вне зоны железнодорожного обслуживания остаются Камчатский край, Магаданская область и Чукотский автономный округ. В отдельных субъектах РФ происходит сокращение протяженности железных дорог общего пользования за счет прекращения эксплуатации малодеятельных участков. При этом необходимо отметить улучшение качественных характеристик железнодорожной сети: в 2002 г. электрификацией участка Губерово-Свиягино (Приморский край, протяженность 175 км) завершилась электрификация Транссибирской магистрали, что технически позволяет увеличить вес проводимых поездов до 6,3 тыс. т, а скорость – до 120 км/ч. Помимо этого знакового проекта проводились работы по модернизации отдельных элементов железнодорожной инфраструктуры Дальнего Востока, наиболее важные из них:

- построены железнодорожные линии Нерюнгри-Нижний Бестях (Республика Саха (Якутия), построены железнодорожные тоннели Тарманчуканский (Амурская область, протяженность 2030 м); Новый Лагар-Аульский (ЕАО, протяженность 1278 м); Новый Кипарисовский (Приморский край, протяженность 952 м);

- проведен капитальный ремонт железнодорожных тоннелей Старого Рачинского (Амурская область, протяженность 924 м), Старого Кипарисовского (Приморский край, протяженность 946,5 м); Владивостокского (Приморский край, протяженность 1380 м); Старого Лагар-Аульского тоннеля (ЕАО, протяженность 1260 м);

- модернизированы железнодорожные линии на участке Барановский-Хасан (граница с КНДР) (Приморский край, протяженность 240 км); Комсомольск-на-Амуре-Советская Гавань (Хабаровский край);

- проведена реконструкция припортовых железнодорожных станций морских портов Владивосток, Находка, Восточный (Приморский край).

Наиболее масштабное строительство автомобильных дорог проводилось на территории Республики Саха (Якутия). Проведенные работы дали результат: в сентябре 2007 г. автомобильная дорога «Виллой» Мирный-Якутск – главная транспортная артерия западных районов Якутии – была включена в перечень дорог федерального значения.

Помимо участков трассы Чита-Хабаровск на территории ДФО были реализованы следующие основные проекты по развитию автодорожной сети: сдана в эксплуатацию автомобильная дорога «Виллой» Мирный-Якутск (Республика Саха (Якутия), протяженность 1184 км), строительство участка автомобильной дороги Хабаровск-Лидога-Ванино (Хабаровский край), «Колыма» Якутск-Магадан.

Развивались перевалочные мощности морских портов Дальнего Востока: Владивостока, Восточного, Шахтерска, Де-Кастри.

Значительная доля пассажирооборота приходится на воздушные перевозки. Динамика показателей авиационного транспорта нестабильна, однако проводимая с 2009 г. целенаправленная политика государственной поддержки авиаперевозок с Дальнего Востока в европейскую часть страны в целом положительно сказалась на итоговых показателях. Постепенно растет число жителей региона, использующих льготы при приобретении билетов на самолет.

Расширяется перечень направлений перевозок, включенных в программу, так в 2009 г. субсидировалось 18 маршрутов (7 авиакомпаний), а в 2013 г. уже 42 маршрута (10 авиакомпаний). В последнее время акцент государственной поддержки смещается с дальнемагистральных на региональные воздушные перевозки, составляющих основу региональных перевозок. Именно населенные пункты отдаленных северных районов не имеют альтернативных транспортных связей и жизненно нуждаются в воздушном сообщении. В последнее время активизировалась работа по возвращению в строй действующих малых аэропортов, обслуживающих транспортные потребности населения и экономики отдаленных поселков, в которые зачастую добраться можно только по воздуху. При этом обеспечить потребности в перевозках малая авиация самостоятельно не может. Необходимо создание узловых аэропортов (хабов), которые аккумулировали бы грузы и пассажиров для организации дальнемагистральных и региональных перевозок.

Зарубежные исследователи отрасли называют хабом узловой, достаточно крупный транзитный и пересадочный аэропорт, обладающий выгодным экономико-географическим положением на пересечении транспортных маршрутов.

Хабы выполняют функцию распределительных центров, служащих для того, чтобы пассажирские потоки, стекаясь в одну точку и перераспределяясь там, расходились дальше по множеству направлений. При построении таких распределительных схем учитывается географическая направленность и мощность потоков. Главная цель создания хабов – концентрация пассажиропотоков в узле, которая позволяет повысить рентабельность перевозок, увеличить количество направлений и частоту рейсов в конечные точки назначения, куда магистральному перевозчику летать невыгодно.

При описании хабов принято отмечать следующие особенности, касающиеся их расположения, функционирования и численности.

Во-первых, концентрация авиатрафика в определенном времени и пространстве свидетельствует о такой организации авиакомпании своих рейсов,

при которой пассажиропоток из множества различных пунктов отправления может быть перераспределен в несколько различных пунктов назначения.

Во-вторых, считается, что отличительным признаком хабов является их центральное расположение в системе «ступица и спицы» относительно других аэропортов, входящих в сеть. Например, несколько исследователей описывают выгоды, которые имеют Сингапур и Дубай благодаря своему центрированному расположению, позволяющему развивать сети хабов и оптимизировать авиаперевозки не только грузов, но и туристов

В-третьих, сеть, состоящая из узловых аэропортов и радиальных маршрутов, имеет ограниченное число хабов. Как правило, исследователи сходятся во мнении, что в системе может быть и один узловой аэропорт, и несколько, но точное количество, необходимое для эффективного функционирования сети, пока не определено.

Тем не менее, проблема идентификации аэропортов-хабов чрезвычайно важна для формирования региональных и национальных транспортных стратегий, поскольку хабы формируют основу авиатранспортной сети, позволяют авиакомпаниям сократить операционные расходы благодаря эффекту масштаба, а также являются местом концентрации транзитных пассажиров (как прямого транзита, так и трансферных). При этом обслуживание трансферных пассажиров может быть доходной статьей экспорта услуг.

Кроме того, существует ряд критериев, определяющих готовность аэропорта выполнять функции хаба:

- геополитическое положение аэропорта в стране, регионе (столица, центр экономического региона);

- развитость аэропортовой инфраструктуры (летное поле, пассажирский и грузовой терминалы, пропускная способность терминалов, транспортные связи) и возможность дальнейшего развития аэропорта и аэродромного комплекса;

- способность организовать оптимальное количество стыковок;

- уровень обслуживания пассажиров и грузов в аэропорту (способность обеспечить время пересадки в соответствии с требованиями перевозчика и общемировой практикой путем организации стыковочных волн и четкое выполнение расписания).

Наличие хабообразующей авиакомпании или альянса авиакомпаний. Рассматривая первый критерий можно выделить, что, несомненно, для создания узлового аэропорта хаба будет подходить центр экономического региона ДФО, а именно город Хабаровск, но для создания хаба необходима полная модернизация аэропорта Хабаровск (Новый), а также необходимо создание базовой хабообразующей авиакомпании или альянса авиакомпаний.

Другим таким узловым аэропортом может стать Якутск. При наличии двух хабов в регионе необходимо оптимальным образом распределить, «привязать» местные малолетательные аэропорты к узловым. Например, надо решить вопрос,

через какой узловой аэропорт следует организовать перелет пассажиров из Магадана в центральные города страны. Организация узловых аэропортов в ДФО – задача не простая, но решать ее необходимо для повышения транспортной доступности и снижения транспортной дискриминации жителей региона.

Список литературы

1. Бугроменко, В.Н. Современная география транспорта и транспортная доступность // Известия РАН. Серия географическая. 2010. № 4. С. 7–16.
2. Белавинцев, И.А. О мерах по обеспечению доступности и развития региональных перевозок пассажиров воздушным транспортом в Дальневосточном федеральном округе // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2013. № 3. С. 121–125.
3. Бардаль, А.Б. Доступность транспорта для населения на Дальнем Востоке России / А.Б. Бардаль // Региональная экономика: теория и практика. – 2015. – № 46. – С. 42–53.

УДК 656.2.073.078.8

Телегина В.А., Егорова Е.В., Дальневосточный государственный университет путей сообщений, г. Хабаровск

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОСТИ ДЛЯ ОАО «РЖД»

В статье проанализирована работа ОАО «РЖД» в области клиентоориентированности. Аргументируется необходимость дальнейшей работы в этой области. Предложены направления работы по повышению уровня конкурентоспособности железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: клиентоориентированность, конкурентоспособность, железнодорожный транспорт, автомобильный транспорт.

Telegina V.A., Egorova E.V., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

DIRECTIONS OF WORK TO INCREASE THE CLIENT-ORIENTED LEVEL FOR «RZD»

The article analyzes the work of «Russian Railways» in the field of customer-orientation. The need for further work in this area is argued. The directions of work are proposed to increase the level of competitiveness of the railway transport.

Key words: customer-oriented, competitive ability, railway transport, road transport.

Все чаще на различных конференциях и в публикациях поднимается вопрос о важности клиентоориентированности в работе железнодорожного транспорта. На сегодняшний день долгосрочные партнерские отношения с клиентами выходят на первый план. Президент ОАО «РЖД» Олег Белозеров отмечает, что

«...клиентоориентированность важна и в сфере грузовых перевозок. Сейчас мы изменили количество документов, предоставляемых грузоотправителем – из 15 сделали 4. Мы предложили новые сервисы, новые скорости, вернулись к сборным и высокодоходным грузам. В прошлом году – считаю это главным нашим достижением – мы приняли более 30 решений по предоставлению скидок» [6].

В сфере грузовых перевозок основным конкурентом ОАО «РЖД» является автомобильный транспорт, об увеличении конкурентоспособности, которой говорят темпы роста дальности перевозок и растущие объемы грузооборота (табл. 1) [5]. С 2011 по 2016 год протяженность автомобильных дорог общего пользования увеличилась на 82 % и составила 1480 тысяч километров. Если раньше автомобильный транспорт составлял конкуренцию железнодорожному транспорту только на короткие расстояния (100–200 км), то сейчас идет рост конкурентного преимущества и на средние (до 1500 км) расстояния.

Таблица 1. Динамика грузооборота

Год	Вид транспорта	
	Автомобильный	Железнодорожный
2011	+8,155%	+5,335%
2012	+3,161%	+2,822%
2013	-3,543%	-2,815%
2014	-3,869%	-0,434%
2015	-6,941%	-3,345%
2016	+1,924%	-7,675%

Преимуществом железнодорожного транспорта являются более низкие тарифы за счет регулирования государством индексации тарифов, автомобильный транспорт самостоятельно регулирует тарифы в зависимости от индексации цен на топливо, налога на автотранспортные средства и т.д. И, хотя стоимость перевозки автотранспортом выше, рост тарифов в последние годы ниже, чем на железных дорогах. В таблице 2 приведены индексы тарифов на грузовые перевозки (в % к предыдущему году) [7].

Таблица 2. Индексы тарифов на грузовые перевозки

Год	Вид транспорта	
	Автомобильный	Железнодорожный
2008	118,76	112,14
2009	97,5	110,59
2010	103,68	109,39
2011	110,19	107,46
2012	105,3	105,56
2013	104,18	105,44
2014	107,19	102,29
2015	106,41	112,92
2016	102,21	108,59
2017	102,18	103,68

Обсуждения размера индексации тарифов ОАО «РЖД» на грузовые перевозки идут на высшем уровне. Так, по итогам заседания президиума Государственного совета, состоявшегося 6 сентября 2017 года, президент России Владимир Путин поручил правительству до 1 декабря 2017 года представить предложения по установлению долгосрочных тарифов на железнодорожные перевозки грузов [2]. Ранее Олег Белозеров в интервью журналистам заявил – «Я за долгосрочный тариф. Но как он должен выглядеть, необходимо еще обсуждать. Мы должны быть предсказуемы и стабильны» [6].

Долгосрочная индексация тарифов позволит создать прогнозируемые значения тарифов перевозки, что даст возможность планирования операционной и инвестиционной деятельности как перевозчикам, так и грузовладельцам.

Важным критерием клиентоориентированности являются высокие показатели качества работы. Для определения показателей качества работы ОАО «РЖД» проведен опрос среди сотрудников предприятий и организаций, выполняющих погрузочно-разгрузочные работы с опасными грузами. В опрашиваемую группу вошли сотрудники различных уровней, начиная с мастера погрузки и заканчивая руководителем производства. Опрашиваемые ранжировали по значимости предложенные 10 показателей качества работы ОАО «РЖД», выставляя оценки от 1 до 10, где 1 – «наиболее важный показатель», 10 – «менее важный». Причем, в анкету включены как традиционные для таких опросов вопросы по качеству перевозок (скорость, сохранность, стоимость перевозки), так и вопросы технологии работы (планирование, оформление, организация подачи и уборки). Результаты опроса приведены в табл. 3. Для определения согласованности мнений опрашиваемых использовался специальный показатель – коэффициент конкордации Кендалла.

Таблица 3. Результаты оценивания

№	Показатель качества	O1	O2	O3	O4	O5	O6
1	Скорость доставки груза	2	1	1	2	1	3
2	Соблюдение сроков доставки	3	3	2	3	1	2
3	Обеспечение сохранности груза	4	4	1	1	5	1
4	Стоимость перевозки	2	7	1	5	4	4
5	Оформление перевозки	3	5	2	2	1	3
6	Планирование перевозки	4	8	1	1	1	2
7	Отношение ОАО «РЖД» к клиентам	2	9	3	3	10	1
8	Организация подачи вагонов	1	2	3	1	5	1
9	Организация уборки вагонов	1	10	3	1	5	1
10	Приемосдаточные операции	2	6	5	3	1	2

Опрос для данной группы выявил, что наиболее значимыми показателями, определяющими качество перевозки, являются:

1. Скорость доставки.
2. Организация подачи вагонов.
3. Соблюдение сроков доставки.

4. Обеспечение сохранности груза, оформление перевозки.

5. Планирование перевозки.

Проведение экспертных оценок позволяет выявить наиболее важные показатели качества, влияющие на предпочтения клиентов. Как видно из табл. 3, несоблюдение скорости доставки, организация подачи вагонов и несоблюдение сроков доставки – являются важнейшими показателями, вызывающие недовольство клиентов. По этим вопросам растет число претензий и исков к перевозчику. Полученные данные могут быть использованы в управлении клиентоориентированностью холдинга.

Низкие показатели качества работы вызывают недовольство клиентов, которое зачастую выливается в претензии в адрес перевозчика и судебные иски. Как показывает статистика, практика досудебного урегулирования споров практически отсутствует. Только небольшая часть исков рассматривается в порядке упрощенного производства. Согласно годовому отчету ОАО «РЖД», в 2015 году принято 17199 судебных решений на сумму 15 004 636,5 тыс. руб. не в пользу холдинга (что превышает показатели 2013г на 12%). При этом количество не рассмотренных дел составило 17 254 на сумму 46 914 980,7 тыс. руб. [3]. За первое полугодие 2017 года в адрес перевозчика поступило более 2,5 тысяч исков. Основными причинами подачи исков является не сохранность перевозки и нарушение срока доставки груза [2].

Для предотвращения конфликтных ситуаций и сохранения клиентов на сегодняшний день в ОАО «РЖД» проделана большая работа по клиентоориентированности. Проводятся регулярные опросы клиентов, создана электронная система приема и обработки жалоб и претензий, что позволяет клиентам высказывать свое мнение о качестве обслуживания, предлагаются новые услуги.

Вот основные направления работы ОАО «РЖД» по клиентоориентированности:

- реализация принципа «одного окна», упрощение процедур документального оформления перевозок;
- развитие системы менеджеров по ключевым клиентам;
- совершенствование системы фирменного транспортного обслуживания;
- внедрение CRM-системы – концепции управления взаимоотношениями с клиентами;
- электронный документооборот.

Выбранные направления имеют правильный вектор, но требуют развития и углубления. Далее предлагается следующий алгоритм работы по повышению клиентоориентированности в ОАО «РЖД»:

- анкетирование клиентов с целью определения показателей качества работы с последующим анализом оценок;
- анализ претензий и исков, поступающих от клиентов, как выражений недовольства работой железнодорожного транспорта;
- устранение недостатков в работе, вызывающих наибольшее количество претензий и исков;

- работа с персоналом по направлению на клиентоориентированную деятельность;
- проверка принимаемых решений на клиентоориентированность;
- предложение новых и актуализация имеющихся методов в работе с клиентами;
- разработка новых услуг, потребность в которых возникает в процессе меняющейся ситуации в транспортной сфере.

Одной из главных задач является привлечение и удержание клиента путем слаженной клиентоориентированной работы всего холдинга. Доверие и взаимоотношения с клиентами становятся главными факторами успеха компании, которые будут зависеть от правильных ключевых направлений по повышению уровня клиентоориентированности. Работа в этом направлении должна иметь системный и не одномоментный характер.

Список литературы

1. Железнодорожные тарифы: запрос на прозрачность и предсказуемость// РЖД-Партнер - август 2017. – № 15–16. – С. 34–35.
2. Официальный сетевой ресурс Президента России [Электронный ресурс] / Перечень поручений по итогам заседания президиума Госсовета. – Режим доступа : <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/55851>
3. Отчетность компании [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://ir.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=32 – Загл. с экрана.
4. Претензия как начало диалога // РЖД-Партнер – август 2017. – № 15–16. – С. 32–33.
5. Россия в цифрах. 2016 [Текст] : Крат. стат.сб./Росстат- М. – 543 с.
6. Сайт Российские железные дороги [Электронный ресурс]: Пресс центр – Выступления руководства – Электронные текстовые данные. – 2017. – Режим доступа: http://press.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=951&layer_id=4069&refererLayerId=3307&id=89307
7. Сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]: Центральная база статистических данных – 2017. – Режим доступа : <http://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/DBInet.cgi?pl=1934004>

УДК 656.25

Шаманов В.И., Российский университет транспорта (МИИТ), Москва

ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ И АЛС НА УЧАСТКАХ С ЭЛЕКТРОТЯГОЙ

До половины сбоев в работе работы рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации на участках железных дорог с электротягой переменного тока происходит из-за мешающего действия асимметрии тягового тока в рельсовых линиях. Поскольку первоисточником указанной асимметрии является асимметрия сопротивлений рельсовых нитей в пределах рельсовой цепи, измерения сопротивления элементов каждой рельсовой нити обес-

печивают возможность не только вычислять асимметрию тягового тока, но и находить элементы с сопротивлениями, выходящими за пределы нормы. Объясняется это тем, что асимметрия сопротивлений рельсовых нитей рельсовой линии создается за счет несимметричного увеличения в них переходных электрических сопротивлений в стыках рельсовых звеньев и в дроссельных перемычках. Эти переходные сопротивления мало зависят от температуры окружающей среды и тяговых токов в рельсовых нитях. В результате при уменьшении темпе-

ратуры рельсов типа Р65 от + 40 до - 40 асимметрия сопротивлений рельсовых нитей с учетом их взаимной индуктивности увеличивается в 2,2–2,4 раза, а рост тягового тока в рельсах, например, в три раза вызывает почти такой же рост данной асимметрии. Влияние взаимной индуктивности рельсовых нитей с контактным проводом приводит к уменьшению величины асимметрии тягового тока в рельсовой линии. Взаимная индуктивность рельсовых нитей с высоковольтными линиями продольного электроснабжения, размещаемых на опорах контактной сети, может увеличивать или уменьшать эту асимметрию в зависимости от того, какая из рельсовых нитей обладает меньшим сопротивлением. Все эти факторы должны учитываться как при измерениях асимметрии сопротивлений рельсовых нитей или асимметрии переменного тягового тока в них, так и при экстраполяции этих данных на другие условия эксплуатации рельсовой тяговой сети по температуре рельсов; по величинам токов в рельсовых нитях, в контактных проводах и в высоковольтных линиях.

Ключевые слова: рельсовые линии, рельсовые нити, рельсовые цепи, автоматическая локомотивная сигнализация, температура рельсов, тяговый ток в рельсах, тяговый ток в контактной сети, тяговый ток в высоковольтных линиях электроснабжения, взаимные индуктивности, электрические сопротивления, асимметрия тягового тока.

Shamanov V.I., Russian University of transport (МИИТ), Moscow

DYNAMICS OF THE ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT FOR RAIL CIRCUITS AND ALS ON SITES WITH ELECTRIC TRACTION

Up to half of the failures in the operation of track circuits and the automatic locomotive alarm on sections of Railways with electric traction AC occurs because of disturbance of the asymmetry traction current in the rail lines. Since the specified source of asymmetry is the asymmetry of the resistances of rail lines within the track circuit, measuring the resistance elements of each rail strands provide the opportunity not only to calculate the asymmetry of the traction current, but also to find elements with resistances beyond the norm. The reason is that the asymmetry of the resistance of rail lines rail lines is created due to the asymmetric transient increase in their electrical resistance in the junction of rail links in the throttle jumpers. These transitional resistance are not significantly dependent on the ambient temperature and traction currents in the rail thread. As a result,

when the temperature of rails of type R65 from + 40 °C to -40 °C asymmetry of the resistances of

rail lines, taking into account their mutual inductance is increased 2.2–2.4 times, and the growth traction current in the rails, for example, three times causes almost the same increase of this asymmetry. The influence of the mutual inductance of rail lines with a contact wire leads to a decrease of the asymmetry traction current in rail lines. Mutual inductance of rail lines with high-voltage lines of longitudinal electric power supply, is placed on support of a contact network can increase or decrease this asymmetry, depending on which rail lines has less resistance. All of these factors must be taken into account as measurements of the asymmetry of the resistances of rail lines or asymmetry AC traction current in them, and for extrapolating these data to other operating conditions of the traction network rail temperature of the rails; the currents in the rail thread in the contact wires and high voltage lines.

Key words: rail line, rail yarn, track circuits, automatic locomotive signaling, the temperature of the rails, the traction current in the rails, the traction current contact network, traction current in high-voltage power lines, mutual inductance, electrical resistance, the asymmetry of the traction current.

Устойчивость работы рельсовых цепей (РЦ) и автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) при действии помех определяется электромагнитной обстановкой, в которой работает аппаратура, и электромагнитной совместимостью аппаратуры с этой обстановкой. Электромагнитная обстановка наиболее сложна на электрифицированных участках железных дорог. В результате интенсивность сбоев в работе РЦ и АЛС на таких участках в 30–50 раз больше, чем на участках с автономной тягой. В свою очередь при электротяге переменного тока этих сбоев в 1,5–1,7 раз больше, чем на участках с электротягой постоянного тока.

До 50 % сбоев в работе АЛС при электротяге переменного тока вызывается асимметрией тягового тока в рельсах под приемными локомотивными катушками. Одной из основных причин появления сбоев в работе РЦ является асимметрия переменного тягового тока в местах подключения к рельсам их аппаратуры [1]. Первоисточником возникновения асимметрии тягового тока в РЛ является появление в ней продольной и/или поперечной асимметрии сопротивлений рельсовых нитей (РН) [2].

Тяговые токи РН и в начале РЦ, и под приемными локомотивными катушками АЛС обратно пропорциональны входным сопротивлениям рельсовых нитей. Поэтому асимметрия тягового тока в рассматриваемых точках рельсовой линии (РЛ) равна асимметрии этих сопротивлений. При наличии утечки тягового тока из рельсов в землю вычисление асимметрии тягового тока на выходном конце РЦ замечено сложнее.

Если неразветвленная РЦ ограничена дроссель-трансформаторами (ДТ), а утечку тягового тока из рельсов в землю можно не учитывать, то падения тягового напряжения на её рельсовых нитях одинаковы и равны напряжению между средними точками этих ДТ. Для АЛС такие напряжения одинаковы между средней точкой ДТ, установленного на выходном конце РЦ, и условной средней точкой колесных пар головного электровоза.

При неизменных величинах температуры окружающей среды и тягового тока в рельсах практически не меняются электрические сопротивления сплошных рельсов и секций основных обмоток ДТ. Не меняются также электрические сопротивления тросов у дроссельных переключателей, а также проводов у стыковых рельсовых штепсельных и приварных соединителей. Следовательно, в таких условиях сумма этих сопротивлений составляет неизменную часть сопротивления РН.

В процессе эксплуатации растут переходные сопротивления в стыках рельсовых звеньев, которые включают в себя электрические сопротивления переходов «рельсы – накладки» и переходов между элементами рельсовых стыковых соединителей. Несимметричное увеличение в разных РН суммы этих переходных сопротивлений и вызывает появление продольной асимметрии сопротивления РЛ. Поперечная асимметрия сопротивления РЛ возникает при уменьшении сопротивления или пробое электроизолирующих элементов в железобетонных шпалах, а также в цепях заземления опор контактной сети, подключаемых к рельсам,

На асимметрию сопротивлений РН в рельсовой линии весьма существенное влияние оказывают их взаимные индуктивности, а также их взаимные индуктивности с рельсовыми нитями соседних РЛ, с контактными проводами и с проводами продольных высоковольтных линий электроснабжения, размещаемых на опорах контактной сети [4].

При отсутствии поперечной асимметрии сопротивления РЛ асимметрия тягового тока в ней $k_{А1}$ равна асимметрии сопротивлений рельсовых нитей $k_{АРН}$. Если сопротивление $Z_{РН2}$ второй РН больше сопротивления первой РН, то

Формулы для вычисления сопротивлений РН у рельсовой линии длиной $l_{РЦ}$ на станции с n путями и p высоковольтными линиями электроснабжения, можно с учетом [5] представить в следующем виде. У РЛ, для которой проводятся расчеты, а РН нумеруются цифрами 1 и 2. Номера контактных проводов и путей одинаковы.

$$+ \left(\frac{I_2}{I_1} z_{M12} + \sum_{i=3}^{2n} \frac{I_i}{I_1} z_{M1i} + \frac{I_{K1}}{I_1} z_{M1K1} + \sum_{j=2}^n \frac{I_{Kj}}{I_1} z_{M1Kj} + \sum_{q=1}^p \frac{I_{ВЛq}}{I_1} z_{M1ВЛq} \right) l_{РЦ}; \quad (1)$$

а сопротивление РН2 – по формуле

$$+ \left(\frac{I_1}{I_2} z_{M_{12}} + \sum_{i=3}^{2n} \frac{I_i}{I_2} z_{M_{2i}} + \frac{I_{K_1}}{I_2} z_{M_{2K_1}} + \sum_{j=2}^n \frac{I_{K_j}}{I_2} z_{M_{2K_j}} + \sum_{q=1}^p \frac{I_{ВЛ_q}}{I_2} z_{M_{2ВЛ_q}} \right) l_{рл}; \quad (2)$$

где $z_{рл}$ – удельное сопротивление сплошных рельсов в сумме с сопротивлениями рельсовых стыковых соединителей; $Z_{дт}$ – сопротивление секций основных обмоток ДТ для тягового тока; $r_{пс_1}; r_{пс_2}$ – удельные сопротивления переходов между проводами и манжетами, а также между манжетами и рельсами в рельсовых стыковых соединителях соответственно в РН1 и РН2; $R_{пн_1}; R_{пк_1}; R_{пн_2}; R_{пк_2}$ – сопротивления переходов между проводами и штепселями, штепселями и рельсами в дроссельных перемычках в начале и в конце соответственно РН1 и

РН2; $Z_{дп_1}; Z_{дп_2}$ – сопротивления дроссельных перемычек в РН1 и РН2; $z_{M_{1j}}; z_{M_{2j}}$ – удельные сопротивления взаимной индуктивности между рельсовыми натами в рассматриваемой РЛ; $z_{M_{1i}}; z_{M_{2i}}$ – удельные сопротивления взаимной индуктивности соответственно между РН1, РН2 и каждой из остальных РН; $z_{M_{1K_1}}; z_{M_{2K_1}}$ –

взаимные индуктивности между РН1, РН2 и собственным контактным проводом K_1 ; взаимные индуктивности между РН1, РН2 и каждым из остальных контактных проводов; взаимные индуктивности между РН1, РН2 и каждой из высоковольтных линий электроснабжения.

Тяговые токи в формулах (1) и (2): $I_1; I_2; I_i$ – соответственно в первой, второй и каждой из i – х рельсовых нитей; $I_{K_1}; I_{K_j}$ – в контактном проводе над рассматриваемым путем и в каждом из остальных контактных проводов; $I_{ВЛ_q}$ – в q -й высоковольтной линии электроснабжения.

Тогда разность сопротивлений РН для рассматриваемой РЛ:

$$+ (Z_{дп_2} - Z_{дп_1}) + \left[\left(\sum_{i=3}^{2n} \frac{I_i}{I_2} z_{M_{2i}} - \sum_{i=3}^{2n} \frac{I_i}{I_1} z_{M_{1i}} \right) + \left(\frac{I_1}{I_2} - \frac{I_2}{I_1} \right) z_{M_{12}} + \left(\frac{I_{K_1}}{I_2} z_{M_{2K_1}} - \frac{I_{K_1}}{I_1} z_{M_{1K_1}} \right) + \left(\sum_{j=2}^n \frac{I_{K_j}}{I_2} z_{M_{2K_j}} - \sum_{j=2}^n \frac{I_{K_j}}{I_1} z_{M_{1K_j}} \right) + \right]$$

$$\left(\sum_{q=1}^p \frac{\dot{I}_{BЛq}}{\dot{I}_2} z_{M_2BЛq} - \sum_{q=1}^p \frac{\dot{I}_{BЛq}}{\dot{I}_1} z_{M_1BЛq} \right) \Big|_{PЦ} \quad (3)$$

Сумма рассматриваемых сопротивлений РН

$$\begin{aligned} &+ (z_{дп2} + z_{дш1} + z_{дт}) + \left[\left(\sum_{i=3}^{2n} \frac{\dot{I}_i}{\dot{I}_2} z_{M_{2i}} + \sum_{i=3}^{2n} \frac{\dot{I}_i}{\dot{I}_1} z_{M_{1i}} \right) + \left(\frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2} + \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} \right) z_{M_{12}} + \right. \\ &+ \left. \left(\frac{\dot{I}_{K_1}}{\dot{I}_2} z_{M_{2K_1}} + \frac{\dot{I}_{K_1}}{\dot{I}_1} z_{M_{1K_1}} \right) + \left(\sum_{j=2}^n \frac{\dot{I}_{K_j}}{\dot{I}_2} z_{M_{2K_j}} + \sum_{j=2}^n \frac{\dot{I}_{K_j}}{\dot{I}_1} z_{M_{1K_j}} \right) + \right. \\ &\left. + \left(\sum_{q=1}^p \frac{\dot{I}_{BЛq}}{\dot{I}_2} z_{M_2BЛq} + \sum_{q=1}^p \frac{\dot{I}_{BЛq}}{\dot{I}_1} z_{M_1BЛq} \right) \right] \Big|_{PЦ} \quad (4) \end{aligned}$$

Формула (3) дает возможность вычислять абсолютную величину асимметрии сопротивления РЛ, а, следовательно, и абсолютное значение асимметрии тягового тока в РЛ в рассматриваемых условиях, которое и определяет степень влияния тягового тока в рельсах на устойчивость работы РЦ и АЛС.

В квадратные скобки формулы (3) включены члены, определяющие влияние взаимных индуктивностей между рассматриваемыми электрическими линиями на величину асимметрии тягового тока. Величина удельного сопротивления взаимной индуктивности между однопроводными электрическими линиями на определенной частоте зависит расстояния между ними [6].

Следовательно, вклад в величину асимметрии тягового тока в РЛ, вызванный взаимными индуктивностями с другими силовыми электрическими линиями на станции, зависит от расстояния до них и величины тока в них. Поэтому данная асимметрия в наибольшей степени зависит от соотношения токов в РН собственной РЛ.

Уменьшение температуры рельсов типа Р65 от + 40 до – 40 приводит к росту асимметрии сопротивления РЛ в 2,2–2,4 раза, а рост тягового тока в рельсах, например, в три раза вызывает почти такой же рост данной асимметрии. При наличии только продольной асимметрии сопротивления РЛ влияние взаимной индуктивности между собственными РН может вызывать увеличение коэффициента асимметрии тягового тока в 1,2–2,5 раза [7].

Таким образом, асимметрия переменного тягового тока может изменяться относительно медленно вследствие изменения состояния токопроводящих и

изолирующих элементов рельсовых линий из-за действия различных деградиционных процессов. Сезонные изменения этой асимметрии вызываются зависимостью от температуры сопротивления рельсов и верхнего строения пути. Быстрые изменения данной асимметрии вызываются изменениями величины тяговых токов в своих и смежных рельсовых нитях, в контактных проводах и в высоковольтных линиях электроснабжения, размещаемых на опорах контактной сети.

Эти динамические процессы необходимо учитывать при организации измерений для определения электромагнитной обстановки на конкретном участке железной дороги, при оценке состояния элементов токопроводящих и изолирующих элементов рельсовых линий, при анализе результатов измерений на неблагоприятных участках по устойчивости работы РЦ и АЛС.

Список литературы

1. Шаманов В. И. Электромагнитная совместимость систем железнодорожной автоматики и телемеханики. М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 244 с.
2. Shamanov V.I. The process of traction-current asymmetry generation in rail lines. Russian Electrical Engineering, 2014, Vol. 85, No. 8, pp. 509-512. © Allerton Press, Inc.
3. Брылеев А. М., Кравцов Ю. А., Шишляков А. А. Теория, устройство и работа рельсовых цепей. М.: Транспорт, 1978. 344 с.
4. Вахнин М.И., Пенкин Н.Ф. и др. Устройства СЦБ при электротяге переменного тока // Тр. ВНИИЖТ. Вып. 126. М.: Трансжелдориздат, 1956. 220 с.
5. Shamanov V.I. Alternating Traction Current Dynamics in Track Lines on Double-Track Hauls. Russian Electrical Engineering, 2016, Vol. 87, No. 10, pp. 566-571. © Allerton Press, Inc.
6. Кравцов Ю.А., Мащенко П.Е., Щербина Е.Г. Электромагнитное влияние перспективного электроподвижного состава на устройства железнодорожной автоматики. М.: МИИТ, 2012. 117 с.
7. Шаманов В.И. Магнитные свойства рельсовых нитей и уровень помех на аппаратуру железнодорожной автоматики и телемеханики // Электротехника. 2015. № 9. С. 50-55.

УДК 681.7.068:621.391.63:656.254

Шевцов А.Н., Петрова А.С., Елифанова Е.П., Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

**УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
И ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ OTN**

В статье рассматриваются причины и цели создания технологии оптических транспортных сетей (Optical Transport Network, OTN), её архитектура и преимущества по сравнению с технологиями (SDH, DWDM), определяется ее живучесть на примере реального разрабатываемого участка сети.

Ключевые слова: оптическая транспортная сеть (OTN), «цифровая упаковка», «цифровая оболочка», упреждающая коррекция ошибок (FEC), высокоплотное мультиплексирование с разделением длин волн (DWDM), технология синхронной цифровой иерархии (SDH, SONET), оптический канал, «маркированный» оптический канал, регенерация 3R, живучесть сети, сетевой граф.

Shevtsov A.N., Petrova A.S., Epifanova E.P., Far Eastern State Transportation University, Khabarovsk

INCREASING THE CAPACITY AND EFFICIENCY OF A TRANSPORT NETWORK WITH THE USE OF OTN TECHNOLOGY

The article examines the reasons and goals of the Optical Transport Network (OTN) technology, its architecture and advantages over technologies (SDH, DWDM), its survivability is determined by the example of the real network section being developed.

Key words: optical transport network (OTN), digital packing, digital wrap, forward error correction (FEC), dense wavelength division multiplexing DWDM, synchronous digital hierarchy (SDH, SONET), optical channel, "Labeled" optical channel, 3R regeneration, network survivability, network graph.

Введение

За последние годы технологическое развитие продвинулось на много шагов вперед и коснулось практически всех аспектов современной жизни. Чтобы удовлетворить сложные требования новых приложений в области пропускной способности и расширить свои услуги, операторам связи необходимо оптимизировать свои расходы на построение и эксплуатацию систем передачи информации на большие расстояния, а также максимально эффективно использовать уже существующие волоконно-оптические кабели. И соответственно, с каждым годом наиболее актуальными становятся технологии, позволяющие увеличить пропускную способность существующей инфраструктуры. Сеть OTN, которую часто называют «цифровая упаковка», позволяет прозрачно передавать по одной длине волны сигнал одного или нескольких сервисов, каждый из которых имеет свой собственный набор функций мониторинга. Технология OTN была стандартизирована в 1998 году, и с тех пор она все шире применяется операторами связи.

1. Причины и цели создания технологии оптических транспортных сетей (Optical Transport Network, OTN)

Основной ранее применявшейся на транспортных сетях технологией была технология SDH/SONET. Однако в ходе эксплуатации были выявлены некоторые недостатки технологии, такие как «накопление» шумов, отсутствие возможности использовать сигнал для передачи управляющей информации. Сети на базе DWDM позволили увеличить скорость передачи данных существующих оптических каналов, однако при этом были утеряны защита и не хватает средств контроля и управления оптическими каналами.

Транспортные сети должны обеспечивать возможность передачи как высокоскоростных сигналов, так и низкоскоростных. Передача низкоскоростных сигналов по транспортной сети приводит к тому, что ее пропускная способность используется неэффективно.

Для решения указанных проблем была разработана технология оптических транспортных сетей OTN/OTN, основанная на том, что исходный сигнал структурируется и к нему добавляется дополнительная служебная информация. Таким образом, совместное объединение сети OTN с сетями, использующими технологии DWDM, ведут к оптимальному решению проблем, связанных с требованиями ускоренного темпа роста объема передаваемой информации, т.е. технология OTN не заменяет технологии DWDM, а дополняет ее волновые каналы «цифровой оболочкой».

Для обеспечения функций контроля и управления в OTN все клиентские сигналы структурируются и приобретают стандартную цифровую форму. Именно этим свойством оптические каналы, построенные по технологии OTN, отличаются от каналов, полученных в результате использования технологии DWDM.

Основным недостатком сети на базе DWDM является возникновение переходного влияния на ближних и дальних концах соседних каналов. В OTN это исключается.

Технология OTN/OTN стандартизована Международным союзом электросвязи в стандартах ITU G.872/G709.

2. Архитектура OTN

Физическая структура сети показана на рис. 1 и определяется следующими терминами [1, 3]:

– Оптическая транспортная секция (OTS). Участок сети, на котором происходит передача сигнала без его физического изменения (мультиплексирования, усиления или регенерации).

– Оптическая секция мультиплексирования (OMS). Участок сети, на котором передается оптический сигнал без преобразования в электрический или другой оптический (мультиплексирования или регенерации).

– Оптический канал (OCh). Одиночный канал (длина волны) в пределах секции мультиплексирования.

Для реализации функций интерфейса используется электронное и оптическое оборудование объединяемое в транспондерные (TPD) и оптические блоки

(OMX) с оптической ретрансляцией R. Через транспондерные блоки реализуются функции уровня оптического канала OCh.

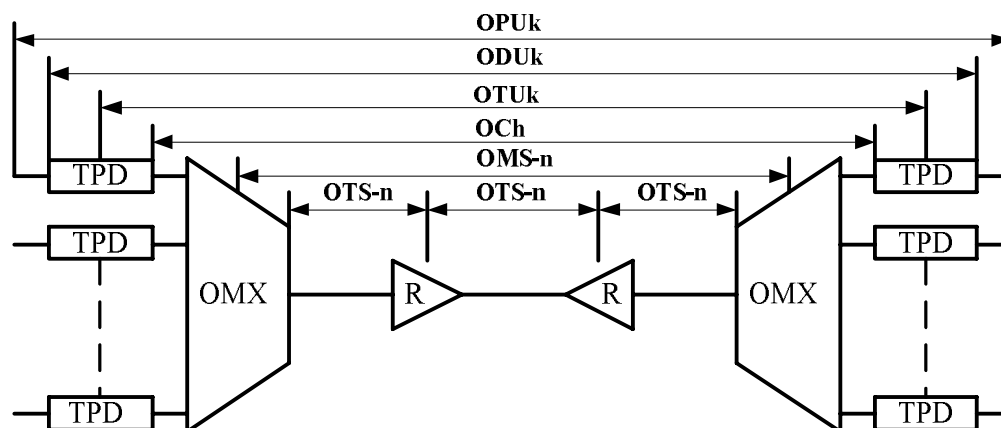


Рис. 1. Модель сети OTN

Основными информационными структурами OTN являются:

- блок полезной нагрузки оптического канала (OPUk);
- блок данных оптического канала (ODUk);
- транспортный блок оптического канала (OTUk).

Число $k = 1, 2, 3, 4$ – уровень оптической транспортной иерархии, который определяет максимальную скорость передачи сигнала нагрузки, поддерживаемую оптическим каналом.

С целью оптимизации оптической транспортной сети для различных применений информационные структуры OPUk, ODUk и OTUk определены для четырех диапазонов скоростей передачи:

- OPU1, ODU1 и OTU1 для диапазона скоростей до 2,5 Гбит/с;
- OPU2, ODU2 и OTU2 для диапазона скоростей до 10 Гбит/с;
- OPU3, ODU3 и OTU3 для диапазона скоростей до 40 Гбит/с;
- OPU4, ODU4 и OTU4 для диапазона скоростей до 100 Гбит/с.

Слой блоков (OTUk) поддерживает один тракт сетевого слоя ODUk и обеспечивает транспортирование сигналов ODUk через секцию OTUk между пунктами регенерации типа 2R или 3R.

Под регенерацией типа 3R подразумевается полная регенерация импульсов цифрового сигнала (рис. 2):

- восстановление амплитуды импульсов (Reamplification);
- восстановление формы импульсов (Reshaping);
- восстановление временных соотношений импульсов (Retiming).

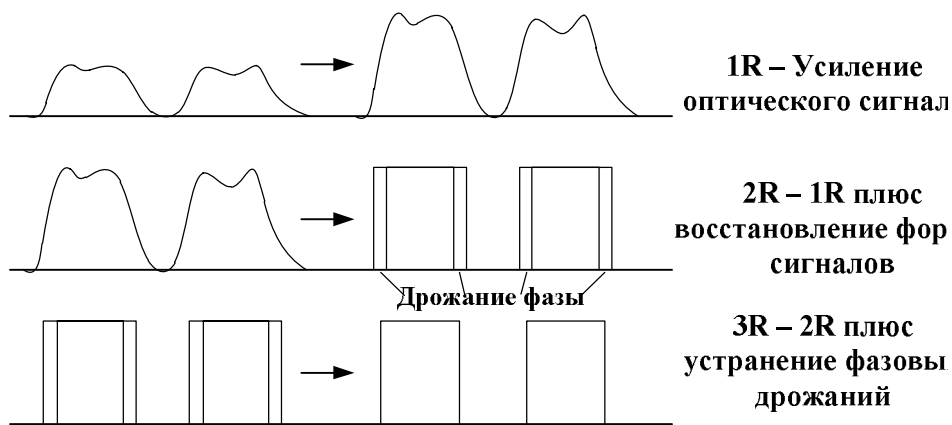


Рис. 2. Принцип 3R регенерации

Передача полезной нагрузки или клиентского сигнала показана на рис. 3 и организована следующим образом.

На первом этапе к данным (Client) добавляется некая порция служебной информации – заголовок (OH), образуя Единицу нагрузки (OPU – Optical channel Payload Unit). OPU регулирует отображение (преобразование) множества клиентских сигналов и обеспечивает информацию о типе транспортируемого сигнала.

Далее путем добавления к OPU второго набора OH образуется Optical channel Data Unit (ODU). Он позволяет пользователю осуществлять мониторинг парного соединения, мониторинг пути и ряд других функций.

Наконец, к ODU добавляются третий набор служебных данных и информация для прямого исправления ошибок (без требования повторной передачи) FEC (Forward Error Correction), в результате чего получается транспортная единица оптического канала OTU (Optical channel Transport Unit). Этот блок используется для поддержки транспортировки через один или более оптических каналов. Он также содержит в качестве своей части секцию выравнивания кадра FAS (Frame Alignment Section), информация из которой применяется в интересах функционирования сети.

Последующее добавление заголовка OH создает «маркированный» оптический канал (OCh) для световой волны длиной λ определенного «цвета» (один цвет).

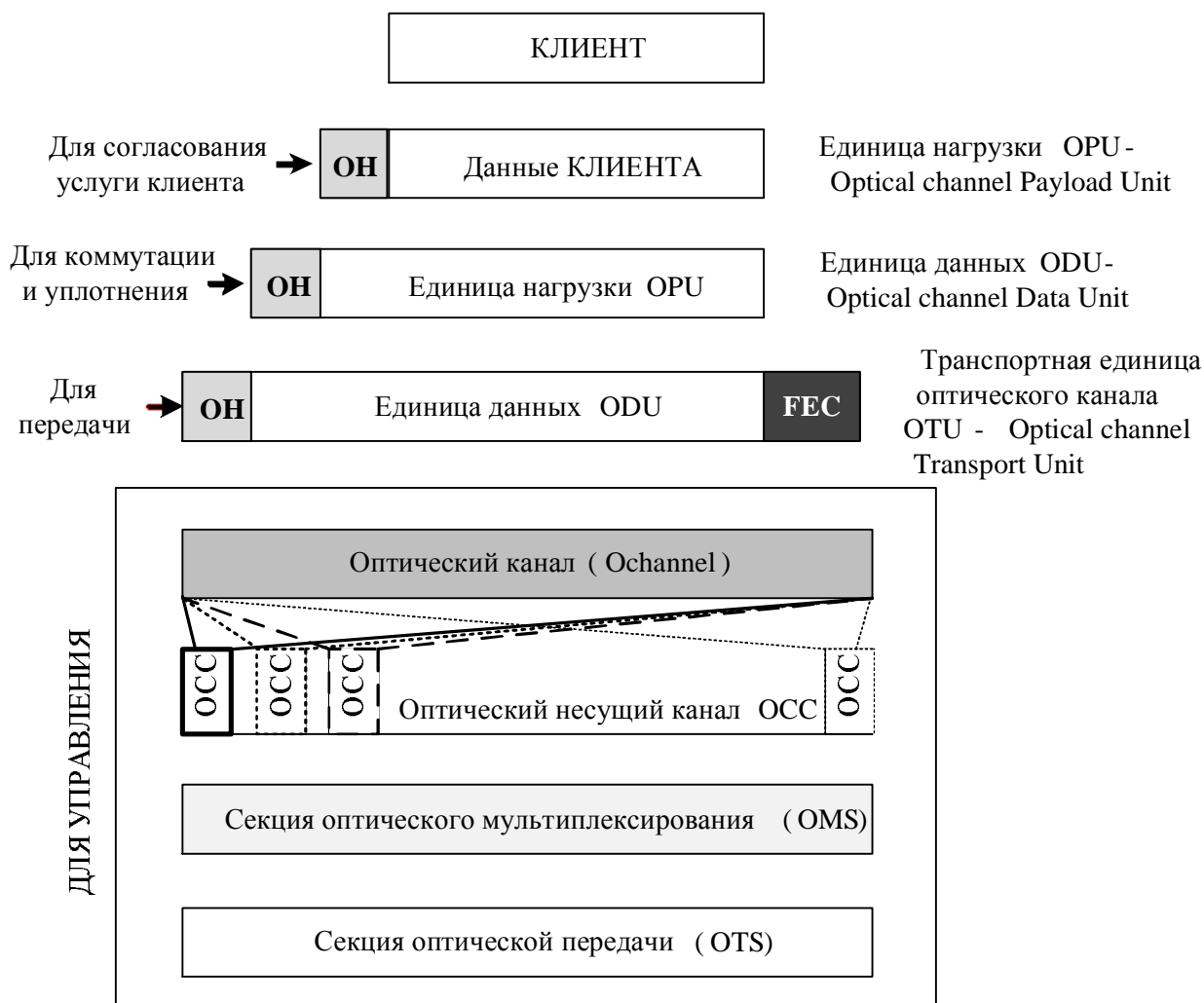


Рис. 3. Формирование структуры транспортного потока OTN

Для исправления ошибок в цикле OTUk может применяться система прямого исправления ошибок FEC (поле FEC OTUk) или усовершенствованная система прямого исправления ошибок E-FEC.

В системе прямого исправления ошибок (FEC) используется код Рида-Соломона RS (255, 239), Рекомендации G.975, обладающий высокой эффективностью в средах с пакетными ошибками и характеризуется следующими параметрами:

- длина кодового слова $n = 255$ байт;
- количество информационных символов в блоке данных $k = 239$ байт;
- количество ошибок, исправляемых в кодовом слове, $t = (n - k)/2 = 8$;
- количество ошибок, обнаруживаемых в кодовом слове, $2 \times t = 16$.

Каждый OTUk разбивается на блоки символов данных по 239 байт. Для каждого такого блока вычисляется контрольный блок из 16 символов – байт и присоединяется к 239 байтам. Таким образом, $n = 255$, $k = 239$, т. е. RS(255,239). Объединенный блок k и $n-k$ образуют подстроку OTU. Проверочные символы

вводятся в заголовок OTUk FEC. Блоки данных и проверочные символы образуют кодовые слова длиной в 255 байт, которые подаются в оптический канал. Синхронное побайтовое мультиплексирование подстрок образует одну строку OTUk (рис. 4).

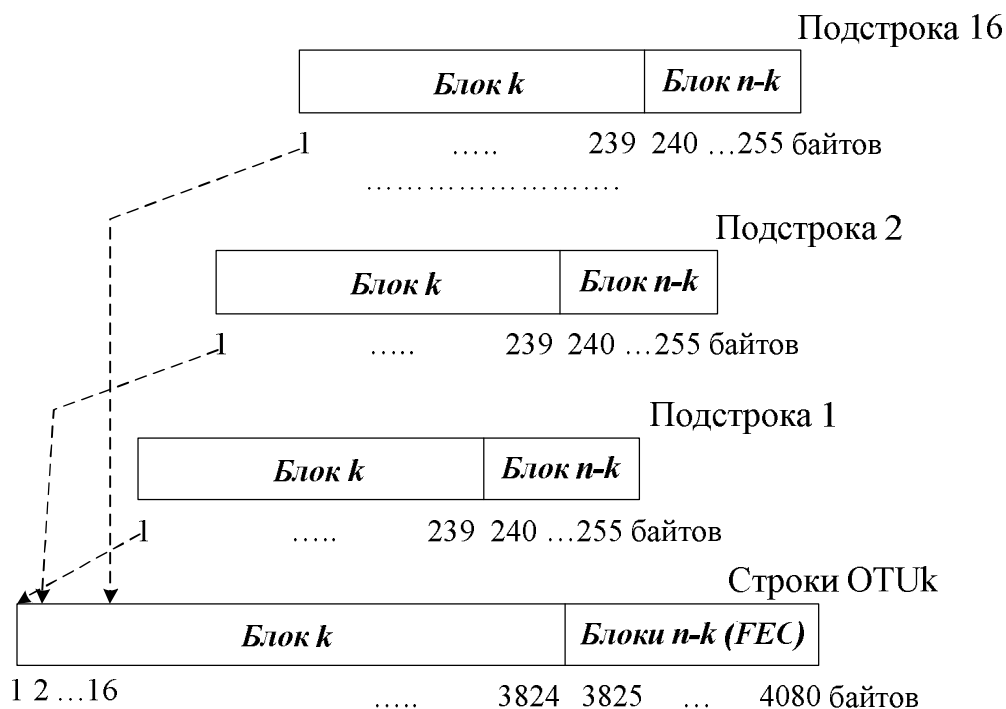


Рис. 4. Образование строки OTUk с блоком контроля FEC

В пункте окончания секции OTUk сигнал оптического канала в виде последовательности кодовых слов подается на декодер FEC, в нем производится деление кодового слова на порождающий полином. Остаток от деления называется синдромом, по которому устанавливается наличие ошибок в любом символе кодового слова, и они автоматически исправляются. Если синдром равен нулю, то передача прошла без ошибок, если – не равен нулю, то это признак ошибки.

Исправлению подлежит заданное количество ошибок в символе (один – два или более в байте). Благодаря тому, что RS(255, 239) имеет расстояние Хэмминга $d_{min} = 17$ можно корректировать до восьми символьных ошибок. При этом число обнаруживаемых ошибок составляет 16 в подстроке с FEC.

Использование FEC в оптических транспортных сетях позволяет обнаруживать и исправлять битовые ошибки, возникающие вследствие физического ухудшения параметров среды передачи. Практическая эффективность может составить от 5 до 8 дБ, т. е. дополнительный бюджет может позволить оператору заменить 2,5 Гбит/с систему на 10 Гбит/с к оптическому бюджету линии, что соответствует дополнительным 25–30 км на длине волны 1550 нм. Таким образом, FEC позволяет увеличивать длины участков передачи по сравнению с системами без FEC [4].

3. Преимущества сети OTN

Транспортные сети следующего поколения будут широко использоваться. Это объясняется тем, что они предлагают несколько привлекательных особенностей [2], [3]:

- Сеть OTN позволяет передавать сигналы видео, голоса данных с гарантированным качеством. Причем все эти сервисы подключаются напрямую, без промежуточных устройств.

- Защищает сеть от неблагоприятных «смешиваний» разнородных сервисов, экономит полосу пропускания и прозрачно переносит любой трафик.

- Легко масштабируется, поддерживает выделенные каналы Ethernet на скоростях 1GbE, 10GbE, 40GbE, 100GbE и выше. В любой момент в сеть может быть добавлено любое количество узлов и интерфейсных модулей. При этом сам процесс добавления устройств не влияет на работу всей сети, все приложения продолжают работать в обычном режиме. При разрыве кольца, чтобы добавить узел, сеть автоматически «завернется» на ближайших узлах и продолжит работу без перерыва связи.

- Любые расстояния, сеть OTN практически не имеет ограничений по количеству узлов в одном кольце.

- С использованием технологии OTN Control Plane, позволяет создавать автоматические полносвязные конфигурации с восстановлением связи за 50 мсек.

- Использование FEC (Forward Error Correction) в OTN позволяет обнаруживать и исправлять битовые ошибки, возникающие вследствие физического ухудшения параметров среды передачи. Функция FEC, применяемая в сети, позволяет принимать оптический сигнал более низкого качества без потери связи.

4. Живучесть транспортной сети OTN

Одним из важных вопросов при эксплуатации транспортных телекоммуникационных сетей является определение их живучести. Живучестью транспортной сети называется способность противостоять воздействию погодных условий, транспортных инцидентов и их сочетаний, а при повреждениях сохранять и восстанавливать (полностью или частично) связь между объектами сети, пропускные способности участков сети и т. д.

Если транспортную сеть представить в виде четкого графа, то удаление одного или нескольких ребер разрушит связи между объектами (вершинами) сети, уменьшит ее живучесть и может привести к разрушению сети.

Для нарушения связности между двумя вершинами необходимо либо нарушить все пути, либо вывести из строя ребра хотя бы одного сечения. В предположении, что все пути работают параллельно, а все сечения последовательно, можно записать оценки для нижней (по сечениям) и верхней (по путям) границ живучести по формуле (1):

$$\overline{p_{12}} = 1 - (1 - P_a \cdot P_b \cdot P_c \cdot P_d \cdot P_n) \cdot (1 - P_e \cdot P_f \cdot P_g \cdot P_s) \cdot (1 - P_h \cdot P_k \cdot P_l \cdot P_m) = 1 - (1 - P_{ij}^5)(1 - P_{ij}^4)^2 \quad (2)$$

$$\underline{p_{12}} = \prod_{i=1}^{80} [1 - \prod_1^3 (1 - P_{ij})] = [1 - (1 - P_{ij})^3]^{80}, \quad (3)$$

Расчет вероятности безотказной работы P_{ij} ветви можно выполнить следующим способом (4):

$$P_{ij} = k_{zm} e^{-\frac{t}{T_m}}, \quad (4)$$

где k_{zm} – коэффициент готовности; t – непрерывное время наработки на отказ (примем 720 ч – 1 раз в год); T_m – среднее время наработки на отказ (среднее время между отказами, ч).

Коэффициент готовности определяется следующим способом (5):

$$k_{zm} = \frac{T_m}{T_m + T_{me}}, \quad (5)$$

где T_{me} – среднее время восстановления поврежденной ветви (у ОТН при повреждении связи происходит переключение на резерв, 50 мсек = $13,9 \cdot 10^{-6}$ ч).

Среднее время наработки на отказ линейного тракта определяют по формуле:

$$T_m = \frac{1}{\Lambda_{СИСТ}}, \quad (6)$$

где $\Lambda_{СИСТ}$ – интенсивность отказов линейного тракта (сумма интенсивностей отказов НРП, ОРП и кабеля).

$$\Lambda_{СИСТ} = \Lambda_{НРП} \cdot Q_{НРП} + \Lambda_{ОРП} \cdot Q_{ОРП} + \Lambda_{КАБ} \cdot L, \quad (7)$$

где $\Lambda_{НРП}$ – интенсивности отказов НРП; $Q_{НРП}$ – количество НРП; $\Lambda_{ОРП}$ – интенсивности отказов ОРП; $Q_{ОРП}$ – количество ОРП; $\Lambda_{КАБ}$ – интенсивность отказов одного километра кабеля; L – протяженность магистрали, км.

Подставим полученные значения из табл. 1 в формулу (7) и (6) для участка 1–2, определим интенсивность отказов, а затем среднее время безотказной работы линейного тракта:

$$\Lambda_{СИСТ\ 12} = 1298 \cdot 10^{-8} \text{ 1/ч.}, \quad T_{m12} = \frac{1}{1298 \cdot 10^{-8}} = 77041 \text{ ч.}$$

Таблица 1. Интенсивности отказов элементов

Интенсивность отказа Λ , 1/ч	Элементы отказа		
	НРП	ОРП	Кабель

	$3 \cdot 10^{-8}$	10^{-7}	$5 \cdot 10^{-8}$ на 1 км
--	-------------------	-----------	---------------------------

Подставив полученные значения в (5), определим коэффициент готовности участка 1-2:

$$k_{zm} = \frac{77041}{77041 + 13,9 \cdot 10^{-6}} \cong 1, \quad \text{тогда} \quad P_{12} = 1 \cdot e^{-720/77041} = 0,99$$

Теперь, зная P_{12} , используя (2) и (3), получим верхнюю $\overline{p_{12}}$ и нижнюю $\underline{p_{12}}$ оценки:

$$\overline{p_{12}} = 1 - (1 - 0,99^5)(1 - 0,99^4)^2 = 0,99992; \quad \underline{p_{12}} = [1 - (1 - 0,99)^3]^{80} = 0,99992$$

Аналогично, рассчитаем для остальных участков вероятности безотказной работы ветвей, верхнюю и нижнюю оценки живучести:

$$P_{23} = 1 \cdot e^{-720/43649} = 0,98; \quad \overline{p_{23}} = 1 - (1 - 0,98^6)(1 - 0,98^7)^2 = 0,99801;$$

$$\underline{p_{23}} = [1 - (1 - 0,98)^3]^{294} = 0,99765;$$

$$P_{34} = 1 \cdot e^{-720/225988} = 0,99; \quad \overline{p_{34}} = 1 - (1 - 0,99^2)(1 - 0,99)^2 = 1;$$

$$\underline{p_{34}} = [1 - (1 - 0,99)^3]^2 = 0,99999.$$

Если предположить, что i, j -ом направлении связи существует один путь передачи сообщений, то живучесть пути W_{ij} можно определить в виде – вероятности сохранения связности в последовательной цепочки ветвей и узлов

$$W_{ij}^1 = \prod_{m=1}^{M_{ij}} P_{m_{ij}} \prod_{k=1}^{K_{ij}} P_{k_{ij}}, \quad (8)$$

где M_{ij} – количество ветвей в i, j -ом пути; $P_{m_{ij}}$ – вероятность выживания m -й ветви i, j -ого пути; K_{ij} – количество узлов (коммутационных центров) i, j -ого пути; $P_{k_{ij}}$ – вероятность выживания k -го узла i, j -ого пути.

При наличии в направлении связи нескольких X путей доставки сообщений, то:

$$W_{ij} = 1 - \prod_{\chi=1}^X (1 - W_{ij}^{\chi}), \quad (9)$$

Найдем живучесть всей сети участка Хабаровск–Находка Восточная, подставив верхние и нижние оценки в выражения (8) и (9), получим:

$$W_{15} = 1 - [(1 - \overline{p_{12}} \cdot \underline{p_{12}})(1 - \overline{p_{23}} \cdot \underline{p_{23}})(1 - \overline{p_{34}} \cdot \underline{p_{34}})(1 - \overline{p_{45}} \cdot \underline{p_{45}})] \cong 1$$

А вероятность отказа всей сети будет:

$$Q_{15} = 1 - W_{15} = 2,72 \cdot 10^{-14}, \quad (10)$$

Поэтому можно сказать, что живучесть сети OTN на данном участке практически равна 100 %, то есть 100 % выживаемость. Рассматриваемый метод позволяет судить о надежности сети OTN.

Заключение

Оптическая транспортная сеть предназначена для обеспечения не только высоких скоростей передачи данных, но и гибкого и надежного администрирования.

Изначально технология оптических транспортных сетей (Optical Transport Network, OTN) разрабатывалась для применения в военных целях. Именно поэтому в ней заложены многие специфичные функции: независимость от программного обеспечения, возможность конфигурирования системы в режиме офлайн, пониженные требования к условиям окружающей среды, отсутствие центральных узлов, конфигурирование и администрирование с любого узла сети, замена интерфейсных модулей без выключения узла, включение/выключение интерфейсных модулей при помощи тумблера (не программно), самовосстанавливаемость системы после включения электропитания и многое другое.

Реализация механизма FEC позволяет сетевым операторам использовать имеющиеся сети более эффективно.

Список литературы

1. Фокин, В.Г. Проектирование оптической мультисервисной транспортной сети: учеб. пособие / 2009. – 205 с.
2. Оптические сетевые стандарты: подробное руководство/Springer Science+Business Media, LLC, США 2006.
3. Пол Литтлвуд и др. Оптическая транспортная сеть/ Корпорация Ciena 7035 Ridge Rd. 2014.
4. Соломенчук, В.Д. Оптические транспортные сети: учеб. пособие / В.Д. Соломенчук, В. А. Мищенко, К.Н. Гура. – К. : 2014. – 294 с.
5. Шарафутдинов Р.З. Исследование и анализ живучести транспортных сетей: диссертация на правах рукописи /Ташкентский университет информационных технологий, 2008 – 109 с.

УДК 656.223

Шеховцов А.И., Донецкий институт железнодорожного транспорта,
Донецк, ДНР

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЯВОК ГРУЗОТПРАВТЕЛЕЙ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ

В статье выполнен анализ проблемы управления порожними вагонопотоками в изменившихся условиях, приведены основные предложения по преодолению сложившейся ситуации. Разработана укрупненная модель технологии обеспечения заявок грузоотправителей подвижным составом.

Ключевые слова: подвижной состав, операторы, перевозчик, инфраструктура, порожний пробег, обеспечение заявок.

Shekhovtsov A.I., Donetsk Institute of railway transport, Donetsk, DNR

SIMULATION OF TECHNOLOGY FOR PROVIDING THE SHIPPERS BY ROLLING STOCK

In the article the analysis of problems of management of empty volumes in the changed circumstances, the main suggestions for overcoming the current situation. Developed integrated model of technology to ensure applications of the shippers rolling stock.

Key words: rolling stock, operators, carrier, infrastructure, empty run, the software applications.

Проблема оперирования вагонными парками приобрела актуальность в 2011 году и до настоящего времени не выработано такого решения, которое удовлетворило бы всех участников перевозочного процесса. Причиной отказа от годами выверенной советской системы организации порожних вагонопотоков стало изменение условий функционирования железнодорожного транспорта. В результате проведения реформ практически все вагоны, обращающиеся на сети ОАО «Российские железные дороги», стали частными. О том, что могут возникнуть трудности, начали говорить сразу, отмечая, что основной целью вагонов инвентарного парка является обеспечение имеющихся заявок на перевозку, с учетом минимизации нахождения их в порожнем состоянии. Основная цель частных вагонов – принести максимальную прибыль оператору, в том числе и за счет умышленного ожидания выгодной перевозки [1].

Собственники подвижного состава оперируют ими без учета специфики эксплуатации инфраструктуры, в результате возник целый ряд проблем [2–5]:

1) рост порожнего пробега вагонов и большое количество встречных потоков однотипных порожних вагонов – операторы направляют вагоны для тех перевозок, которые принесут им максимальную прибыль;

2) увеличение нагрузки на инфраструктуру – связано с переработкой вагонов (пункт 1), а также с «бросанием» на подходах поездов с грузами, прибывающими на крупные предприятия с превышением перерабатывающей способности их грузовых фронтов и с заблаговременной отправкой порожних вагонов под запланированную погрузку;

3) возникновение искусственного дефицита – вагонов много, но грузоотправители не могут согласовать заявки на подачу вагонов под погрузку.

Авторы научных публикаций по данному вопросу едины во мнении, что необходимо разработать новую систему организации вагонопотоков, учитывая при этом интересы всех участников перевозочного процесса. В работе [6] предлагается, пока не будут разработаны новые нормативные документы, определяющие ответственность каждой стороны, для снижения нагрузки на инфраструктуру, выработать решения по максимально эффективному использованию возможностей станций отстоя.

Авторы [5] предлагают пересмотреть основные положения плана формирования поездов, с учетом изменившихся условий, и разработать новые экономически обоснованные математические модели организации вагонопотоков. Также предлагается разработать новые принципы назначения поездов из порожних вагонов, и в случае ориентации в первую очередь на максимизацию прибыли – определить допустимые нормы загрузки инфраструктуры ОАО «РЖД».

Методология, разработанная в [3], позволяет сделать вывод об оптимизации механизмов функционирования вагонного парка, включающей регулирование самоорганизации на основе либеральных механизмов и прогрессивный адаптивный менеджмент на основе централизованных механизмов функционирования грузовых перевозок. Аналогичные выводы, о необходимости синтеза рыночных законов и частичной централизации (консолидации вагонных парков), делались и другими авторами. С целью подтверждения правомерности данных выводов, на основе агентских договоров, вагонов собственных привлеченных, технологического аутсорсинга, производились попытки консолидировать вагонные парки под управлением ОАО «РЖД» [7]. Владельцы вагонов, кроме дочерних компаний ОАО «РЖД», проигнорировали данные начинания, привлекаемых вагонных парков было недостаточно, для получения объективных выводов. Кроме того, государственный перевозчик не может гибко снижать тарифы, в зависимости от рыночной ситуации, что в определенных пределах могут себе позволить частные операторы подвижного состава.

Попытки поиска решений продолжаются с учетом предыдущих неудач, в 2016 году ОАО «РЖД» и Федеральная антимонопольная служба заключили договор о создании Совета рынка грузовых перевозок, призванного объединит всех участников рынка для выработки единой позиции при разработке нормативно-правовых актов. Еще одной важной задачей Совета рынка является создание электронной площадки предоставления вагонов, призванной сократить их порожние пробеги [8].

В [9] приведен алгоритм расчета времени нахождения вагона в порожнем состоянии, в зависимости от его принадлежности. Для расчета затрат на обеспечение грузоотправителей порожними вагонами и определения наиболее выгодного варианта обеспечения в [10] разработана математическая модель. На основе проведенного выше анализа публикаций по данной проблеме, можно сделать вывод, что необходим поиск баланса между сокращением порожнего

пробега вагонов и затратами на обеспечение грузоотправителей подвижным составом. С помощью математического аппарата сетей Петри выполним моделирование обеспечения заявок грузоотправителей порожними вагонами (рис. 1).

В модели с помощью позиций и переходов обозначены:

P1 – нахождение порожнего вагона на грузовом фронте после выгрузки;

P2 – порожний вагон убран с грузового фронта, может подаваться под погрузку;

P3 – доставка вагона на станцию погрузки в составе порожнего маршрута;

P4 – наличных порожних вагонов достаточно для удовлетворения заявок грузоотправителей;

P5 – порожний вагон готов к отправлению со станции выгрузки в составе порожнего маршрута;

P6 – порожний вагон находится на станции погрузки;

P7 – нахождение порожнего вагона на грузовом фронте перед погрузкой;

P8 – наличных порожних вагонов недостаточно для удовлетворения заявок грузоотправителей, необходимо изъять недостающие порожние вагоны из резерва;

P9 – доставка вагона на станцию погрузки в составе поезда, состоящего из груженых и порожних вагонов, следующего согласно плану формирования поездов;

P10 – порожний вагон готов к отправлению со станции выгрузки в составе поезда, состоящего из груженых и порожних вагонов, следующего согласно плану формирования поездов;

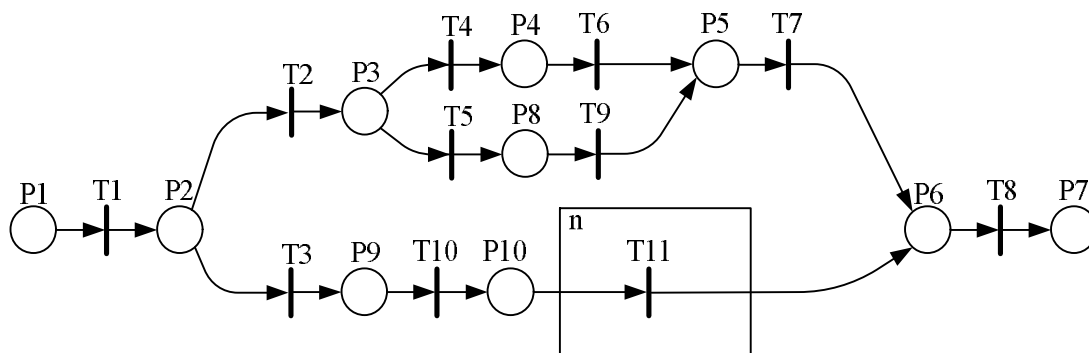


Рис. 1. Укрупненная модель технологии обеспечения заявок грузоотправителей подвижным составом

T1 – уборка порожнего вагона с грузового фронта;

T2, T3 – определение технологии доставки вагонов на станцию погрузки (группами вагонов, в составе поездов, состоящих из груженых и порожних вагонов, следующих согласно плану формирования поездов, и перерабатываемых на попутных технических станциях, либо в составе порожних маршрутов, при наличии достаточного количества заявок грузоотправителей на погрузку) [10];

T4, T5 – определение соответствия количества порожних вагонов заявкам грузоотправителей на погрузку [10];

T6 – выполнение комплекса технических и коммерческих операций по подготовке порожних вагонов к отправлению;

T7 – движение по перегонам, проследование технических станций в составе порожнего маршрута транзитом без переработки;

T8 – выполнение комплекса технических и коммерческих операций по подготовке порожнего вагона к подаче на грузовой фронт;

T9 – выполнение комплекса технических и коммерческих операций по подготовке порожних вагонов из-под выгрузки и изъятых из резерва к отправлению;

T10 – выполнение комплекса технических и коммерческих операций по подготовке порожних вагонов к отправлению;

T11 – движение по перегонам, проследование технических станций в составе поезда транзитом с переработкой; n – число технических станций, на которых выполняется переработка поездов, в которых порожний вагон следует до станции погрузки.

Список литературы

1. Хусаинов, Ф.И. Экономические проблемы системы управления парком частных вагонов и пути их решения // Вестник транспорта Поволжья. 2011. № 1 (25). С. 5–12.

2. Лемешко, В.Г. В интересах всех участников транспортного рынка // Железнодорожный транспорт. 2011. № 8. С. 5–10.

3. Цыганов В.В., Савушкин С.А. Последствия реформирования рынка железнодорожных грузоперевозок: методология оценки // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2013. № 1(17). С. 65–78.

4. Ермолаев А.В. Обоснование направлений повышения эффективности использования вагонного парка транспортной компании // Транспортное дело России. 2012. № 5. С. 154–160.

5. Петров, А.В., Иванчин, С.Ю., Петрова, И.Л. К вопросу совершенствования организации порожних вагонопотоков в современных условиях // Вестник транспорта Поволжья. 2013. №, 5 (41). С. 53–58.

6. Гершвальд А.С., Куныгина, Л.В. Распределение порожних вагонов между станциями отстоя // Наука и техника транспорта. 2011. № 2. С. 41–46.

7. Хусаинов, Ф.И. Консолидация вагонного парка: «на этот раз всё будет иначе?» // Вестник транспорта. 2015. № 8. С. 11–13.

8. Ерофеева, Е.А., Зубков В.Н. Совершенствование местной работы железной дороги в условиях развития полигонных технологий // Электронный научный журнал. 2016. № 8 (11). С. 26–35.

9. Шеховцов, А.И. Проблемы и перспективы управления порожними вагонопотоками в современных условиях // Актуальные проблемы современной экономической науки : Материалы V международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в 2 ч. Часть 1. Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения, 2017. – С. 363–367.

10. Шеховцов, А.И. Математическая модель обеспечения грузоотправителей порожними вагонами // История и перспективы развития транспорта на севере России: Сборник научных

статей / под ред. проф. О.М. Епархина. Ярославль : Ярославский филиал МИИТ, 2017. – С. 125–129.

Научное издание

**НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В УПРАВЛЕНИИ
ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК, АВТОМАТИКЕ И ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ**

Труды Всероссийской научно-практической конференции
ученых транспортных вузов, инженерных работников
и представителей академической науки с международным участием

(Хабаровск, 29 сентября 2017 г.)

Под редакцией **Годяева** Александра Ивановича

Отпечатано методом прямого репродуцирования

План 2017 г. Поз. 12.21. Подписано в печать 04.12.2017 г.

Уч.-изд. л. 15,1. Усл. печ. л. 14,0. Зак. 291. Тираж 100 экз.

Издательство ДВГУПС

680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47