

О Т К Р Ы Т О Е А К Ц И О Н Е Р Н О Е О Б Щ Е С Т В О
«Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт
информатизации, автоматизации и связи
на железнодорожном транспорте»
Дочернее общество ОАО «РЖД»

Т Р У Д Ы
О А О « Н И И А С »

Выпуск 10

ООО «Группа ИДТ»
Москва 2014

УДК 656.2/.4
ББК 39.2

Труды ОАО «НИИАС». Сборник научных трудов. Выпуск 10.
М.: Изд-во ООО «Группа ИДТ», 2014. – 438 с.

ISBN 978-5-94833-099-0

Сборник «Труды ОАО «НИИАС» представляет собой научное издание Открытого акционерного общества «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте». Сборник содержит теоретические и практические результаты исследований, проводимых сотрудниками института по актуальным для железнодорожного транспорта проблемам.

Сборник может быть полезен научным и практическим работникам железнодорожной отрасли, преподавателям, аспирантам и студентам железнодорожных ВУЗов.

Печатается по решению
редакционной коллегии ОАО «НИИАС»

ISBN 978-5-94833-099-0 © Группа ИДТ, 2014

ББК 39.2

© ОАО «НИИАС», 2014
© Авторы, 2014

*Интеллектуальные
системы управления
на железнодорожном
транспорте*

Матюхин В.Г., Шабунин А.Б.

***Построение ИТ-архитектуры
производственного блока
Российских железных дорог (РЖД)
в рамках реализации проекта ИСУЖТ***

Ключевые слова:

анализ, адаптивное планирование, моделирование, логистика, прогнозирование, информационные технологии, управляющие системы, интеллектуальные системы, ит-архитектура

Введение

Одна из основных задач, с которыми сталкивается автоматизация – это сложность системы. В случае Интеллектуальной системы управления железнодорожным транспортом (ИСУЖТ), решаемых ею комплексных масштабных задач, речь идет, без преувеличения, про сверхсложную систему. Как в математическом плане, так и информационном. Кроме того, выполнение поставленных функциональных задач должно быть обеспечено в условиях априорной неопределенности и динамичности внешней среды РЖД.

Рассмотрение архитектуры программного обеспечения возникает из необходимости не допустить хаоса построения информационного ландшафта. По мере роста проекта становится невозможным игнорировать отсутствие архитектуры решения. Архитектура призвана организовать построение системы, ввести идеологию, уровни и структуры разработки. Не являясь жестко стандартизированной научной дисциплиной, архитектура программного обеспечения определяет стратегию разработки и регламентирует приложение усилий коллективов разработчиков. Резюмируя сказанное, дадим одно из определений архитектуры – «Архитектура это базовая организация системы, воплощенная в ее компонентах, их отношениях между собой и с окружением, а также принципы, определяющие

проектирование и развитие системы» [IEEE 1471]. Основополагающей идеей рассмотрения программной архитектуры является идея снижения сложности реализации системы путем декомпозиции элементов.

Начнем с рассмотрения текущего информационного ландшафта производственного блока РЖД, который характеризуется следующими основными особенностями:

Существующие системы в основном являются информационными, нет управляющих систем, позволяющих управлять производственными процессами в реальном масштабе времени, осуществлять комплексное планирование и текущее регулирование.

Отсутствуют методы и средства, обеспечивающие согласованную работу участников производственной деятельности. Отрасли необходима автоматизированная система согласованного управления ресурсами в реальном времени.

Сотни систем, принадлежащие отдельным вертикалям управления, порождают информационную перегруженность лиц, принимающих решения, и расхождения в отчетных данных. Преобладает принцип автоматизации отдельных технологических или управленческих операций.

Отсутствие единой технической политики создаёт технологические барьеры модернизации информационной среды. ИТ – архитектура 20-30 летней давности соответствовала поставленным задачам и возможностям ИТ технологий того времени.

На данном этапе отрасль ставит перед информационными технологиями новые задачи:

- Поэтапный переход на организацию движения грузовых поездов по расписанию.
- Разработка и внедрение единых горизонтальных комплексных процессов, формализованных для компьютерной обработки.
- Изменение парадигмы управления – переход от административной системы (управления в рамках дорог) к управлению по технологическому принципу (в рамках единых технологических процессов работы железнодорожных направлений и сети в целом).

- Переход от информационных к управляющим системам, позволяющих организовать управление перевозочным процессом в реальном масштабе времени.

Необходимость решать новые задачи в отсутствие единой современной ИТ архитектуры производственного блока увеличивает хаос построения ИТ ландшафта и не дает ожидаемой отдачи.

ИСУЖТ в корпоративной ИТ-архитектуре

В соответствии с международным стандартом ISA-95 иерархия систем управления автоматизируемого промышленного предприятия делится на четыре уровня, образуя функциональную пирамиду: BI – ERP – MES – SCADA.

ИСУЖТ по набору решаемых задач относится к классу MES систем – системы оперативного и эффективного управления производством. Используя достоверные оперативные текущие данные, MES регулирует, иницирует и протоколирует эксплуатационную работу предприятия.

MES-системы выстраивают модель производства, определяя производство на стыке возможностей инфраструктуры, материалов и персонала. Такова внутренняя модель, а с точки зрения управления производством любая MES должна дать ответ на вопросы:

1. С помощью чего надо производить;
2. Что должно быть произведено;
3. Когда что надо производить;
4. Когда, как и что было уже произведено.

На технологическом языке это означает, что должны присутствовать компоненты:

1. Распределения и контроля статуса ресурсов,
2. Диспетчеризации производственных заказов,
3. Сбора данных и управления качеством,
4. Управления техническим обслуживанием,
5. Анализа производительности,
6. Составления производственных расписаний,

7. Контроля документов,
8. Управления трудовыми ресурсами,
9. Координации технологических процессов и отслеживание готовой продукции.

Задачи сформулированы в терминах стандарта MES систем и совпадают с перечнем задач в Техническом задании на ИСУЖТ.

Идеология автоматизации производственного блока

Архитектура программного обеспечения традиционно рассматривается с разных точек зрения, но, в первую очередь, необходимо определить идеологию автоматизации.

Основной современной идеологией автоматизации производственного блока РЖД должно стать построение управляющей системы. Определение сути управления поможет понять, в чем заключается эта идеология. Управление – это процесс поддержания ключевых показателей системы в области жизнеспособности за счет реализации обратной связи в ответ на внешние возмущения, обеспечивая способность системы к саморегулированию и самоорганизации (адаптации).

Из определения следует, что для реализации системы управления необходимо 1) задать ключевые показатели, 2) определить возможности организации обратной связи для поддержания ключевых показателей в области жизнеспособности.

Так, в ИСУЖТ для управления движением поездов на полигонах Москва – Санкт-Петербург и Санкт-Петербург – Бусловская в качестве ключевых показателей задано выполнение графика движения. Обратная связь при возникновении внешних возмущений реализуется построением диспетчерского графика с комплексным расчетом для всех участников движения возможного нагона, установки маршрутов на станциях и разъезда поездов по неправильному пути.

Управление иерархично. Каждый уровень управления имеет свои механизмы реализации обратной связи и, традиционно, верхний уровень иерар-

хии задает ключевые показатели для нижнего уровня. Возникает рекурсивное построение системы, что обеспечивает применение единой идеологии для построения управляющей системы всего производственного блока.

Такое построение позволяет решать задачу преодоления сложности Системы. Поскольку, заложена основа для разумной декомпозиции Системы на подсистемы, результатом которой является представление Системы в виде набора слабо связанных частей. Каждая часть системы имеет свой конечный и непересекающийся с другими частями набор ключевых показателей и свои непротиворечивые методы реализации обратной связи.

В такой постановке оптимальное решение для всей системы складывается из приемлемых решений для каждой его части, или комплекса задач. Решений, которые удерживают каждую ассоциированную с комплексом задач часть производственной деятельности в области жизнеспособности. Событием, которое запускает расчет решений, является изменение либо ключевых показателей, либо фактических данных о производственной деятельности. Решение для каждого компонента ищется в реальном масштабе времени, который соизмерим со временем прохождения ассоциированного производственного процесса.

Построение рекурсивной управляющей подсистемы ИСУЖТ наглядно можно продемонстрировать на примере автоматизации управления тяговыми ресурсами на Восточном полигоне. Выделено несколько уровней иерархии. На верхнем уровне находится объемное планирование поездной работы на полигоне. Этот уровень определяет равномерность и ритмичность работы полигона. Результатом планирования на этом уровне является почасовые планы приема-отправления поездов на станциях полигона и ключевые показатели для нижестоящих уровней многодневного и сменно-суточного планирования локомотивов и локомотивных бригад.

Перспективная ИТ архитектура производственного блока

Все комплексы задач единой системы реализуются с использованием фиксированного набора модулей единой интеграционной платформы.

С одной стороны, это решает вопрос единства данных, с другой стороны позволяет уменьшить трудоемкость реализации системы за счет исключения дублирования стандартизированных технических решений.

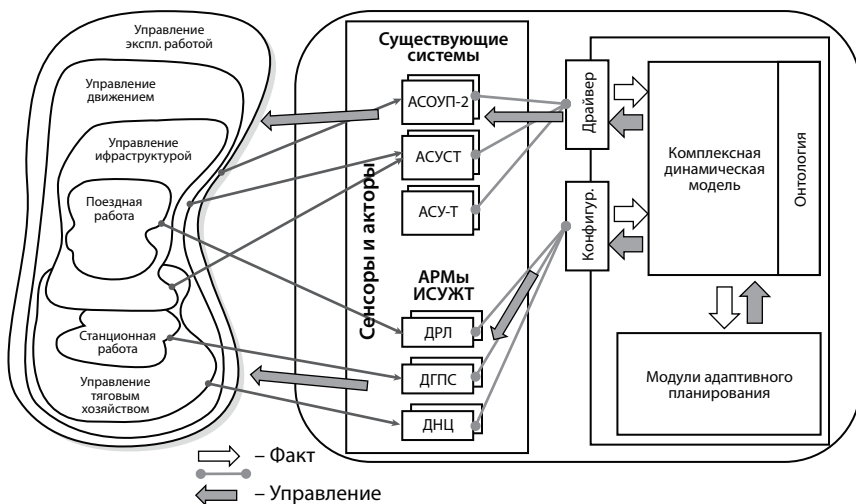


Рис.1. Перспективная ИТ архитектура производственного блока

В общей архитектуре выделяется три основных архитектурных блока.

Первый, это блок *модулей адаптивного планирования*, «планировщики». Это «мозг» системы, блок который рассчитывает решение и порождает управляющее воздействие. Этот блок взаимодействует через внутренний унифицированный для всех планировщиков протокол со вторым блоком – *комплексной динамической моделью*.

Она базируется на единой онтологии и представляет сильно связанную информационную структуру. Концептуально ее можно разделить на классический для отрасли набор моделей, таких как инфраструктурная, поездная, локомотивная, бригадная, отправочная и др. Основная задача этого набора моделей состоит в обеспечении формализованного представления текущей ситуации в реальном масштабе времени. Важной частью моделей является логический контроль информации. Модели соз-

даются со степенью детализации заведомо превышающей детализацию информации, которая поступает от сенсоров системы и для акторов.

Сенсоры и акторы образуют третий блок системы. Этот блок обеспечивает систему информацией из внешнего мира, синхронизирует модели системы с внешним миром, и доводит управляющее воздействие, порожденное системой до адресата во внешнем мире. Посредством набора унифицированных протоколов ввода/вывода обеспечивается взаимодействие с существующими системами линейного уровня (станции, депо). Поскольку речь идет о человеко-машинных комплексах, то к *сенсорам* и *акторам* системы можно отнести и диспетчерский аппарат дирекций, задействованных в производственном процессе. Система предоставляет полнофункциональные рабочие места с унифицированным пользовательским интерфейсом. Приоритетные задачи развития этого блока – это расширение спектра *сенсоров* и *акторов*, при увеличении достоверности и оперативности информации.

Функциональная и компонентная структура.

На рис.2 представлена функциональная структура системы с разбиением на уровни реализации. Серым цветом выделены блоки, реализуемые в очередей 2013 г.

При проектировании всегда стоит задача реализации как можно более слабой связи. Сильная или жесткая обратная связь практически не дает возможности получить решение за конечное время. Планировщик верхнего уровня, задавая показатели функционирования нижнему уровню, максимально полно осведомлен о возможностях достижения этих показателей. Рекурсия с обратной связью реализуется в доверительной среде. Задача нижнего уровня проработать детали реализации и выдать конкретный набор управляющих воздействий. Планируя поездопотоки на региональном уровне, объемный планировщик поездной работы максимально осведомлен о пропускных и перерабатывающих способностях станции. Оба планировщика работают с одной и той же инфраструктурной моделью, которая

постоянно обновляется фактическими значениями. За один синхронизированный сеанс работы планировщики выдают согласованный набор традиционных для соответствующих уровней диспетчерского управления планов и графиков.



Рис. 2.

Частота запуска планировщика зависит от его уровня в иерархии (рис.3). Планировщики верхних уровней запускаются реже и, либо в случае эскалации задачи в случае невозможности решения на нижнем уровне, либо при наступлении штатного запуска по времени (смена, сутки, месяц...).

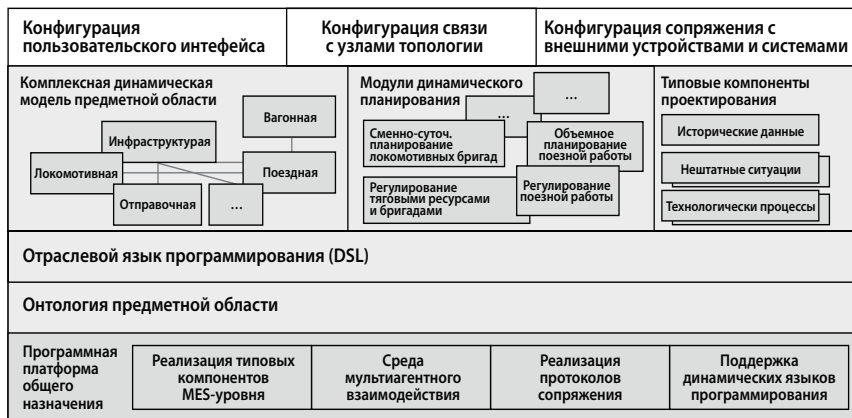


Рис.3.

Компонентная структура ИСУЖТ базируется на программной платформе общего назначения. Платформа, кроме реализации стандартных MES функций обеспечивает два важных для ИСУЖТ компонента: среду мульти-агентного взаимодействия и компонент поддержки динамических языков программирования.

Прикладная часть системы начинается с Онтологии. Подход на основе онтологии применяется в случаях создания системы с непрерывной адаптацией, расширением и масштабированием. Система должна поддерживать использования, которые еще не известны. Для создания системы с разнообразными и комплексными отношениями между элементами, которые должны быть соответствующим образом зарегистрированы и представлены в информационной модели.

На базе онтологии и с использованием базовых возможностей платформы создается отраслевой язык программирования (DSL). Отраслевой язык выступает основой решения прикладных задач системы.

Решение прикладных задач реализуется через построение комплексных динамических моделей и модулей адаптивного планирования.

Большое внимание при проектировании системы уделяется генерализации компонентов для повторного использования. К таким компонентам относятся компоненты хранения исторических данных, ведения технологических процессов, регистрации нештатных ситуаций и другие.

Завершает рассмотрение компонентной структуры блок, в который входят компоненты, обеспечивающие связь системы с другими узлами распределенной топологии, внешними системами и компоненты для построения пользовательского интерфейса.

Принципы проектирования и развития системы

В основу проектирования системы положены следующие основные принципы, призванные обеспечить как саму возможность создания управляющей системы такого масштаба и сложности, так и ее последующее сопровождение и функциональное развитие:

- *Нисходящая модель проектирования* обеспечивает контроль следования идеологии системы, максимальную генерализацию программных компонентов, определение стандартных протоколов взаимодействия, раннее прототипирование пользовательского интерфейса и комплексную отладку и тестирование.
- *Сетецентрическая модель построения* используется как современное средство создания сверхсложных систем за счет декомпозиции и слабосвязанного функционирования компонентов при сохранении единства реализации онтологии, комплексной динамической модели, контура адаптивного планирования и ряда других компонентов.
- *Процессный подход* обеспечивает полноту автоматизации сквозных производственных процессов и исключение дублирования при разработке Системы. Применение методологии и инструментария реализации процессного подхода обеспечивает документирование системы на всех этапах разработки.
- *Реальный масштаб времени.* Системы реального времени сложны в реализации, их работа связана с многочисленными и независимыми друг от друга потоками входных событий, и отработкой на их основе различной выходной информации. Периодичность и порядок наступления событий, в таких системах, в подавляющем большинстве случаев, не может быть задана жёстко, т.к. непредсказуема по своей сути. Входная нагрузка может значительно и произвольным образом меняться во времени.
- *Непрерывность развития и обучения системы* является необходимым принципом проектирования для отрасли с априорной неопределённостью и динамичностью внешней среды. Реализуется этот принцип такими техниками проектирования как проектирование на базе онтологии, создание динамических моделей и слабая связность компонентов.

Формирование единого бесшовного информационного ландшафта производственного блока

На рисунке 4 концептуально изображен перевод информационного ландшафта из текущего в целевое состояние.

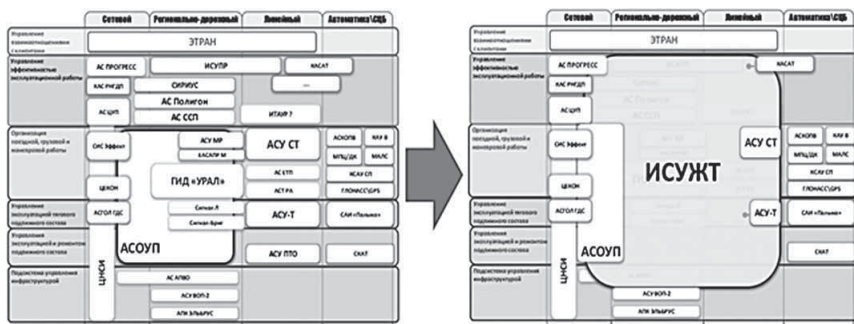


Рис.4.

«Вторичные» системы, т.е. не порождающие первичной информации, должны быть постепенно выведены из эксплуатации, что позволит сократить длину цепочки предоставления информации.

Максимальный объем автоматизации сосредоточен на линейном уровне – станции, депо и прочее. Поэтому с целью сохранения инвестиций и, исходя из необходимого времени и ресурсов для внедрения, существующие системы линейного уровня должны быть включены в единый контур распространения управляющего воздействия. Должен возникнуть линейный уровень ИСУЖТ, выполняющий адаптивное планирование нижнего уровня, и доводящий его до исполнителей или конечных устройств посредством существующего ряда информационных систем линейного уровня, таких как АСУ СТ и АСУ-Т.

Заключение

Применение в ИСУЖТ изложенной ИТ-архитектуры производственного блока позволило избежать хаотичного нагромождения программного обеспечения в проекте. Представленная идеология, принципы и компоненты архитектуры определяют разумную декомпозицию при сохранении единства системы. В ходе реализации подтверждена применимость рекурсивных принципов построения системы и мультиагентных технологий для адаптивного планирования. Диспетчерские решения, традиционно относящиеся к

области интуиции, производственного опыта и искусства управления, хорошо формализуются средствами ИСУЖТ. В рамках первой очереди проекта построена группа планировщиков, реализована базовая онтология и отраслевой язык программирования, созданы типовые пользовательские компоненты. Активно ведется работа по сопряжению с существующими информационными системами для построения блока акторов/сенсоров.

Внедрение ИСУЖТ влечет изменение технологии. Неизбежна замена диспетчерского персонала системой при подготовке комплексных взвешенных решений.

Чехов А.В., Капустин Н.И., Гончарова Е.И.

Регулировка движения грузовых поездов на восточном полигоне с использованием технологии интеллектуальных агентов

Ключевые слова:

управление тяговыми ресурсами, управляющие системы, поддержка принятия решений, план ремонтно-путевых работ, полигон, интеллектуальный мультиагентный планировщик

Введение

Увеличение объема перевозок в 2012 году на 5,8% по сравнению с 2011 годом привело к возникновению серьезных затруднений на Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорогах. Перечисленные 4 дороги формируют Восточный полигон. В результате на Восточном полигоне происходит отставка от движения более 200 поездов в сутки, участковая скорость снизилась более чем на 6.4 км/ч с начала 2012 года. Для улучшения ситуации производилась отмена окон, из-за чего не выполнен план ремонтно-путевых работ. Одной из главных причин возникшей ситуации является дефицит тяговых ресурсов вследствие неравномерного и непарного движения поездов.

Одним из объектов автоматизации первой очереди проекта по созданию Единой интеллектуальной системы управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ) является Центр управления тяговыми ресурсами (ЦУТР) Восточного полигона.

Основными характеристиками Восточного полигона является его большая протяженность, сложный горный профиль пути с наличием кривых малого радиуса и уклонов до 28%, использование более 2000 локомотивов грузового движения и более 20 000 человек (контингент локомотивных бригад). Полигон Мариинск–Находка включает 120 поездоучастков протяженностью

от 250 до 450 км, 7 сортировочных станций, 16 локомотивных депо, 12 сетевых и 10 региональных пунктов технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ).

Постановка задачи

В условиях образования новых вертикально интегрированных структур и отсутствия мотивации региональных дирекций в достижении наилучших результатов в масштабах всей компании произошла потеря управляемости тяговыми ресурсами. Для повышения эффективности управления тяговыми ресурсами на Восточном полигоне 05.04.2012 г. был создан Центр управления тяговыми ресурсами (ЦУТР).

Идеология создания ЦУТР основана на концентрации деятельности по управлению тяговыми ресурсами из одного центра в условиях тесного взаимодействия всех причастных дирекций, прежде всего, дирекции управления движением, дирекции тяги и дирекции по ремонту тягового подвижного состава. Иными словами в Центре реализован комплексный подход к вопросу организации работы локомотивов и локомотивных бригад, который способствует более эффективному решению вопросов, возникающих на стыке зон ответственности. Задачами функционирования ЦУТР являются:

- Организация и управление работой по регулированию парка локомотивов и локомотивных бригад для обеспечения заданных объемов перевозок и эффективного использования пропускных способностей, производственных мощностей ТЧР и ПТОЛ;
- Координация и оперативное руководство локомотивными диспетчерами территориальных ЦД, ЦТ, ЦТР в целях эффективного использования тяговых ресурсов;
- Принятие мер по содержанию, размещению и передислокации эксплуатируемого парка локомотивов и локомотивных бригад в соответствии с установленными размерами движения поездов и планом поездообразования;

- Организация и координация разработки единого технологического процесса работы полигона с учетом: оптимизации использования локомотивных парков, директивного плана предоставления «окон», плеч тягового обслуживания, перерабатывающей способности железнодорожных станций.

В настоящий момент ЦУТР столкнулся с проблемами автоматизации, присущими всей сети дорог в целом. Это отсутствие управляющих систем при большом количестве информационных, многократно избыточная информация, низкая оперативность и достоверность данных для принятия решений, отсутствие автоматизированной поддержки принятия решений.

Архитектура решения

Ключевыми особенностями ИСУЖТ как информационно-управляющей системы являются: реальный масштаб времени, единое информационное пространство и эффективные алгоритмы поддержки принятия решений. Задачи первой очереди проекта ИСУЖТ для ЦУТР Восточного полигона (Мариинск-Находка) направлены на повышение качества оперативного управления тяговыми ресурсами. Для решения данных задач разрабатывается сеть взаимодействующих интеллектуальных агентов (планировщиков), способных выполнять автоматизированную разработку и корректировку планов в реальном масштабе времени при возникновении событий, влияющих на их исполнение. На Восточном полигоне реализуются следующие интеллектуальные мультиагентные планировщики:

- объемный планировщик поездной работы,
- объемный планировщик регулирования локомотивами,
- объемный планировщик регулирования локомотивными бригадами,
- пообъектный планировщик прикрепления тяговых ресурсов (рис.1).

В ходе реализации первой очереди задач проекта ИСУЖТ на Восточном полигоне в части планирования будут разработаны планировщики многосуточного (3-7 суток) объемного планирования поездной работы, многосуточного (3 суток) объемного регулирования локомотивами, многосуточного

(1-2 суток) объемного регулирования локомотивными бригадами, текущего пообъектного прикрепления тяговых ресурсов на выделенных станциях и участках полигона.

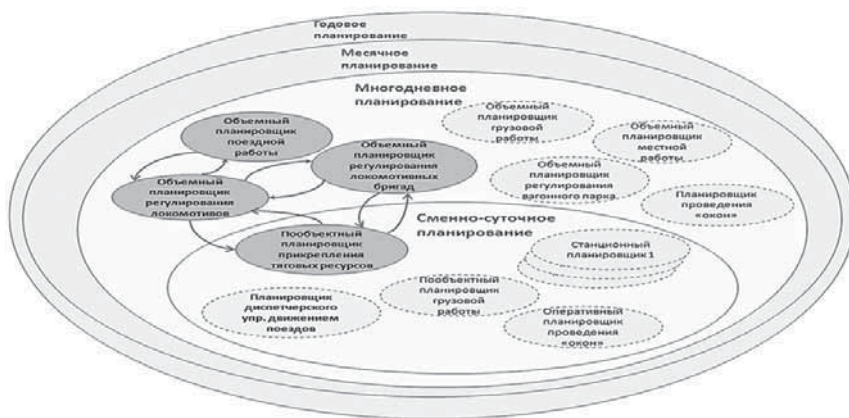


Рис.1. Схема планировщиков Восточного полигона

Целью разработки многосуточных планов является выполнение объемов движения поездов на Восточном полигоне, заданных результатами месячного планирования перевозочного процесса и получаемых на вход системы. Выполнение объема движения обеспечивается выполнением планов пропуска поездов по решающим станциям полигона. Расчет планов пропуска поездов производится для станций смены локомотивов, локомотивных бригад. Такая детализация позволит разработать достаточно точный и выполнимый план поездной работы Восточного полигона на многосуточный период.

В процессе реализации разработанного плана могут возникать разнообразные «возмущения», такие как

- Отказы объектов инфраструктуры и возникновение незапланированных «окон» по их ремонту;
- Передержка «окон»;
- Отказ локомотива на перегоне или станции;
- Незапланированная отцепка локомотива на станции от транзитного поезда;
- Неявка локомотивной бригады;

- Остановка поезда на перегоне из-за окончания рабочего времени локомотивной бригады и т.д.

В результате любого из этих возмущений прибытие на станцию локомотива (с поездом или резервом) может произойти позже запланированного времени. Для устранения последствий этих возмущений предлагается использовать резерв тяговых ресурсов на станциях. При возникновении перечисленных случаев резерв тяговых ресурсов обеспечит вывоз поездов со станции в соответствии с разработанным планом. Планировщики Восточного полигона для разработки согласованных планов обмениваются информацией друг с другом. На рис.2 описана передаваемая между планировщиками информация, а также внешние источники данных системы.

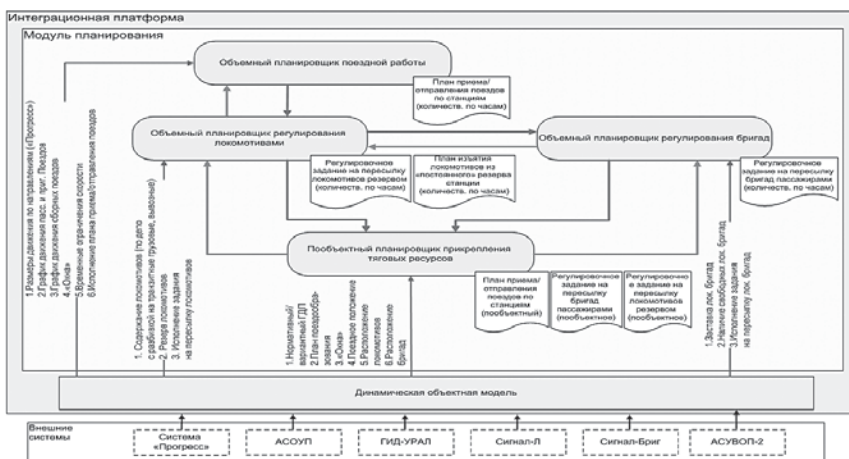


Рис.2. Взаимодействие планировщиков Восточного полигона

Объемный планировщик поездной работы составляет количественный (без привязки к конкретным поездам) план приема и отправления грузовых поездов со станций (с учетом диспетчерских, вывозных и сборных поездов) по каждому из направлений с разбивкой по часам на 7 суток вперед. Выбор временного периода в течение 7 суток обусловлен тем, что такое время требуется поезду для прохождения от станций Западно-Сибирской до станций Дальневосточной железной дороги.

План приема и отправления грузовых поездов рассчитывается для станций смены локомотивных бригад. Входной информацией для расчета плана являются среднесуточные данные по количеству поездов. Эта информация поступает из системы «Прогресс».

Решение конфликтов объемным планировщиком поездов. При разработке плана поездной работы учитываются пропускные способности станций и поездоучастков, а также фактический прием/отправление поездов, поэтому может возникнуть ситуация, когда ресурсные возможности полигона не позволяют запланировать требуемое количество поездов (на сутки). В этом случае планировщик будет «сдвигать» поезда, которые не удалось запланировать в текущие сутки, на следующие сутки и т.д. до истечения периода планирования. Однако, учитывая недостаток информации для точного планирования на большом временном горизонте, предусмотрена «несогласованность» плана на горизонте больше суток. Например, план на сутки вперед должен быть полностью согласован с пропускными способностями поездоучастков и станций, план на период со 2-х по 3-е сутки допускает соответствие пропускным способностям лишь 80% поездов и т.д. Такой подход позволит по мере приближения к горизонту планирования уточнять план, а не сокращать заранее размеры движения.

Объемный планировщик планирования и регулирования локомотивами в соответствии с полученным планом отправления поездов со станции осуществляет поиск исправных локомотивов с учетом обеспечения установленного норматива в резерве станции. Исправными локомотивами считаются все расположенные на станционных путях, путях отстоя в локомотивных депо и ПТОЛ и находящиеся в состоянии «ожидание работы», «приема-сдачи» в том числе следующих с поездами на станцию в расформирование, на станцию смены тяги.

Решение конфликтов объемным планировщиком регулирования локомотивами. При разработке плана регулирования локомотивами может возникнуть ситуация с недостатком исправных локомотивов или невозможностью обеспечить подвод локомотивов к запланированному времени

отправления поезда со станции. В этом случае планировщик учитывает допустимую «несогласованность» планов в зависимости от временного горизонта планирования может предпринять одно из следующих действий:

- Если горизонт планирования не допускает наличия «несогласованности», т.е. все поезда на 1-е сутки планирования должны быть обеспечены локомотивами, планировщик осуществляет поиск дополнительных локомотивов, после чего передает объемному планировщику план по локомотивам с указанием рассогласований с планом отправления поездов.
- Если горизонт планирования допускает «несогласованность» планов объемного планировщика поездов и локомотивов, т.е. допустима необеспеченность локомотивами некоторого количества поездов в плане на 2-е и последующие сутки, план считается готовым и работа планировщика на этом проходе считается выполненной. Планировщик передает объемному планировщику поездов подтверждение.

Для обеспечения согласованности планов на ближайшие сутки планировщик локомотивов осуществляет:

- поиск локомотивов свободных от поездов в ожидании работы, находящихся в резерве, следующих в сплотках, одиночным порядком на расстоянии менее одних суток для устранения конфликтов в ближайшие сутки;
- запрос резервных локомотивов из депо при планировании на более долгий срок.

Объемный планировщик локомотивов учитывает все локомотивы, подходящие к станции с поездами и резервом. Недостающие локомотивы объемный планировщик регулирования локомотивами изыскивает из: нормативного резерва станции; излишка соседних станций; резерва соседних станций; резерва депо; запланированных на другие поезда локомотивов в случае, если поезд, на который запланирован локомотив, должен отправиться позже, и есть шанс найти для него локомотив в будущем, либо данный поезд имеет больший приоритет.

Очередность привлечения дополнительных ресурсов объемным планировщиком регулирования локомотивами зависит от горизонта планиро-

вания. Информационные потоки между планировщиками и решение конфликтной ситуации приведено на рис.3.

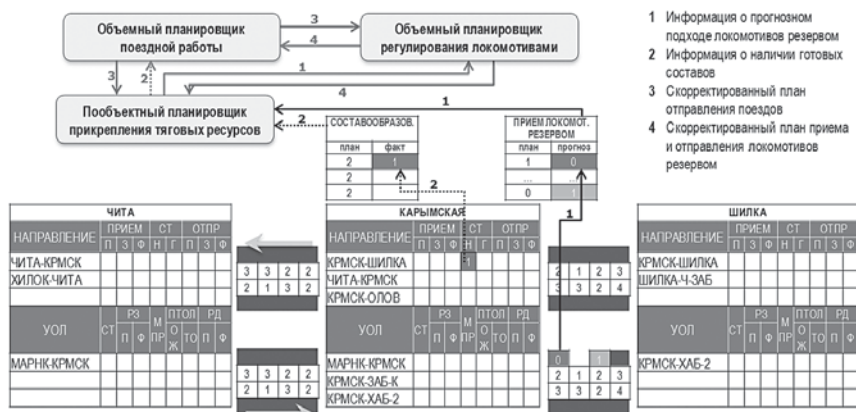


Рис.3. Обработка конфликтной ситуации в модулях планирования

Комплексные автоматизированные рабочие места

Один из ключевых принципов ИСУЖТ – объединение информации, технологических процессов и алгоритмов поддержки принятия решений в составе комплексных автоматизированных рабочих мест (АРМ). Этот принцип поддерживается и в решении для Восточного полигона. Комплексный АРМ для диспетчеров ЦУТР Восточного полигона включает в себя информационную панель (табло индивидуального пользования) и панель управления (рис.4). Информационная панель представляет собой настольный многомониторный (3-6 экранов) комплекс, который обеспечивает полную ситуационную осведомленность диспетчера на участке его работы и смежных участках.

Главное отличие информационной панели от табло коллективного пользования, установленных в диспетчерских центрах – адресность и полнота отображаемых аспектов технологического процесса. Это означает что:

- диспетчер видит только ту информацию, которая находится в сфере его компетенции, избыточная, нерелевантная, для данного диспетчера, информация отфильтровывается системой;

- б) система обеспечивает информацию по всем этапам жизненного цикла объектов процесса – от плановых показателей до анализа результатов работы.

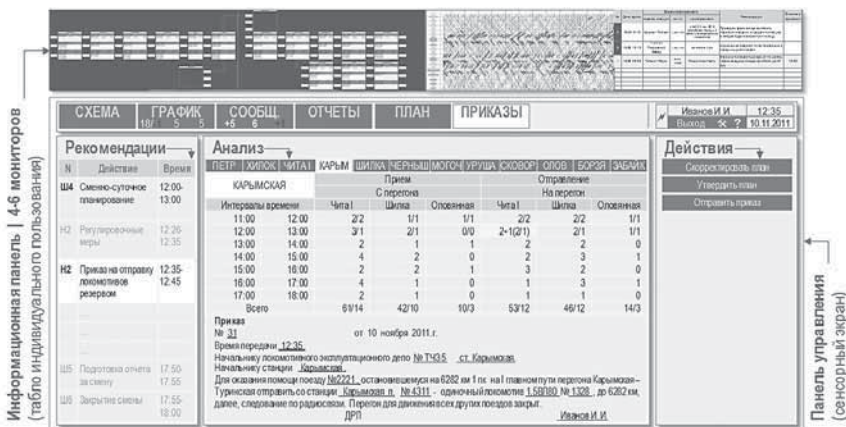


Рис.4. Комплексное автоматизированное рабочее место

Панель управления представляет собой сенсорный экран, горизонтально расположенный на рабочем столе диспетчера. Диспетчер видит:

- ♦ Рекомендации системы по выполнению шагов технологического процесса в рамках ответственности данного диспетчера, включая отработку штатных задач диспетчерской смены и нештатных ситуаций;
- ♦ Исчерпывающую модель ситуации в контексте предлагаемой системой действий, синхронизированную с информационной панелью;
- ♦ Инструменты выполнения указанных действий с возможностью их уточнения, корректировки, эскалации или делегирования.

Функции управления интеллектуальными планировщиками реализуются в составе АРМ диспетчеров, обеспечивающих автоматизированное планирование, формирование и контроль исполнения регулировочных заданий, мониторинг сообщений и нештатных ситуаций, анализ и отчетность.

Проектирование АРМов производится на основе описания бизнес-процессов диспетчерского управления (регулирования), что позволяет контролировать функциональную полноту проектируемых АРМов, выстраивать

процесс взаимодействия между экранными формами одного АРМа, а также между различными АРМами диспетчерского аппарата в системе. Пример взаимоувязки бизнес-процесса и схемы АРМа приведен на рис.5.

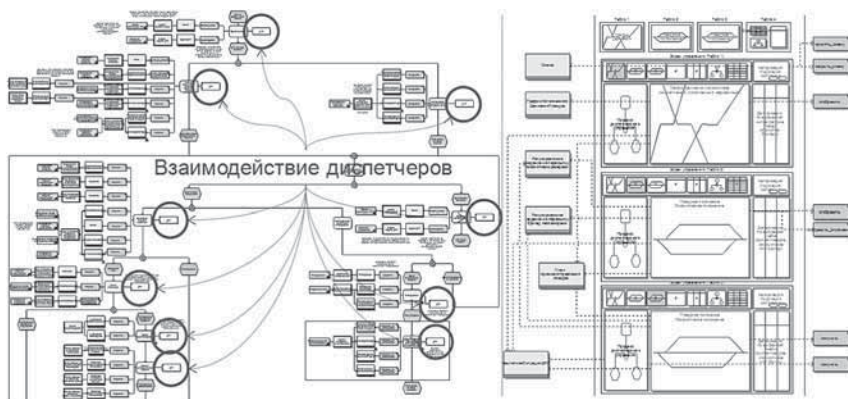


Рис.5 Взаимоувязка информации через технологический процесс

В 2014 году планируется реализация АРМов для следующих пользователей: руководитель ЦУТР, ДРЛ, СДРЛ, сменный инженер ЦД, сменный инженер ЦТ, сменный инженер ЦТР, руководитель ДЦУП, ДРУ, ТНЦ, ДГПС.

Заключение

Внедрение решений ИСУЖТ на Восточном полигоне позволит обеспечить выполнение заданных объемов движения и планов ремонтно-путевых работ; снизить количество поездов, отставленных от движения; повысить участковую скорость грузовых поездов и эффективность использования тяговых ресурсов полигона. Пользователи системы ИСУЖТ будут обеспечены АРМами, включающими всю необходимую для выполнения его функций информацию (с учетом принципа минимальной достаточности), предлагающими квази-оптимальные регулировочные действия и позволяющими от-правлять управляющие воздействия.

Ефремов Г.А., Ефремова А.П.

Диспетчерское управление движением поездов на основе интеллектуальных многоагентных систем

Ключевые слова:

интеллектуальные системы, диспетчерское управление, график движения

Введение

Отличительной особенностью направления Санкт-Петербург – Бусловская является движение высокоскоростных пассажирских и грузовых поездов по одной и той же железнодорожной инфраструктуре. Актуальной задачей для данного полигона является недопущение скрещения поездов «Аллегро» и грузовых поездов. Кроме того, на полигонах с высокоскоростным движением Санкт-Петербург – Москва, Санкт-Петербург – Бусловская важной является задача возврата пассажирских поездов в график при возникновении их отклонений [1–3, 5].

На решение вышеперечисленных актуальных проблем направлена первая очередь задач проекта по созданию Единой интеллектуальной системы управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте – ИСУЖТ для пилотных полигонов Октябрьской дороги Санкт-Петербург – Москва, Санкт-Петербург – Бусловская.

В рамках проекта решение возникающих конфликтных ситуаций и отклонений от графика движения формируется на основе многоагентных технологий [4, 7].

ИСУЖТ на полигоне Октябрьской дороги

Направление Санкт-Петербург – Бусловская – двухпутная линия протяженностью 155 км, от Выборга до Бусловской однопутный участок. На полигоне есть несколько однопутных ответвлений, которые используются для

движения грузовых поездов. Данный полигон включает в себя 32 станции. Движением на направлении управляют два поездных диспетчера и старший диспетчер направления. Основная особенность направления – смешанное движение: большое количество грузовых поездов, наличие пригородных и высокоскоростных поездов. Размеры движения на направлении: 4 пары ВСП «Аллегро», 2 пары пассажирских поездов, 40 пар пригородных поездов, 30 пар грузовых поездов.

Текущее состояние автоматизации на полигоне Санкт-Петербург – Бусловская отличается от полигона Санкт-Петербург – Москва [4]. У диспетчеров на направлении Санкт-Петербург – Бусловская отсутствует табло коллективного пользования, на ответвлениях отсутствует система диспетчерской централизации «Сетунь», по поездам «Аллегро» отсутствует спутниковая информация об их дислокации. Задачи, решаемые подсистемой оперативного управления ИСУЖТ, на полигонах Октябрьской дороги:

- Текущее планирование назначения грузовых поездов на нитки;
- Контроль движения поездов на перегонах с детализацией до блок-участков;
- Контроль технологических процессов ведения графика движения и выполнения плана поездной работы;
- Управление технологическими процессами в нештатных ситуациях;
- Разрешение конфликтных ситуаций в графике движения поездов;
- Имитационный тренажер для диспетчерского аппарата.

Новизна предлагаемого решения ИСУЖТ для пилотных полигонов Санкт-Петербург – Москва, Санкт-Петербург – Бусловская состоит в реализации следующих функций:

- назначение грузовых поездов на нитки графика;
- контроль движения и построение графика исполненного движения с точностью до блок-участка;
- мониторинг выполнения штатных технологических процессов;
- решение конфликтных ситуаций в реальном режиме времени с точностью до блок-участка;

- управление технологическими процессами обработки нештатных ситуаций.

Задача назначения грузовых поездов на нитки графика позволит организовать движение грузовых поездов по расписанию. Для полигона Санкт-Петербург – Бусловская данная задача критична по причине смешанного движения. Учитывая подход поездов со стороны Финляндии, система назначает грузовые поезда на нитки графика, не допуская скрещений с «Аллегро» при наличии сыпучего груза в поезде.

Создание системы для пилотных полигонов Санкт-Петербург – Москва, Санкт-Петербург – Бусловская позволит повысить эффективность управления ресурсами железнодорожного транспорта в реальном времени и обеспечит управление движением поездов по расписанию (своевременное включение маршрутов и режимов на станциях проследования поездов) при возникновении нештатных ситуаций.

Поддержка диспетчерских решений для устранения отклонений в движении поездов от графика будет осуществляться в полнофункциональных рабочих местах, автоматизирующих сквозной процесс диспетчерского управления. Диспетчер с помощью полнофункционального АРМа сможет выполнять весь перечень должностных обязанностей, включая передачу сообщений и приказов другим диспетчерам, а также управляющих воздействий непосредственно на устройства автоматики и локомотив.

Интеграция с системами диспетчерской централизации для автоматической установки маршрутов и с автоведением для управления тягой приведет к созданию первой управляющей системы на железнодорожном транспорте. Дальнейшее тиражирование описанного решения на сеть железных дорог будет основой для движения всех типов поездов по расписанию.

Заключение

В настоящее время проверена применимость многоагентных технологий для возврата поездов в расписание. Архитектура разработанной системы позволяет декомпозировать задачу. Заложена масштабируемость системы:

решение для полигона Санкт-Петербург – Москва с добавлением грузовых поездов адаптировано на полигоне Санкт-Петербург – Бусловская. В системе предусмотрено добавление новых данных: ограничений, технологий, правил, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации. Разработанная система обучаемая, так как позволяет оперативно редактировать правила решения конфликтных ситуаций. В ИСУЖТ результаты разрешения конфликтов отображаются с помощью когнитивного интерфейса, что позволяет диспетчеру быстро оценить предложенное решение и предпринять необходимые действия.

Разработанная система готовится к внедрению в опытную эксплуатацию, в процессе которой будет произведена более точная настройка параметров алгоритма разрешения конфликтов с помощью многоагентных технологий.

Литература

1. Матюхин В.Г., Шаров В.А., Шабунин А.Б. Управление железной дорогой онлайн/ Пульт управления, 2011. № 03. – С.24–29.
2. Матюхин В.Г., Шабунин А.Б., Калуцкая А.П. Дороги проверяют / Пульт управления, 2012. № 05(09). – С.24–27.
3. Матюхин В.Г., Шабунин А.Б. ИСУЖТ. Концепция и реализация // Сборник трудов Первой научно-технической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте» (ИСУЖТ-2012, Москва, 15–16 ноября 2012г). – М. – Изд-во ОАО «НИИАС», 2012. – С. 15–18.
4. Ефремов Г.А., Калуцкая А.П. Интеллектуальное диспетчерское управление движением поездов на направлении Санкт-Петербург – Москва// Сборник трудов Первой научно-технической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте» (ИСУЖТ-2012, Москва, 15–16 ноября 2012г). – М. – Изд-во ОАО «НИИАС», 2012. – С. 55–57.
5. Матюхин В.Г., Шабунин А.Б., Калуцкая А.П. От продуманного решения к качественной реализации / Железнодорожный транспорт, 2013. №3. – С.20–22.

6. Шабунин А.Б., Ефремов Г.А., Калуцкая А.П. Использование мультиагентных систем в диспетчерском регулировании / Железнодорожный транспорт, 2013. №3. – С.23–27.
7. Шабунин А.Б., Чехов А.В., Ефремов Г.А., Дмитриев Д.В., Курбатов Е.В., Сазуров С.В., Бабанин И.О., Белоусов А.А., Кожевников С.С., Симонова Е.В., Скобелев П.О., Степанов М.Е., Царев А.В., Мунтян Г.Ю. Решение конфликтов в графике движения поездов в реальном времени с использованием мультиагентных технологий// Сборник трудов Первой научно-технической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте» (ИСУЖТ-2012, Москва, 15–16 ноября 2012г). – М. – Изд-во ОАО «НИИАС», 2012. – С. 51–54.

Галдин А.А., Матюхин В.Г.

Использование технологии электронной подписи для организации юридически значимого электронного документооборота ОАО «РЖД» с клиентами и контрагентами

Ключевые слова:

информационные технологии, электронный документооборот, технологии открытых ключей, электронная подпись.

На современном этапе деятельности ОАО «РЖД» и сопряженных транспортных комплексов России повсеместно внедряются новые информационные технологии, позволяющие повысить конкурентоспособность российских железных дорог, эффективность международных железнодорожных перевозок и улучшить качество работы всей транспортной инфраструктуры страны и сопредельных государств.

Внедрение юридически значимого электронного документооборота (ЭДО) на базе безбумажной технологии с применением электронной подписи (ЭП) увеличит скорость обработки электронных документов (ЭД), обеспечит сбор, обработку и хранение больших объемов данных, повысит надежность обмена информацией как внутри одной отдельно взятой информационной системы, так и между различными информационными системами, в том числе расположенными на территории смежных государств. Организация юридически значимого ЭДО будет способствовать построению доверительных отношений между всеми его участниками.

Применение технологий на основе инфраструктуры открытых ключей (ИОК, англ. PKI – Public Key Infrastructure) наряду с обеспечением целостности информации помогут выстроить юридически значимое электронное взаимодействие.

Функциональными возможностями инфраструктуры открытых ключей, используемых в ОАО «РЖД» являются: аутентификация доступа к сетевым ресурсам (однозначное определение автора документа или проведения операции); обеспечение безопасности доступа к удаленным ресурсам и проверка их подлинности; гарантирование подлинности данных, передаваемых по каналам связи.

Распоряжением Президента ОАО «РЖД» головной организацией холдинга по обеспечению юридической значимости электронного документооборота в транспортной отрасли и при трансграничном электронном взаимодействии с администрациями железных дорог сопредельных государств определено ОАО «НИИАС».

Одним из основных элементов электронного документооборота между ОАО «РЖД», коммерческими клиентами и контрагентами выступает удостоверяющий центр ОАО «НИИАС» (УЦ «НИИАС»), действующий с 2011 г. УЦ «НИИАС» функционирует в строгом соответствии с требованиями действующего законодательства Российской Федерации в области использования ЭП и имеет все необходимые лицензии ФСБ России и ФСТЭК России для осуществления деятельности удостоверяющего центра.

Фактически УЦ «НИИАС» подтверждает или опровергает принадлежность открытого ключа заданному лицу и обеспечивает юридическую значимость электронного документооборота в следующих информационных системах ОАО «РЖД»: АС ЭТРАН; электронная торгово-закупочная площадка ОАО «РЖД»; корпоративные системы дочерних предприятий ОАО «РЖД» (ОАО «ПГК», ОАО «ФГК» и др.).

В настоящее время с использованием технологии ЭП и услуг удостоверяющего центра оформляются более 80 % заявок на перевозку грузов, накладные на перевозку 50 % порожних вагонов и 25 % всех перевозимых грузов.

Для улучшения качества обслуживания клиентов в УЦ «НИИАС» созданы коробочные продукты «Подпись Стандарт» и «Подпись Компакт». В результате их внедрения время подключения клиента к услугам УЦ сократилось в 2–3 раза и, как правило, не превышает одной недели.

Еще одним важным направлением перехода к безбумажным технологиям является организуемое на базе сервисов УЦ «НИИАС» юридически значимое взаимодействие с коммерческими клиентами, контрагентами и органами государственной власти для электронного документооборота первичных бухгалтерских документов в электронном виде.

УЦ «НИИАС» прошел процедуру аккредитации в Минкомсвязи России, позволяющую выпускать квалифицированные сертификаты ключей проверки электронной подписи в соответствии с Федеральным законом «Об электронной подписи», и в Сети доверенных удостоверяющих центров ФНС России.



ОАО «РЖД» принимает активное участие в создании международных транспортных коридоров, обеспечивающих грузоперевозочную деятельность по территории нескольких стран. Их создание требует развития новых клиентоориентированных технологий, одна из которых – «информатизация перевозок по международным транспортным коридорам, включая информационную поддержку грузоотправителей, внедрение электронного

документооборота и электронной подписи» («Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года», утверждена распоряжением Правительства РФ в 2008 г.). При работе по этой технологии УЦ «НИИАС» обеспечивает юридически значимое трансграничное электронное взаимодействие при осуществлении международных грузовых перевозок между железными дорогами – членами Организации сотрудничества железных дорог (ОСЖД).

Применение юридически значимого ЭДО в международном перевозочном процессе позволит добиться следующих результатов: сократить экономические и административные барьеры при железнодорожных перевозках; ускорить рост товарооборота между железными дорогами – участниками транзита; улучшить экономические показатели благодаря использованию интегрированных информационных ресурсов; обеспечить устойчивый и постоянный обмен информацией между субъектами перевозочного процесса; повысить оперативность предоставления информации и уровень ее непротиворечивости; сократить время на выполнение операций оформления документов; повысить информационную безопасность; обеспечить единообразие методологии организации и осуществления грузоперевозочного процесса с применением единого состава документов.

Юридически значимое перемещение электронных документов с ЭП одного государства в правовое поле другого на сегодняшний день не является непреодолимым препятствием. Все юридические вопросы прописываются в соглашениях и договорах. Технические вопросы решаются с помощью сервисов «Доверенной третьей стороны» (ДТС) (электронных нотариусов). ДТС предоставляет гарантию, что документ с электронной подписью своевременно и точно поступит получателю с обеспечением целостности, подлинности и неотказуемости от авторства. В случае возникновения спорных моментов существуют методы для предоставления фактов, подтверждающих совершение действий и ход событий.

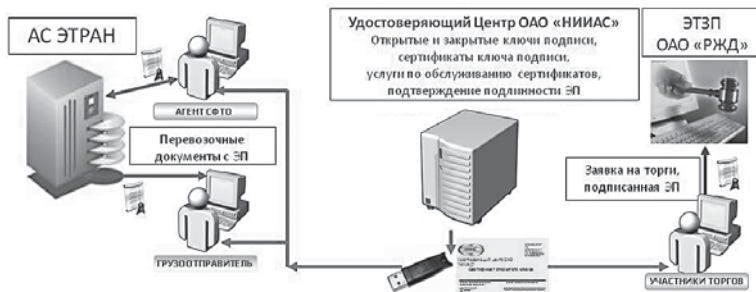
В УЦ «НИИАС» в 2012 г. создан и введен в эксплуатацию промышленный образец комплекса ДТС. Использование его сервисов является основой

трансграничного признания ЭП. Комплекс ДТС поддерживает практически все существующие технологии, протоколы и стандарты трансграничной ЭП.

В настоящее время ОАО «РЖД» активно осуществляет трансграничный электронный документооборот с использованием служб «Доверенной третьей стороны» в рамках грузоперевозок по безбумажной технологии с Белорусской железной дорогой (БЧ) и Государственной администрацией железнодорожного транспорта Украины (УЗ).

Начиная с IV квартала 2012 г. осуществляется обмен электронными накладными СМГС, подписанными электронной цифровой подписью (ЭЦП) БЧ и квалифицированной ЭП ОАО «РЖД», при осуществлении грузовых перевозок по безбумажной технологии между станциями Центролит (БЧ) и Ковдор (ОАО «РЖД»). В течение 2013 г. ДТС ОАО «РЖД» на базе УЦ ОАО «НИИАС» обработано 7460 электронных перевозочных документов (2650 документов в направлении ОАО «РЖД» – БЧ и 4810 документов в направлении БЧ – ОАО «РЖД»).

УЦ ОАО «НИИАС» как основа организации электронного документооборота ОАО «РЖД» с клиентами и контрагентами



С использованием технологии ЭП и услуг УЦ ОАО «НИИАС» оформляется:

- заявок на перевозку более 80% всего перевозимого груза
- накладных на перевозку более 50% всего количества порожних вагонов
- накладных на перевозку более 25% всего перевозимого груза

После соответствующих доработок информационных систем БЧ и ОАО «РЖД», стороны планируют в течение 2014 г. обеспечить перевод

всех грузовых перевозок в двустороннем сообщении на электронные накладные СМГС.

В соответствии с соглашением об осуществлении перевозок частных порожних вагонов по безбумажной технологии с использованием электронного документооборота между Украиной и Российской Федерацией от 21.01.2013 с февраля текущего года перевозки порожних частных вагонов осуществляются с использованием электронной накладной.

В течение 2013 г. УЦ ОАО «НИИАС» обработал 108014 электронных перевозочных документов (49566 документов в направлении ОАО «РЖД» – УЗ и 58448 документов в направлении Украина – ОАО «РЖД»). На данный момент электронный обмен данными (ЭОД) накладных осуществляется в промышленном режиме при перевозках порожних вагонов по всем погран-переходам.

В настоящее время ведется подготовительная работа по организации перевозок груженых вагонов между ОАО «РЖД» и УЗ по электронным документам с электронной подписью.

Активно внедряется юридически значимый электронный документооборот совместно с Казахской железной дорогой. На совещании рабочей группы в Астане в сентябре 2013 г. был представлен проект схемы взаимного признания квалифицированной электронной подписи при взаимодействии информационных систем железных дорог Казахстана и России, а также выбран вариант реализации пилотного проекта трансграничной электронной подписи между ОАО «РЖД» и АО «НК «КТЖ», который успешно прошел тестирование в ноябре 2013 г. в г. Астана. Начало опытной эксплуатации безбумажных перевозок грузов по электронным юридически значимым накладным на пилотном полигоне Карталы–Тобол запланировано в мае 2014 г.

Упомянутые проекты по организации юридически значимого электронного документооборота между ОАО «РЖД», БЧ и АО «НК «КТЖ» призваны создать базу для реализации такого важного и перспективного проекта как «Разработка и внедрение сквозной технологии пропуска грузопотока по международному транспортному коридору Белоруссия–Россия–Казахстан».

В текущем году УЦ «НИИАС» планирует осуществить на своей базе реализацию последних разработок Европейского союза в области электронной подписи, что позволит организовать юридически значимое взаимодействие ОАО «РЖД» с администрациями железных дорог Европейского союза.

На совещании экспертов Постоянной рабочей группы ОСЖД по кодированию и информатике в сентябре 2013 г. ОАО «РЖД» предложено выступить ведущей железной дорогой при разработке памятки в области описания типовых технических спецификаций трансграничного взаимодействия «Инфраструктур открытых ключей» железных дорог – стран ОСЖД, а также развернуть у себя полигон для тестирования трансграничного взаимодействия с другими участниками перевозочного процесса.

В заключение следует отметить, что перечисленные проекты подчинены единой стратегии – предложить клиентам качественные и конкурентоспособные транспортно-логистические услуги (экономически оправданная цена, удобный и безупречный сервис, простота, оперативность и надежность работы). Немаловажную роль в этой деятельности играют информатизация отрасли и переход к использованию новых технологий, повышающих безопасность участников взаимодействия.

*Технологии
управления перевозками
и транспортное
обслуживание*

УДК 656.22

Шаров В.А.

К вопросу о приоритетности пропуска грузовых поездов

Ключевые слова:

график движения, срок доставки, моделирование, динамический приоритет пропуска, оперативное управление, план формирования поездов.

Основой организации движения поездов по инфраструктуре является сводный график движения поездов, который объединяет деятельность всех подразделений, выражает заданный объём эксплуатационной работы подразделений владельцев инфраструктур [1].

Приоритетность поездов устанавливается Правилами технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации (далее ПТЭ) в зависимости от следующей очередности перевозок:

1. Перевозки, осуществляемые для восстановления движения поездов и тушения пожаров (восстановительные и пожарные поезда, снегоочистители, локомотивы без вагонов, специальный самоходный подвижной состав, назначаемые для восстановления нормального движения и для тушения пожара);
2. Военские перевозки;
3. Перевозки пассажиров в международном сообщении (высокоскоростные, скоростные, скорые пассажирские поезда);
4. Перевозки пассажиров в пределах Российской Федерации в дальнем следовании (высокоскоростные, скоростные, скорые пассажирские поезда);
5. Перевозки пассажиров в пределах Российской Федерации в пригородном сообщении (поезда пригородного сообщения);
6. Перевозки почтовых отправок, багажа, грузобагажа (почтово-багажные, грузобагажные поезда);

7. Специальные перевозки (специальные поезда);
8. Грузопассажирские и людские перевозки (грузопассажирские и людские поезда);
9. Перевозки грузов:
 - 9.1. Грузовые: сквозные; участковые; сборные; вывозные; передаточные;
 - 9.2. Хозяйственные поезда;
 - 9.3. Локомотивы без вагонов.

Порядок назначения и отмены поездов всех категорий на железнодорожном транспорте общего пользования в соответствии со сводным графиком движения устанавливается владельцем инфраструктуры. Военские перевозки и перевозки, осуществляемые для восстановления движения поездов и тушения пожаров, сводным графиком движения не предусмотрены и назначаются особым порядком.

Экскурс по законодательно установленной в ПТЭ приоритетности прокладки нормативного графика движения поездов и его реализации приведен только по тому, что в новых экономических условиях она вступает в некоторое противоречие со стратегическими задачами, поставленными правительством страны перед ОАО «РЖД». Миссия холдинга «РЖД» заключается в эффективном развитии конкурентоспособного на российском и мировом рынках транспортного бизнеса, ядром которого является эффективное выполнение задач национального железнодорожного перевозчика грузов и пассажиров и владельца железнодорожной инфраструктуры общего пользования [2].

Для решения стратегической цели «повысить привлекательность железнодорожного транспорта для клиентов» и «повысить уровень удовлетворенности клиентов за счет повышения качества услуг при сохранении конкурентоспособной стоимости перевозок» необходимо четко сформулировать понятия критериев «привлекательность», «удовлетворенность» и «качество услуг».

Проводимые экспертным сообществом опросы клиентов российских железных дорог (в том числе, газетой «Гудок») показали, что наибольшее вни-

мание уделяется критериям: соблюдение сроков доставки; наличие вагонов и подача их по графику; стоимость услуг. Если увеличение стоимости услуг, особенно в периоды роста объёмов перевозок, сегодня полностью зависит от ценовой политики операторских компаний, то остальные критерии зависят как от ОАО «РЖД» (как владельца инфраструктуры и публичного перевозчика), так и от государства. Российская Федерация является учредителем и единственным акционером ОАО «РЖД». От имени Российской Федерации полномочия акционера осуществляет Правительство Российской Федерации.

Главными целями деятельности общества являются обеспечение потребностей государства, юридических и физических лиц в железнодорожных перевозках, работах и услугах, осуществляемых (оказываемых) обществом, а также извлечение прибыли [3].

Основные задачи ОАО «РЖД» представлены в табл. 1.

Дуализм целей, поставленных перед ОАО «РЖД», заключается в необходимости обеспечения одновременно потребностей государства, юридических и физических лиц в железнодорожных перевозках, а также извлечения прибыли.

Прибыль образуется, когда доходы компании превышают её расходы. Основные доходы ОАО «РЖД» зависят от объёмов перевозок, тарифов на эти перевозки и оплату сопутствующих услуг. Расходы идут на содержание объектов инфраструктуры и тягового подвижного состава, осуществление перевозок грузов и пассажиров. Осуществление перевозок возможно только при обеспечении перевозочного процесса соответствующими основными транспортными ресурсами: исправной железнодорожной инфраструктурой, тягой (локомотивами и локомотивными бригадами) и вагонами.

При этом: регулирование тарифов является прерогативой правительства; объёмы перевозок формируются грузоотправителями; существующая производственная инфраструктура железных дорог по состоянию на конец 2013 года имеет более 10 тыс. км «узких мест» (локальных ограничений по провозной способности на существующие объёмы перевозок).

Таблица 1.

Основные задачи ОАО «РЖД»

№	Основные задачи
1	расширение комплекса и объема осуществляемых обществом работ и оказываемых услуг, повышение их качества;
2	сохранение единой сетевой производственной инфраструктуры железных дорог и централизованного диспетчерского управления;
3	обеспечение развития производственных мощностей общества, привлечение для этого необходимых инвестиций;
4	повышение эффективности управления активами общества;
5	обеспечение недискриминационного доступа перевозчиков к инфраструктуре железнодорожного транспорта общего пользования, принадлежащей обществу;
6	обеспечение безопасности движения поездов, в том числе при перевозках опасных грузов по инфраструктуре, принадлежащей обществу;
7	обеспечение сохранности перевозимых грузов;
8	выполнение перевозок для государственных нужд, в том числе для обеспечения обороноспособности и национальной безопасности государства;
9	проведение единой технической политики в обществе;
10	обеспечение прозрачности финансовых операций общества;
11	участие в реализации мероприятий по осуществлению структурной реформы на железнодорожном транспорте;
12	обеспечение защиты государственной тайны;
13	организация и проведение мероприятий по мобилизационной подготовке и гражданской обороне;
14	повышение уровня социальной защиты работников общества.

Парк грузовых вагонов находится в собственности компаний-операторов, что ограничивает возможности управления им в целях повышения качества перевозок, своевременного их выполнения для государственных нужд, в том числе для обеспечения обороноспособности и национальной безопасности государства. Принятые государством в 2013 году законодательные акты [4,5], несколько исправили эту ситуацию, установив определенные приоритеты в привлечении вагонного парка к государственным

перевозкам, но в отношении частных продолжают действовать критерии, установленные в ПТЭ.

Поэтому можно считать, что сегодня приоритетность пропуска поездов по направлениям для обеспечения потребности государства, юридических и физических лиц определена, но она не всегда способствует решению задачи повышения прибыли ОАО «РЖД».

Для достижения целей, указанных в Уставе ОАО «РЖД», общество вправе осуществлять 51 основной вид деятельности [3]. Общество также может вносить на рассмотрение федеральных органов исполнительной власти и иных государственных органов предложения по совершенствованию функционирования железнодорожного транспорта, в том числе принимать участие в подготовке соответствующих нормативных правовых и иных актов, влияющих на приоритетность пропуска поездов и на доходную часть. Но эта процедура определения приоритетности пропуска поездов может длиться годами с непредсказуемым результатом. Задержки с корректировкой нормативной базы в конечном итоге могут сказаться на качестве содержания объектов железнодорожной инфраструктуры и, как следствие, на безопасности и надежности всего перевозочного процесса.

Поэтому необходимо оценить влияние приоритетов в пропуске поездов по железнодорожной инфраструктуре общего пользования на показатели использования тягового подвижного состава, а также на показатели операторов грузовых вагонов в зависимости от приоритета поездов, в котором они могут следовать.

Для объективной оценки влияния приоритетов при пропуске поездов представляется целесообразным использовать достижения современной науки.

В настоящее время при анализе и синтезе больших систем получил развитие системный подход, который отличается от классического (индуктивного) подхода. Последний рассматривает систему путем перехода от частного к общему и синтезирует (конструирует) систему путем слияния ее компонент, разрабатываемых раздельно [6].

Системный подход предполагает последовательный переход от общего к частному, когда в основе рассмотрения лежит цель, причем исследуемый объект выделяется из окружающей среды. Важным для системного подхода является определение структуры системы – совокупности связей между элементами системы, отражающих их взаимодействие. Чаще всего системный подход пытаются реализовать с помощью имитационного моделирования.

Но имитационное моделирование – это чисто компьютерная работа, которую невозможно выполнить подручными средствами.

Имитационную модель нужно создавать. Для этого необходимо специальное программное обеспечение – система моделирования. Специфика такой системы определяется технологией работы, набором языковых средств, сервисных программ и приемов моделирования.

Имитационная модель должна отражать большое число параметров, логику и закономерности поведения моделируемого объекта времени (временная динамика) и в пространстве (пространственная динамика). Моделирование объектов экономики связано с понятием финансовой динамики объекта [6].

Имитационное моделирование является сегодня мощным и перспективным инструментом конструирования и последующего исследования сложных экономических процессов и систем, в которых велико число переменных, трудоемок математический анализ зависимостей, высок уровень неопределенности имитируемых ситуаций. Имитационное моделирование позволяет объединять математические методы с практическим и теоретическим опытом специалистов-практиков.

Бурное развитие вычислительной техники, усложнение ее структуры, создание локальных сетей и многопроцессорных систем позволили выделить ряд направлений в исследовании задач теории массового обслуживания. Наиболее важными из них для решения поставленных задач представляются математические теории приоритетных моделей, поскольку эта теория, в частности, занимается вопросами оптимизации процессов.

Например, в больших приложениях распределенной архитектуры, построенных на основе технологии клиент-сервер, обслуживающему серверу приходится в течение некоторого времени выполнять заявки, поступающие от клиентов, что приводит к необходимости назначения приоритетов. Смысл этой операции заключается в том, чтобы предоставить определенным клиентам преимущественное право на обслуживание, на основе их критериального различия друг от друга.

Критерии могут различаться между собой по разным характеристикам, таким как: объём заявок (перевозок), важность (социальная, оборонная, экономическая), пени за простой обслуживающего аппарата (занятие технологических путей сверх норматива, простой погрузочно-разгрузочных устройств из-за несвоевременной уборки порожнего или груженого вагона и т.п.), наличия определенных прав у клиента и т.д. Тем самым, обеспечивается льготное обслуживание одних процессов с высоким приоритетом за счет других с низким приоритетом.

За последнее десятилетие этим актуальным задачам было посвящено множество исследований в формате систем массового обслуживания (СМО). Для комплекса рассматриваемых задач предполагается использовать СМО с очередью, когда заявка (требование), пришедшая в момент, когда все каналы заняты, не уходит, а становится в очередь на обслуживание.

Существуют СМО с так называемым многофазовым обслуживанием, состоящим из нескольких последовательных этапов или «фаз». Например, поезд, прибывающий на станцию для расформирования, должен сначала быть принят на станционный путь, затем быть осмотрен вагонниками, затем надвигаться на сортировочную горку и т.д. Ещё более длинная многофазная цепочка возникает при рассмотрении доставки груза «от двери до двери».

В данной статье, учитывая большую трудоёмкость имитационного моделирования СМО, поставленная задача решается с использованием индуктивного подхода. Она описывается как однофазная система массового обслуживания, используя традиционные характеристики, разработанные разными авторами предельные теоремы СМО, но более формально, с неко-

торыми дополнениями и ограничениями, учитывающими специфику работы железнодорожного транспорта.

Для анализа процесса, протекающего в СМО, существенно знать основные параметры системы: число каналов n , интенсивность потока поступающих на обслуживание заявок λ , производительность каждого канала μ (среднее число заявок, обслуживаемых непрерывно занятым каналом в единицу времени), условия образования очереди [6].

Структуру СМО принято обозначать последовательностью символов $A \setminus B \setminus n \setminus t$, где n , – число каналов обслуживания; t – количество мест ожидания обслуживания. A и B характеризуют потоки (поездов, вагонов и др.) соответственно λ требований и μ обслуживания.

В статье используются следующие понятия и определения:

1. Входящий поток заявок или требований. Однородный поток требований (поездов) полностью характеризуется случайными моментами их поступления в систему (ограниченным минимальным межпоездным интервалом прибытия на станцию) и описывается соответствующим случайным процессом.
2. Обслуживающие приборы или каналы обслуживания. При параллельной установке каналов и обслуживании требований на любом из свободных – говорят о многоканальной СМО, при единственном канале – соответственно об одноканальной (однолинейной) СМО.
3. Дисциплина обслуживания. Это совокупность правил, определяющих в каждый момент времени очередность и вид выполняемых операций.
4. Длительность обслуживания требований на приборах. Интервалы обслуживания последовательных требований на приборе задают поток обслуживания, который как математическое понятие аналогичен потоку требований.

Основными характеристиками модели СМО принято считать средние значения:

- длины очереди из требований (количества поездов ожидающих обслуживания на станции или пропуска по участку) L_n ;

- периода занятости обслуживающего прибора одним требованием ($T_{об}$);
- виртуального времени ожидания начала обслуживания i -м требованием, если оно поступило в систему в момент времени t .

Применительно к технологии работы с поездами, в СМО с ожиданием и однородными требованиями применяют следующие порядки обслуживания поступающих требований:

1. Прямой порядок обслуживания, или обслуживание в порядке поступления в СМО. Такую дисциплину иногда обозначают FIFO («первым пришел – первым обслужился»).
2. Обслуживание в режиме равномерного разделения процессора связано с одновременным обслуживанием прибором нескольких требований. При этом скорость обслуживания каждого требования уменьшается во столько раз, сколько требований обслуживается одновременно. Характерным примером может служить одновременная работа с поездом двух или более групп осмотровиков вагонов.

Другие порядки обслуживания: инверсионный (когда обслуживание характеризуется выбором на обслуживание требования, поступившего в СМО последним) или случайный (когда с равной вероятностью может быть выбрано на обслуживание любое из имеющихся в очереди требований) на РЖД, как правило, не применяются.

Наиболее часто в работе ОАО «РЖД» используют следующие виды дисциплины приоритетов, установленных строго согласно ПТЭ:

- абсолютный приоритет: при поступлении в СМО требования более высокого приоритета, чем требование, обслуживаемое на приборе, происходит прерывание обслуживания и начинает обслуживаться поступившее требование, а прерванное либо теряется, либо возвращается в очередь с последующим дообслуживанием или обслуживанием заново.
- относительный приоритет: при завершении обслуживания требования из очереди на обслуживание выбирается требование с наивысшим приоритетом.
- чередующийся приоритет: предусматривает закрепление за требованиями того типа, который находится на обслуживании, наивысшего при-

оритета. После обслуживания всех имеющихся в СМО требований этого типа из очереди на обслуживание выбирается следующее требование наивысшего приоритета из всех, находящихся в очереди.

Примером такой ситуации может служить момент завершения работы в период завершения «окна», когда первыми покидают полигон подвижной состав, принимавший участие в «окне», далее следуют пассажирские, пригородные и грузовые, если за это время не появится новый пассажирский поезд. Иногда, в целях повышения безопасности, сразу после завершения «окна» пропускается «проверочный пробный» грузовой поезд.

Характерным примером абсолютного приоритета можно рассматривать остановку грузового поезда для пропуска пассажирского, когда он не позволял пассажирскому поезду следовать строго по расписанию. Если грузовой поезд, прибывший раньше пассажирского, по нормативу успевал доехать до следующего раздельного пункта с путевым развитием, на котором возможно осуществить обгон, то действовал относительный приоритет.

Наряду с уже перечисленными фиксированными дисциплинами обслуживания в теоретических исследованиях достаточно часто рассматривается дисциплина относительных динамических приоритетов, которая является параметрическим обобщением дисциплин относительного и чередующегося приоритетов. Более подробное ее описание дано в работе [7].

Применительно к реальной работе ОАО «РЖД», динамические приоритеты частично используются при продвижении «замыкающей группы» вагонов, позволяющих своевременно отправить грузовой поезд со станции, доставить в порт груз, необходимый для окончательного оформления судовой партии и т.д. Даже контейнерный поезд, отправленный для начала формирования «судовой партии», мог бы следовать с более низким приоритетом, по сравнению с «замыкающим». Здесь свою роль по оценке текущего приоритета могут сыграть и другие критерии, такие как: оборот вагона, в которых перевозятся контейнеры для данной судовой партии, нормативный срок доставки и, как результат, потенциальные штрафные санкции и иные.

Определенным шагом в этом направлении сегодня являются разработанные в ОАО «РЖД» «Комплексная программа поэтапного перехода на организацию движения грузовых поездов по расписанию на 2011–2015 годы» и «Комплексная интегрированная технология управления движением грузовых поездов по расписанию» [11, 12].

Порядок формирования поездов для «своевременной доставки груза» как многофазной системы в зависимости от вида отправки рассмотрен в работе [8]. Основное внимание в ней уделено вероятности своевременного прибытия груза при случайном распределении продолжительности каждой операции (фазы) по всей технологической цепочке «от двери до двери» без оценки влияния приоритета следования этих поездов.

Организация перевозки грузов на железнодорожном транспорте осуществляется с использованием трех принципов управления: программного, обратной связи по состоянию и по возмущению.

Принцип программного управления закладывается на первом этапе — предварительного планирования, предполагая известные свойства объекта (нормативы, характеристики и их взаимосвязи) и возможные возмущения, т. е. рассчитывается закон изменения управления во времени с жестким алгоритмом действия по фазам (график движения и план формирования поездов, суточный план-график работы станции, обеспечение локомотивами и локомотивными бригадами, регламент работы грузовых фронтов и т. д.). На этом этапе решение принимается сразу на весь период выполнения поставленной цели.

Принцип обратной связи по состоянию используется на этапе оперативного планирования, когда, получая информацию о состоянии объекта, отличном от планируемого на первом этапе, исправляется закон управления (вариантные графики движения поездов, оперативная корректировка плана формирования, концентрация производственных или трудовых ресурсов на лимитирующем участке и т. п.). Здесь управление оказывается зависящим от текущего состояния, а точнее — от полученной к данному моменту информации.

Принцип управления как функция возмущения формируется на заключительном этапе оперативной реализации планов, когда становятся известными большинство возмущений. Очевидно, что качество информации на начальном этапе (точнее, ее реализация в виде заложенных управляющих воздействий) может существенно влиять на объем корректировок в последующих этапах.

В иерархической системе управления железнодорожным транспортом исполнение технологических процессов перемещения грузов и пассажиров находится на самом нижнем уровне, обеспечивая все качественные и количественные показатели перевозки. Этот уровень управления играет основную роль в конечном удовлетворении транспортных потребностей грузовладельцев, что возможно только при наличии совершенных систем управления именно технологическими процессами. Как бы ни были совершенны системы управления более высоких уровней, они не будут давать эффекта, если системы управления технологическими процессами не смогут выполнять управляющие указания более высоких уровней, а управляющие системы высокого уровня не будут иметь объективной информации о положении «внизу». Поэтому задача повышения качества услуг требует (по возможности) согласования сроков предъявления грузов к перевозке, ритмов обслуживания (перевозки и потребления продукции).

Технологическая цепочка доставки груза от производителя к потребителю представлена в виде последовательной цепочки взаимосвязанных объектов станций и перегонов, являющихся фазами конкретной перевозки на маршруте от объекта 1 до объекта n (рис. 1).

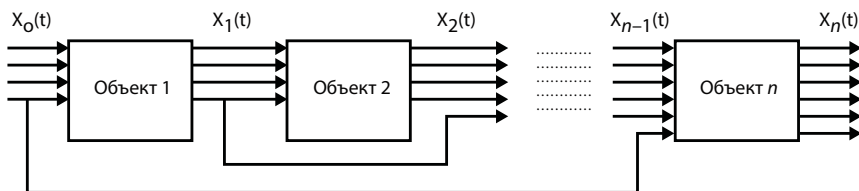


Рис. 1. Блок-схема технологической цепочки из n последовательно соединенных объектов, когда зависит от входных переменных всех предыдущих объектов

Такая система предполагает, что выходные переменные зависят от входных переменных каждого из объектов. Характерным показателем такой связи может служить план формирования поездов и случаи его нарушения или время нахождения отправки в пути. Критерий функционирования каждого из объектов должен быть в идеале направлен на решение задачи оптимизации функционирования всей технологической цепочки.

При управлении любым технологическим процессом часто используют принцип обратной связи, включающий, следующие этапы:

1. Получение информации о состоянии объекта путем измерения выходной переменной и определения требований к ее значениям.
2. Сопоставление результатов с заданием и новой потребностью.
3. Принятие решения об изменении состояния объекта и выработка управляющих воздействий.
4. Осуществление необходимых управляющих воздействий на объект.

Такая последовательность при управлении процессом железнодорожной перевозки для обеспечения ее качества ранее практически не применялась, тем более столь прямолинейно. Это связано, прежде всего, с недостаточным не только оперативным, но и долгосрочным информационным обеспечением и использованием в качестве выходного показателя не доставку конкретным получателям конкретных грузов, а соблюдение нормативных средних собственных показателей работы железной дороги или ее объектов. При этом, априори, предполагалось, что при их выполнении будет достигнут оптимум в обслуживании грузовладельцев.

В новой технологии предлагается использовать изложенный принцип обратной связи специальных коммерческих диспетчеров с грузоотправителями и грузополучателями, что требует обязательного рассмотрения не только материальных, но и информационных потоков, как на стадии планирования, так и в оперативных условиях.

В более поздних исследованиях с участием автора, выполненных при использовании постулата «первый пришел – первым обслужился» (то есть, без приоритетов), были рассмотрены вопросы влияния множественности опе-

раторов грузовых вагонов на показатели использования пропускной способности инфраструктуры и подвижного состава, включая тяговый [9]. Полученные выводы о необходимости сокращения количества операторов путем их объединения по полигонам управления, в дальнейшем подтвердились конкретными результатами практической деятельности ОАО «РЖД».

Так же, на упрощенном прототипе железнодорожной сети был промоделирован процесс транспортного обслуживания без приоритетов (FIFO) и дана оценка влияния избытка (профицита) грузовых вагонов на инфраструктуре общего пользования на показатели использования пропускной способности инфраструктуры и подвижного состава, как в штатной ситуации, так и при нештатной остановке работы канала обслуживания.

Результаты моделирования показали, что, исходя из критерия гарантирования своевременной подачи порожних грузовых вагонов под погрузку, необходимо иметь их дополнительный парк (эксплуатационный резерв) в пунктах погрузки или поблизости от них. Величина этого парка определяется на основе решения оптимизационной задачи сравнения стоимости его содержания и потерь от продолжительности задержки погрузки у грузоотправителя [8].

Для расчетов по формулам теории массового обслуживания необходимо знать законы, определяющие поступление требований и интенсивность их обработки, а количество используемых приоритетов должно быть минимальным, так как они оказывают сильное влияние на размерность и сложность математической модели. В большинстве работ, выполненных за последние 10 лет, формулы распределения длины очереди в предельном состоянии рассматривались для случая только двух приоритетов. В работе Савенкова Т.Ю. впервые была рассмотрена трехприоритетная система, принципиальное отличие которой от двухприоритетной заключается в качественной специфике функциональных уравнений [10].

Учитывая отсутствие необходимых для решения поставленной задачи теоретических наработок, доведенных до стадии практического использования, в данной статье использованы результаты исследования с тремя прио-

ритетами, полученного традиционным индуктивным подходом на прототипе упрощенной железнодорожной сети. Увеличение числа приоритетов при таком подходе не является критическим, хотя и увеличивает трудоёмкость моделирования.

Моделирование с приоритетом осуществлялось при условии соблюдения трех постулатов управления пропуском поездов:

- первым пришел – первым обслужился (FIFO);
- если несколько поездов прибыли одновременно, то первым обслуживается поезд грузоотправителя, отправляющего наибольшее количество поездов;
- пропускная способность впереди расположенных объектов железнодорожной инфраструктуры всегда больше, чем у предыдущих и не лимитирует пропускаемый поток при отсутствии отказов в её работе.

Если первый постулат очевиден, то два последующих требуют пояснений. Нарушение второго постулата может привести к сгущению поездов одного отправителя, что на время их последующего пачкообразного пропуска не только задержит поезда других «тонких» клиентов, но и создаст сгущенное прибытие на станцию назначения для данного клиента. При этом реализация второго постулата должна осуществляться строго по критерию относительного приоритета.

Третий постулат взят из теории управления потоками [6], где доказано, что если загрузка системы меньше единицы, то с течением времени устанавливается стационарный режим и имеет место слабая сходимость характеристик к невырожденным случайным величинам, а если же загрузка больше 1, то наблюдается стремление к бесконечности основных характеристик системы.

Технологические условия моделирования без отказов при соблюдении всех технологических параметров процесса представлены в табл. 2. На рис. 2 показана позиция расположения поездов в начале моделирования (когда они все только что одновременно вышли со станций погрузки) и вся сеть свободна. На рис. 3 показан конец первого заверщенного цикла при абсо-

лютом приоритете, когда последний из первоначально отправившихся поездов вернулся на исходную позицию.

Таблица 2

Технологические условия моделирования
при трехприоритетной системе моделирования

№	Показатели	Величина	Примечание
1	Интенсивность погрузки: поездов/сутки	$\lambda_A - 8$; $\lambda_B - 6$; $\lambda_B - 4$.	А, Б, В – станции погрузки
2	Продолжительность погрузки	$T_A = 3$ ч; $T_B = 4$ ч; $T_B = 6$ ч.	с учетом продолжительности перемещения по станции погрузки
3	Интенсивность выгрузки:	$\mu = 0,5$ поездов/ час одним каналом	на станции выгрузки Г 2 канала ($n = 2$)
4	Продолжительность перемещения между станциями	2 часа	на перегоне между станциями могут находиться одновременно 2 поезда с межпоездным интервалом 1 ч
5	Продолжительность нахождения на станциях 1, 2, 3	1 час	продолжительность с момента входа на станцию до выхода
6	Дополнительный порожний состав подается на станцию примыкания, исходя из графика отправления груженого состава		

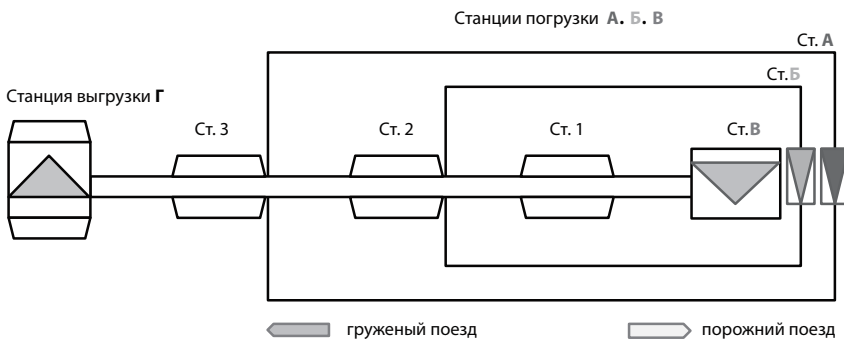


Рис.2. Стартовая позиция моделирования

Таблица 3

Показатели пропуска поездопотока на прототипе расчетного замкнутого полигона при трехприоритетной системе моделирования без отказов в работе и соблюдении всех нормативных технологических параметров

Показатели	А		Б		В	
	нормативные	фактические	нормативные	фактические	нормативные	фактические
Рейс, км	300	300	480	480	660	660
Оборот, ч	15	15	22	24	30	36
В пути, ч	10	10	16	18	22	24
$V_{\text{марш}}$, км/ч	30	30	30	26,7	30	23,5
Коэф. снижения $V_{\text{марш}}$	—	—	—	1,0	0,889	0,785

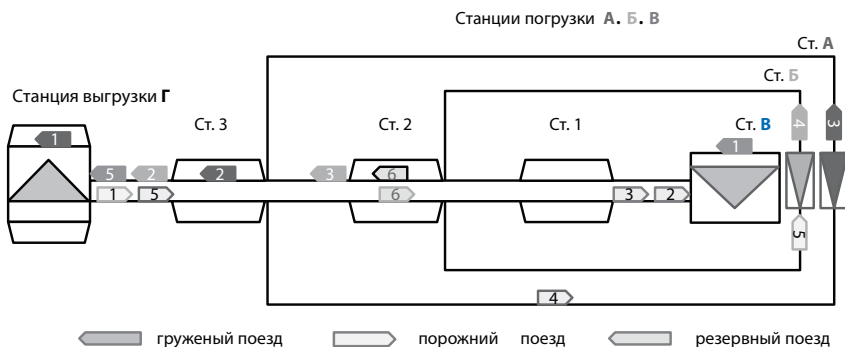


Рис.3. Итоговый шаг первого цикла моделирования

В таблице 3 приведены показатели для двух вариантов:

- нормативные, которые были бы получены если не возникали конфликтные ситуации во время пропуска поездов, то есть они не подходили к точке слияния поездопотоков одновременно;
- фактические, которые возникли из-за наличия таких конфликтов при абсолютном приоритете.

В результате технологии пропуска поездов при абсолютном приоритете у самого приоритетного клиента А все нормативные и фактические качественные показатели работы совпали. У среднего клиента Б оборот вагона увеличился на 9%, время в пути возросло на 12,5% и на 11% снизилась маршрутная скорость.

У самого «бесправного» клиента В оборот вагона снизился на 20%, время в пути возросло на 9%, а маршрутная скорость снизилась более чем на 21%. Для перевозки своего груза клиенту А и по нормативу и фактически потребовалось 5 составов; клиенту Б по нормативу 5,5 составов, то есть 6, и фактически в обороте находилось 6. Клиенту В по нормативу требовалось 5 составов, но для своевременной подачи порожних грузовых составов фактически потребовалось 6. Далее, при отсутствии отказов в продвижении поездов, устанавливается стационарный режим пропуска.

При относительном приоритете пропуска фактические потери, которые возникли из-за наличия конфликтов, оказались аналогичными с потерями при абсолютном приоритете в связи с используемой схемой прототипа.

Улучшить показатели, теоретически, возможно при изменении «стартовой» позиции поездов на нулевом шаге моделирования, если отправить позднее поезда – 1Б на 1 час, а поезд В1 на 2 часа. Учитывая реальную неравномерность как поступления поездов на обслуживание, так и продолжительности их обслуживания, реальные потери в обороте подвижного состава оказываются больше, особенно при высокой загрузке каналов (пропускной способности перегонов или пропускной и перерабатывающей способности станций).

Моделирование перевозочного процесса подтвердило эффективность использования данных постулатов при выборе управляющих действий даже при высоком заполнении пропускной способности объектов инфраструктуры (станций, перегонов) и наличии отказов в их работе. Очевидно, что при высоком заполнении пропускной способности и большой продолжительности отказов система не всегда успевает перейти в стационарный режим, но в реальных условиях такие случаи редки и в дальнейшем исследовании

не учитывались. Основные выводы кратко можно сформулировать в следующем виде:

1. ОАО «РЖД», как владелец инфраструктуры, для реализации стратегической цели повышения привлекательности железнодорожного транспорта для клиентов и уровня удовлетворенности клиентов за счет повышения качества услуг при сохранении конкурентоспособной стоимости перевозок, может установить свой порядок назначения и отмены грузовых поездов всех категорий на железнодорожном транспорте общего пользования, соблюдая очередность перевозки, изложенную в ПТЭ, и регламентируя применение абсолютных и относительных приоритетов их проследования.
2. Если не учитывать экономические последствия от задержки отправок с разной стоимостной оценкой факта опоздания, то можно применять постулаты: «первым пришел – первым обслужился» и «когда несколько поездов прибыли одновременно, то первым обслуживается поезд грузоотправителя, отправляющего наибольшее количество поездов» с относительным приоритетом.
3. При учете экономических последствий в конкретных эксплуатационных условиях целесообразно использовать динамические приоритеты для пропуска грузовых поездов с «замыкающей группой» или для поездов, которые могут «привезти» большие штрафные санкции из-за нарушения срока доставки. Оценку динамических приоритетов по специальной методике необходимо возложить на коммерческих диспетчеров, отвечающих за своевременность доставки грузовых отправок или минимизацию потенциальных штрафов при риске возникновения такого события.

Литература:

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Утверждены приказом №286 от 21.12.2010 г. Министерства транспорта Российской Федерации.

2. Стратегия развития Холдинга «РЖД» на период до 2030 года. Проект 2013 г.
3. Устав ОАО «РЖД».
4. Положение об основах правового регулирования деятельности операторов железнодорожного подвижного состава и их взаимодействия с перевозчиками. Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 25 июля 2013 г. N 626.
5. Постановление Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации от 12 ноября 2013 г. № 3151-6 ГД О проекте федерального закона №319967-6 «О внесении изменений в федеральный закон «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» и федеральный закон «О железнодорожного транспорта в Российской Федерации».
6. Лекция «Системы массового обслуживания с приоритетом». Сайт МГУ.
7. Акбулатов Н. А. Длина очереди в некоторых приоритетных моделях без прерываний обслуживания. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Москва, 1987.
8. Шаров В.А Технологическое обеспечение перевозок грузов железнодорожным транспортом в условиях рыночной экономики. М., Интекст, 2001, 198 с.
9. Кобзев С.А., Шаров В.А. О резервах производственных мощностей в условиях множественности операторов подвижного состава. Железнодорожный транспорт. №8, 2013, стр. 18 – 24.
10. Савенков Т.Ю. Предельные теоремы для приоритетных систем массового обслуживания при критической загрузке. Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Москва, 2003.
11. Концепция интегрированной технологии управления движением грузовых поездов по расписанию. Утв. первым вице-президентом ОАО «РЖД» В.Н.Морозовым 16.03.2011 г.
12. Комплексная программа поэтапного перехода на организацию движения грузовых поездов по расписанию на 2011 – 2015 годы». Утв. первым вице-президентом ОАО «РЖД» В.Н.Морозовым 16.03.2011 г.

Лысикив М.Г.

Постановка задачи управления перевозочным процессом на региональном уровне и ее взаимосвязь с показателями работы транспортных систем

Ключевые слова:*технология управления перевозками, минимизация производственных затрат.*

Взаимодействие многих подразделений на железнодорожном транспорте определяется непосредственно перевозочным процессом. Поэтому построение методологии определения критериев эффективности установления региональных границ целесообразно формировать, взяв за основу технологию управления перевозками. В связи с этим в настоящей статье будут рассмотрены определенные технологические факторы, которые будут в дальнейшем использованы при построении формальных моделей.

Образование в конце 1990 — начале 2000-х годов двух иерархических уровней диспетчерских центров (ЦУП и ДЦУП) в качестве управляющего устройства системы управления перевозочным процессом в оперативном режиме в значительной степени определилось существовавшей административной структурой железнодорожного транспорта.

Система управления перевозочным процессом в настоящее время состоит из центра управления перевозками – ЦУП (верхний уровень) и дорожных центров управления перевозками (ДЦУП), число которых соответствует числу железных дорог. При этом центры управления местной работой (ЦУМР), по существу, стали составными частями ДЦУП, реорганизовавшись в институт заместителей начальников районов управления (НРУ) по местной работе, параллельно с тем, что поездные диспетчеры входят в состав ДЦУП, выполняя исполнительные функции.

Основной задачей поездных диспетчеров и на линейном уровне является выполнение исполнительских задач в рамках заданий, принятых на уровнях ЦУП и ДЦУП. Эти задачи связаны с пропуском поездов и контролем над работниками станций в части выполнения инструкций, регламентирующих организацию движения поездов и пр.

В результате прошедших реформ система управления движения стала максимальной по степени неоднородности из предыдущих систем. Так, административно существует вертикаль: ЦД – Д – объект 1 – объект 1.1.

В качестве объекта 1 могут выступать: крупная сортировочная станция как структурное подразделение, в таком случае цепь становится трехзвенной: ЦД – Д – ДС.

Если вести систему управления до иных станций, то объект 1 – Центр по организации работы железнодорожных станций, а объект 1.1. – линейная станция, тогда схема преобразуется в: ЦД – Д – ДЦС – ДС.

Кроме того, указанные цепочки дублируются в части функций движения (служба Д в системе ЦД), и по грузовой и коммерческой работе (службы М в системе ЦД).

В свою очередь, система ЦУП – ДЦУП – ДС также предполагает варьирование функций на уровне ДЦС/ДС (например, в области местной работы).

Помимо этого, в системе Д существует служба движения (ДД), которая уже и управляет работой ДЦУП. То есть, добавился уровень управления.

Такая система сложилась как отражение незавершенности ранних этапов перестройки системы управления, неполноты или отсутствия комплексного взгляда на перспективы системы управления, и называется «вертикально интегрированной». В [1] показано, что означенные процессы (игровые, переходные и пр.) справедливы и внутри системы управления движением.

В целом парадигма производственно-территориального управления движется к парадигме региональной, поэтому в настоящее время в сложный период работы железнодорожного транспорта, когда осуществляется отладка взаимодействия ЦД, ЦТ, ЦДИ, необходимо особое внимание уделять вопросу сохранения управляемости перевозочным процессом. В качестве региона

можно выбирать не только регионы управления движением, но и иные территориальные образования.

То есть, любые организационные и структурные преобразования в системе могут производиться вслед за преобразованиями технологическими, а никак не предшествовать им.

Следует отметить, что эта задача не имеет строгого решения, поскольку число влияющих факторов исключительно велико, а взаимосвязи между многими из них носят неявный характер, или слабо формализуемы по определению. Примеры связей были представлены в отчете по 1 этапу, а трудности формализации во многом связаны со стохастичностью возмущающих факторов.

К таковым факторам относятся:

- ◆ конфликтные управляющие сигналы с разных уровней;
- ◆ расхождение между установленными бюджетными показателями и показателями, характеризующими производственную эффективность дирекций;
- ◆ значительный разброс количества управляющих воздействий в разные сутки;
- ◆ отличия в уровне квалификации работников разных смен;
- ◆ принципиально неинтуитивное поведение сложных систем;
- ◆ индивидуальность человеческих реакций;
- ◆ трудность учета опыта развития определенного процесса;
- ◆ различия в наличном техническом оснащении (например, наличие/отсутствие нужных локомотивов, адекватных по возрасту и тяговым характеристикам ожидающему поезду, что постоянно вынуждает работника менять план, отклоняясь вслепую от оптимальных точек) и пр.

Однако с позиций логистики можно говорить о системе управления движением, как о логистическом преобразователе материальных, информационных потоков, т.е. о системе, у которой четко обозначаются входы, выходы, определенная передаточная (производящая функция), задаваемые критерии качества управления (например, соблюдение сроков доставки не выше T су-

ток, точность прибытия поездов в интервале $[a, b]$ и др.). То есть, налицо все предпосылки для формирования классических задач оптимального управления. Следовательно, управление перевозками и выступает именно той операциональной основой для построения методологии и комплекса моделей.

Практическое решение задачи определения числа агрегатов регионального уровня с учетом прикрепления полигонов железных дорог укрупненным регионам может быть основано на использовании критерия самоуправляемости выделяемых регионов (P).

Необходим выбор такого варианта объединения железных дорог в регионы, когда $P \rightarrow \max$. В качестве ограничения выступает ресурсное обеспечение, т.е. $n_d \leq 80 \div 100$ поездных диспетчерских участков.

Это ресурсное обеспечение напрямую связано с информационными технологиями, скоростью обработки информации, наличием поддерживающих программных средств и пр.

Рассмотрим постановку задачи объединения железных дорог в регионы с достижением максимального значения критерия самоуправления P .

Пусть $\{D_i\}$ – имеющиеся железные дороги, $i = 1, 2, \dots, N$; $\{G_j\}$ – объединенные в регионы группы железных дорог, $j = 1, 2, \dots, M$.

Вводим состояния, когда:

- 1) каждая железная дорога находится в одной и только одной группе (регионе);
- 2) каждая группа содержит, по крайней мере, одну железную дорогу.

Формализация задачи сводится к следующему.

Вводим $\{\alpha_j\}$ матрицу размером $(N \times M)$, $i = 1, 2, \dots, N$; $j = 1, 2, \dots, M$;

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } D_i \in G_j; \\ 0, & \text{если } D_i \notin G_j; \end{cases} \quad (1.1)$$

Тогда каждая i -я железная дорога характеризуется величинами:

$V_{1,i}^+, V_{2,i}^+, V_{x,i}^+, \dots, V_{l,i}^+$, – размеры погрузки за период t (удобно принять величину t равной суткам) по l учитываемым родам вагонов;

$V_{1,i}^-, V_{2,i}^-, V_{x,i}^-, \dots, V_{l,i}^-$, – то же, по величине выгрузки.

Обозначим

$$\sum_{x=1}^l V_{x,i}^+ + \sum_{x=1}^l V_{x,i}^- = m_i \quad (1.2)$$

$$\sum_{x=1}^l |(V_{x,i}^+ - V_{x,i}^-)| = r_i \quad (1.3)$$

Тогда величина

$$P_i = \frac{m_i - r_i}{m_i} \quad (1.4)$$

определяет значение самоуправляемости i -й железной дороги.

В данном разделе РЦКУ, железная дорога и регион будут обобщены термином «железная дорога».

Итак, для каждой имеем однозначно ее определяющие значения (m_i, r_i, p_i) .

Показатели m_i, r_i, p_i раскрыты в формулах (1.2)–(1.4) соответственно.

Средневзвешенный показатель оперативной самоуправляемости всех железных дорог, образующих сеть, составляет в начальном состоянии (т.е. до образования групп железных дорог) выражение (1.5).

$$P_{cp,i} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i - \sum_{i=1}^N r_i}{\sum_{i=1}^N m_i} \quad (1.5)$$

В (1.5) $P_{cp,i}$ – средневзвешенный показатель самоуправляемости i -й железной дороги.

Для группы железных дорог (т.е. укрупненного региона оперативного управления) G_j величина $\sum_{j=1}^m \alpha_{ij} = n_j$ определяет число железных дорог входящих в группу G_j ; $n_j > 0$ – условие того, что группа G_j содержит, по крайней мере, одну железную дорогу (G – обозначение группы).

Очевидно, что

$$\sum_{i=1}^N \cdot \sum_{j=1}^M \cdot \alpha_{ij} = \sum_{j=1}^M n_j = N \quad (1.6)$$

Имеем для группы однозначно определяющие ее показатели:

$$m_j = \sum_{i=1}^N \alpha_{ij} m_i \quad (1.7)$$

$$r_j = \sum_{x=1}^l \left| \left(\sum_{i=1}^N \alpha_{ij} V_{ix}^+ - \sum_{i=1}^N \alpha_{ij} V_{ix}^- \right) \right| \quad (1.8)$$

$$P_j = \frac{m_j - r_j}{m_j} \quad (1.9)$$

В формулах (1.6 – 1.8) показатель α_{ij} определяется по формуле (1.1).

Средневзвешенный показатель оперативной самоуправляемости для групп железных дорог, объединяемых в регионы и образующих сеть железных дорог, должен стремиться к максимуму:

$$P_{cp,i} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i - \sum_{i=1}^N r_i}{\sum_{i=1}^N m_i} \rightarrow \max \quad (1.10)$$

Представленная функция является целевой функцией задачи оптимизации.

Приведенная постановка задачи может быть решена с помощью эвристических алгоритмов, построенных на принципах [2].

Скажем еще дополнительно о некоторых аспектах, учет которых необходим при постановке задачи оптимизации территориальных образований.

Говорить о преобразовании системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте невозможно в отдельности от исследования социально-экономических аспектов, которые в первую очередь связаны с таким явлением, как производственные затраты, а шире – и транзакционные издержки.

Изучение характера производственных затрат при изменении числа регионов управления показывает, что с их уменьшением (а значит, и расширением полигонов оперативного управления) производственные затраты снижаются. Это объясняется тем, что с увеличением размеров районов управления возрастает вариантность формируемых решений, создаются

более благоприятные условия для их оптимизации, а также использования возможностей вычислительной техники.

Так, например, до оптимизации в системе было K объектов, распределенных по N группам, в результате объединения в составе данной системы стало $(K+k)$ объектов. Так как энтропия двух систем есть величина аддитивная, то общая энтропия системы из $(K+k)$ элементов превысит первоначальный уровень. В связи с тем, что энтропию системы можно считать мерой неопределенности, на что явно указывают труды К.Шеннона, А.Х. Шеня, В.А. Успенского и пр., можно сделать вывод о возрастании вариативности, что подтверждает факт снижения производственных затрат.

Экономические расчеты позволяют укрупненно оценить получаемый эффект. Однако дать им привязку к конкретным регионам затруднительно, так как часто, в силу значительных расстояний, эффект выражается лишь на сетевом уровне.

Минимизация производственных затрат (и, соответственно, максимизация прибыли) при различных вариантах организации технологического процесса в данной задаче достигается при максимально возможном укрупнении регионов (за счет снижения издержек взаимодействия, внутренних конфликтов, каждый из которых имеет экономическую оценку).

Литература.

1. Выполнение разделов работы 1.079 «Оптимизация границ железных дорог, региональных дирекций управления движением, тягой, сбыта, инфраструктуры с учетом Концепции организационного развития Холдинга «РЖД». Отчет по НИР (1 этап). – М., ОАО «ВНИИЖТ», 2013.
2. Хаггарт Р. Дискретная математика для программистов. Пер. с англ. – М., Техносфера, 2003. – 320 с. – ISBN 5-94836-016-4.
3. Выполнение разделов работы 1.079 «Оптимизация границ железных дорог, региональных дирекций управления движением, тягой, сбыта, инфраструктуры с учетом Концепции организационного развития Холдинга «РЖД». Отчет по НИР (2 этап). – М., ОАО «НИИАС», 2013.

УДК 656.073

Феофилов А.Н.

Обоснование бизнес-модели управления грузовыми перевозками

Ключевые слова:

оперативное управление перевозочным процессом, планирование грузовых перевозок, качественные оценки, бизнес-модели управления

В результате реформирования на железнодорожном транспорте были проведены коренные преобразования, включающие как изменения объекта управления (структуры собственности вагонного парка), так и изменения структуры и функций собственно системы управления ОАО «РЖД» (создание вертикально интегрированных дирекций). Теперь в ОАО «РЖД» остались в основном функции перевозчика и владельца инфраструктуры общего пользования, а функции по обеспечению погрузки порожними вагонами перешли к операторам железнодорожного подвижного состава.

Однако основные качественные показатели использования парка грузовых вагонов за последние три года существенно не улучшились. Так в 2010 году доля порожнего пробега вагона в общем была равна 40,5%, время оборота грузового вагона было 13,44 суток, а среднесуточный пробег грузового вагона – 198,8 км. Соответственно в 2012 году доля порожнего пробега вагона в общем практически не изменилась, время оборота грузового вагона увеличились на 15%, а среднесуточный пробег грузового вагона сократился на 10%.

Одной из причин указанной ситуации является то, что при кардинальном изменении объекта и системы управления перевозками методическая основа управления грузовыми перевозками ОАО «РЖД» практически не изменилась.

В условиях развития рынка железнодорожных транспортных услуг для ОАО «РЖД» и компаний операторов подвижного состава, совместно управ-

ляющих грузовыми перевозками, требуются такие методы управления перевозочным процессом, которые позволяют управлять грузовыми перевозками, как по техническим нормативам, заданным в натуральных показателях, так и по экономическим нормативам в рублях. То есть для адаптации железнодорожного транспорта к условиям рыночной экономики требуется перейти от чисто технологической модели управления к бизнес-модели управления перевозочным процессом [1].

Так, для ОАО «РЖД» уже недостаточно иметь только жесткую технологическую модель управления перевозками по заданному плану (объёму работ), но требуется также и гибкая экономическая модель управления перевозками, позволяющая: оперативно управлять перевозками по входному грузопотоку; принимать оптимальные управляющие решения по выбранному критерию эффективности; оперативно оценивать полученные результаты работы.

Бизнес-процесс оперативного управления грузовыми перевозками – это сложный комплексный процесс, содержащий бизнес-процесс планирования грузовых перевозок на предстоящие сутки и совокупность составляющих бизнес-процессов реализации плана грузовых перевозок.

В результате процесса бизнес-планирования грузовых перевозок для собственника вагонов будет получен оптимальный план перевозки грузов, максимизирующий суммарную прибыль от планируемых перевозок [2, 3]. Указанный план перевозок позволит определить заранее конкретные грузы, погрузка которых на рассматриваемом полигоне управления не обеспечена порожними вагонами, либо избыточные вагоны, для которых не находятся грузы. У диспетчера в запасе имеются 24 часа для того, чтобы по этим вагонам принять соответствующее управляющее решение.

Таким образом, на этапе планирования перевозок собственник вагонов получает оптимальный план перевозок на предстоящие сутки, который определяет прогнозные значения его доходов, расходов и прибыли от перевозок.

Затем собственники вагонов передают свои планы грузовых перевозок для реализации в ОАО «РЖД».

Для организации оперативного бизнес-управления грузовыми перевозками требуются как количественные оценки использования важнейшего управляемого ресурса (вагонов рабочего парка) в натуральных показателях, так и стоимостные оценки эксплуатационных расходов по использованию вагонов рабочего парка в рублях, полученные в режиме реального времени.

Погрузка, рабочий парк и выгрузка вагонов являются ключевыми показателями эксплуатационной работы, так как они определяют экономические результаты работы подразделения ОАО «РЖД» – доходы, эксплуатационные расходы и прибыль, полученную от перевозок грузов. Количественные оценки этих показателей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Количественные оценки работы вагонных парков
на подразделении ОАО «РЖД» за сутки

№ п/п	Показатель	Оценка в натуральном исчислении, ваг	Стоимостная оценка, руб.
1	Рабочий парк вагонов	Сумма затрат вагоночасов рабочего парка на подразделении, деленная на 24.	Эксплуатационные расходы подразделения равны сумме затрат вагоночасов рабочего парка на подразделении, умноженной на стоимость вагоночаса.
2	Погрузка вагонов	Сумма погруженных вагонов всеми станциями подразделения	Суммарный доход от перевозок грузов в погруженных вагонах.
3	Выгрузка вагонов	Сумма выгруженных вагонов на всех станциях подразделения	Прибыль от выполненных перевозок грузов в выгруженных вагонах равна доходам от выполненных перевозок минус расходам по этим перевозкам.

Доход от перевозок грузов в погруженных вагонах на подразделении ОАО «РЖД» (дорога, сеть РЖД) в отчетные сутки определяется как суммарный доход от перевозки всех грузов по формуле:

$$D_{\text{факт}} = \sum d_i,$$

где: d_i – провозная плата за перевозку груза в вагоне i , определяемая согласно действующему Прейскуранту №10-01.

Рассмотрим существующий показатель учета ключевого ресурса подвижного состава – «Рабочий парк», который определяется в настоящее время по наличию вагонов рабочего парка на момент окончания отчетных суток по

подразделениям ОАО «РЖД» и сети РЖД в целом (балансовый метод учета рабочего парка).

Существующий метод балансового учета рабочего парка не может быть применен для оценки использования рабочего парка, так как при расчете величины рабочего парка не учитывается фактическое время нахождения каждого вагона на подразделении в течение суток. Для этого требуется перейти на почасовой учет вагонов рабочего парка, что позволит дать количественную оценку рабочему парку, как в вагонах, так и в рублях.

Определим рабочий парк вагонов подразделения ОАО «РЖД» в среднем за сутки, как суммарное время нахождения вагонов в рабочем парке за сутки в вагоно-часах, деленное на 24:

$$n_{\text{факт}} = \frac{\sum t}{24},$$

где: $\sum t$ – суммарные затраты вагоно-часов на подразделении за сутки.

Эксплуатационные расходы на перевозки можно определять методом укрупненных расходных ставок через измерители, связанные с вагонами (вагоно-часы). Методика определения укрупненных расходных ставок разработана во ВНИИЖТ [4] и утверждена в ОАО «РЖД» [5].

Эксплуатационные расходы подразделения на грузовые перевозки в вагонах рабочего парка за сутки оценим по формуле:

$$\Theta_{\text{факт}} = e_{\text{вч}}^{\text{пн}} \sum t, \text{ где:}$$

$e_{\text{вч}}^{\text{пн}}$ – укрупненная расходная ставка вагоно-часа вагона рабочего парка, руб/вагоно-час;

$\sum t$ – суммарные затраты вагоно-часов на подразделении за сутки.

Прибыль от выполненных перевозок грузов в выгруженных вагонах j на подразделении за сутки равна доходам от выполненных перевозок минус расходы по этим перевозкам:

$$P_{\text{факт}} = \sum p_j = \sum (d_j - r_j), \text{ где:}$$

p_j – прибыль от перевозки груза в вагоне j ;

d_j – провозная плата за перевозку груза в вагоне j ;

r_j – расходы, связанные с перевозкой груза в вагоне j .

Эксплуатационные расходы, связанные с перевозкой груза в вагоне j равны:

$$r_j = e_{\text{вч}}^{\text{пн}} \sum t_j, \text{ где:}$$

$e_{\text{вч}}^{\text{пн}}$ – укрупненная расходная ставка вагоно-часа вагона рабочего парка, руб;

$\sum t_j$ – суммарные затраты вагоночасов при продвижении вагона j от станции погрузки до станции выгрузки.

Экономические показатели подразделения ОАО «РЖД», т.е. доходы, эксплуатационные расходы и прибыль от перевозок, должны иметь соответствующие суточные нормативы – плановые доходы, расходы и прибыль. В этом случае бизнес-процесс управления эксплуатационным показателем организуется путем выполнения фактического эксплуатационного показателя в соответствии с плановым, заданным как в натуральном, так и в денежном исчислении.

Бизнес-процесс управления грузовыми перевозками должен быть реализован с помощью интеллектуальной системы управления перевозками. Назовем систему оперативного управления интеллектуальной, если в ней обеспечивается рациональная мотивация работы пользователя, позволяющая ему оценивать альтернативные варианты и выбирать оптимальное решение по определенному критерию.

Бизнес-процесс управления рабочим парком осуществляется следующим образом. Диспетчер в течение суток постоянно контролирует фактические значения рабочего парка и эксплуатационных расходов на подразделении с прогнозом до конца суток. При наличии превышения фактического показателя по отношению к нормативному диспетчеру необходимо снижать затраты вагоно-часов, которые можно сократить по всем составляющим рабочего парка, в том числе: затраты вагоно-часов в поездах в движении, на технических станциях без и с переработкой, на грузовых станциях.

Пусть на железной дороге имеется 700 вагонов, которые она должна сдать до конца суток в 18-00. Допустим, что у дорожного диспетчера есть два возможных варианта работы:

1) либо сформировать, перевести и сдать по междорожным стыкам 10 поездов по 70 вагонов в 12-00;

2) либо сдать эти вагоны в 17-00.

В интеллектуальной системе управления предварительно будет сделана экономическая оценка обоих вариантов.

В первом случае дорога получит экономию эксплуатационных расходов (при стоимости вагоно-часа грузового вагона равной 30 руб/вагоно-час) в размере: $700\text{ваг}\cdot 6\text{час}\cdot 30\text{руб}/\text{вагоно-час} = 126$ тыс. рублей.

Во втором получит только: $700\text{ваг}\cdot 1\text{час}\cdot 30\text{руб}/\text{вагоно-час} = 21$ тыс. рублей, т.е. в 6 раз меньше.

Переходя на почасовую оценку экономии рабочего парка по указанным вариантам получим:

1) рабочий парк сокращается на: $\frac{700\cdot 6}{24} = 175$ вагонов;

2) рабочий парк сокращается всего на: $\frac{700\cdot 1}{24} = 29$ вагонов.

В существующей системе управления ОАО «РЖД» эти варианты эквивалентны, т.к. в обоих случаях дорога сокращает рабочий парк на 700 вагонов. В реальных условиях диспетчер выберет второй вариант, как более простой для исполнения.

Таким образом, существующий метод оперативного управления рабочего парка не позволяет различать альтернативные варианты выполнения плана и не стимулирует повышение производственной ритмичности и экономической эффективности поездной работы.

Рассмотрим бизнес-модели управления погрузкой и выгрузкой вагонов. При организации погрузки на подразделении диспетчер заинтересован как можно раньше погрузить вагоны, чтобы быстрее выполнить планы погрузки, как в вагонах, так и по доходам. Это можно осуществить за счет сокращения межоперационных простоев от прибытия порожнего вагона на станцию до начала погрузки и от окончания погрузки до отправления погруженного вагона со станции. Соответственно, чем раньше вагоны будут погружены и чем раньше их можно будет передать для организации перевозки, тем больше можно снизить общие затраты вагоно-часов и эксплуатационные расходы на подразделении.

Аналогично, требуется так организовать выгрузку вагонов на подразделении, чтобы быстрее разгрузить и передать освобождаемые порожние вагоны. По всем выгружаемым вагонам на подразделении диспетчер контролирует оценку прибыли от выполненной перевозки грузов по фактическим затратам вагоно-часов по маршрутам следования отправок.

Следовательно, у диспетчеров на всех уровнях управления появляется рациональная мотивация работы – необходимо выполнить суточный план таким образом, чтобы при этом минимизировать затраченные вагоночасы на подразделении и, следовательно, эксплуатационные расходы.

Для практической реализации бизнес-модели управления грузовыми перевозками необходимо нормировать экономические показатели эксплуатационной работы. Для этого необходимо при разработке плана перевозок на предстоящий месяц добавить дополнительно к техническому плану перевозок еще бизнес-план перевозок, включающий экономические нормативы эксплуатационных расходов, доходов и прибыли от перевозок грузов.

Нормирование эксплуатационных и экономических показателей проводится следующим образом. На основании заявок грузоотправителей формы ГУ-12, содержащих информацию об объемах перевозок на планируемый месяц с указанием количества вагонов, типа подвижного состава, его принадлежности, роде груза, дороги назначения, ЦФТО производит планирование по каждой железной дороге на предстоящий месяц погрузки в вагонах/сут. всего, в том числе по роду подвижного состава.

На основании полученных от ЦФТО «шахматок» вагонопотоков и разработанных проектов норм оборота вагонов в ЦД определяются: выгрузка вагонов; регулировочные разрывы; передача порожних вагонов; передача груженых вагонов. Затем по каждой железной дороге планируются размеры рабочего парка вагонов в среднем за сутки по затраченным вагоночасам.

Нормативное значение эксплуатационных расходов железной дороги в среднем за сутки определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{план}} = 24 e_{\text{вч}}^{\text{pn}} \cdot n_{\text{ср}}, \text{ где:}$$

$e_{\text{вч}}^{\text{pn}}$ – укрупненная расходная ставка вагоночаса вагона рабочего парка, руб;

n_{cp} – размеры рабочего парка вагонов в среднем за сутки.

Норматив дохода от перевозок грузов в погруженных вагонах в среднем за сутки определяются по формуле:

$$D_{план} = \sum a_i^{план},$$

где:

$d_i^{план}$ – провозная плата за перевозку груза в вагоне i , определяемая на основании информации о средней погрузке вагонов на планируемый месяц с указанием количества вагонов, типа подвижного состава, его принадлежности, роде груза, станции назначения.

Норматив прибыли от выполненных перевозок грузов в выгруженных вагонах j :

$$P_{план} = \sum p_j^{план} = \sum (d_j - r_j^{план}),$$

где:

$p_j^{план}$ – плановая прибыль от перевозки груза в вагоне j ;

d_j – провозная плата за перевозку груза в вагоне j ,

$r_j^{план}$ – плановые расходы, связанные с перевозкой груза в вагоне j .

Плановые расходы, связанные с перевозкой груза в вагоне j , равняются:

$$r_j^{план} = e_{вкм}^{зруж} \cdot L_{lm}, \text{ где:}$$

$e_{вкм}^{зруж}$ – укрупненная расходная ставка за вагонокилометр груженого пробега, руб;

L_{lm} – тарифное расстояние от станции погрузки l до станции выгрузки m , км.

Качественные оценки результатов бизнес-процессов управления грузовыми перевозками на подразделении ОАО «РЖД» определяются в зависимости от заданных приоритетов натуральных или стоимостных оценок эксплуатационных показателей. Если наивысший приоритет принят для натуральных показателей, то комплексные оценки результатов бизнес-процессов управления перевозками приведены в табл. 2.

Например, если по выполнению выгрузки вагонов план по натуральному показателю в вагонах выполнен, а по экономическому (прибыль от выполненных перевозок в рублях) – не выполнен, то ставится результирующая оценка – хорошо и т.д.

Таблица 2

Качественные оценки результатов работы подразделения за сутки

№ п/п	Оценка по натуральному показателю	Оценка по экономическому показателю	Результирующая оценка
1	План выполнен	План выполнен	Отлично
2	План выполнен	План не выполнен	Хорошо
3	План не выполнен	План выполнен	Удовлетворительно
4	План не выполнен	План не выполнен	Неудовлетворительно

Таким образом, бизнес-модель управления грузовыми перевозками под-держивает рациональную организацию работы железной дороги, направ-ленную на равномерное распределение поездной и грузовой работы в тече-ние всего дня и на снятие напряжения в работе с последней четверти суток. По концу отчетных суток по результатам работы железной дороги дается не простейшая качественная оценка – план выполнен, а развернутая комплекс-ная оценка, отвечающая, как именно выполнен план: отлично, хорошо или удовлетворительно с предоставлением экономических показателей дороги – фактические эксплуатационные расходы, доходы и прибыль от выполнен-ных перевозок.

Переход на бизнес-модель оперативного управления грузовыми перевоз-ками позволит сократить расходы и повысить прибыль от перевозок желез-ных дорог путем организации их оперативного управления на основе:

- 1) почасового учета и нормирования рабочего парка;
- 2) учета и нормирования экономических показателей дороги – доходов, расходов и прибыли от перевозок.

Литература

1. Феофилов А.Н. О бизнес-модели управления грузовыми перевозками. // Железнодорожный транспорт. 2012. № 9. С. 16 – 19.
2. Феофилов А.Н. Оптимизация управления порожними вагонами ОАО «РЖД» и государств Содружества по критерию максимума прибыли от перевозок грузов. //Вестник ВНИИЖТ. 2006. № 6. С. 4 – 7.

3. Феофилов А.Н. Оптимизация оперативного регулирования порожних вагонов компании-оператора по экономическим критериям. //Вестник ВНИИЖТ. 2012. № 1. С. 43 – 46.
4. Экономика железнодорожного транспорта. Проблемы и решения. /Сб. трудов ВНИИЖТ под ред. Л.А. Мазо и Г.Е. Писаревского. М.:Интекст, 2005. 351с.
5. Распоряжение №1392р «Об утверждении методических рекомендаций по расчету экономического эффекта внедрения научно-технических достижений и передового опыта на железных дорогах – филиалах ОАО «РЖД», утвержденное 07.09.2005г. /ОАО Российские ж.д., ЦНТИ. – М., 2006. –22с.

Бодюл В.И., Феофилов А.Н.

Концепция организации эффективного управления парками частных вагонов

Ключевые слова:

оперативное управление перевозочным процессом, парк вагонов, сменно-суточный план

Грузовой железнодорожный транспорт представляет собой производственно-технологический комплекс по организации железнодорожных грузовых перевозок на сети РЖД, состоящий из множества взаимосвязанных организаций-участниц, совместно осуществляющих грузовые перевозки на инфраструктуре РЖД.

Основными участниками процесса управления грузовыми перевозками являются ОАО «РЖД» и операторы железнодорожного подвижного состава, так как ОАО «РЖД» владеет инфраструктурой общего пользования и является общенациональным перевозчиком, а 1800 операторов железнодорожного подвижного состава совместно управляют более 90% всего наличного парка грузовых вагонов на РЖД.

Если методы централизованного управления ОАО «РЖД» вагонными парками хорошо известны, то по вопросу управления парками частных вагонов компаний-операторов до сих пор нет ни одной научной монографии. В этой статье будет сформулирован общий подход, дающий представление о структуре и задачах системы управления парком частных вагонов оператора подвижного состава, полученный на основе опыта внедрения системы сменно-суточного планирования в Независимой транспортной компании и Первой грузовой компании, а также по результатам разработки предложений по оптимизации использования подвижного состава ЗАО «Русаротранс».

Рассмотрим типичную компанию – оператор подвижного состава (далее – Компанию). Организационная структура Компании представляет собой двухуровневую вертикаль, состоящую из Центрального офиса и нескольких региональных филиалов Компании, содержащих одну или более железной дороги. Для Компаний, управляющих значительными парками (не менее 20 000 вагонов) на больших полигонах (не менее 10 железных дорог), структура управления должна иметь трехуровневую вертикаль, включающую центральный, региональный и линейный уровни управления.

Управление грузовыми перевозками представляет собой целенаправленное воздействие на ресурсы, в результате которого удовлетворяются заявки клиентов на перевозки грузов. В рассматриваемой Компании управление перевозками выполняет Департамент управления перевозками (ДУП) совместно с Департаментами продаж (ДП) и вагонного хозяйства (ДВХ) во взаимодействии с причастными подразделениями ОАО «РЖД».

В зависимости от продолжительности отчетных циклов ДУП выполняет годовое, месячное и оперативное управление грузовых перевозок, которое исполняется по действующей вертикали на центральном, региональном и линейном уровнях управления.

Рассмотрим следующие основные составляющие общей системы управления перевозками Компании:

- систему учёта парка вагонов;
- систему планирования перевозок.

Учёт грузовых вагонов Компании представляет собой определение их наличия на инфраструктуре РЖД по заданным учётным группам на конец отчетных суток (на 18.00 московского времени).

Общее наличие грузовых вагонов Компании – это всё фактическое наличие грузовых вагонов, находящихся в оперативном распоряжении и вне распоряжения Департамента управления перевозками Компании.

При этом парк вагонов, находящихся в оперативном распоряжении ДУП, разделяется на рабочий и нерабочие парки. Рабочий парк разделяется на парк, используемый для перевозки грузов, и на оперативный резерв вагонов.

В свою очередь, парк в перевозках подразделяется на парки груженных и порожних и вагонов.

К рабочему парку филиала относят исправные груженные и порожние грузовые вагоны всех форм собственности (собственные Компании, арендованные у других операторов), которые используются Компанией для перевозки грузов и находятся на путях общего и необщего пользования данного филиала, за исключением вагонов, находящихся за границей, в долгосрочном резерве, вагонов Компании, арендованных другими операторами.

Груженные вагоны рабочего парка филиала подразделяют на следующие под выгрузку на данном филиале – местный груз филиала, с выделением, в том числе под сортировку, и на вагоны, следующие за его пределы – транзитный груз филиала. Порожние вагоны рабочего парка филиала состоят из исправных порожних вагонов, используемых для перевозки грузов, и вагонов оперативного резерва.

Соответственно к нерабочему парку филиала относятся неисправные вагоны, отставленные для ремонта и оформленные по ВУ-23 (перечисление в неисправные), и вагоны, отставленные до решения о дальнейшем использовании. К этому парку относятся все вагоны, отставленные от работы по своему фактическому техническому или коммерческому состоянию, в том числе не оформленные по ВУ-23 и ГУ-23 (непригодность по коммерческой неисправности), ожидающие соответствующего оформления документов, используемые под спецтехнужды, прикрытые, любое использование помимо перевозочной работы.

Парк вне распоряжения железной дороги состоит из грузовых вагонов, находящихся в долгосрочном резерве, за границей, вагонов собственности Компании, арендованных другими операторами.

Вагоны в долгосрочный резерв отставляются на период от одного и более месяцев. Как правило, определение величины долгосрочного резерва производится на стадии месячного или квартального планирования перевозок в соответствии с прогнозом конъюнктуры по перевозкам на ближайшую перспективу на период от двух и более месяцев.

Оперативный (оперативно-технологический) резерв представляет собой парк вагонов, необходимый для погашения неравномерности, вызываемой случайными колебаниями технологических и коммерческих параметров перевозок, а также для ускоренного удовлетворения возникающих внеплановых потребностей клиентов в перевозках.

В системе управления перевозками Компании рабочий парк является базисом, определяющим все факторы управления парком вагонов, и позволяющим оценивать уровень и качество этого управления. Поэтому крайне важно правильно распределять наличный парк вагонов с тем, чтобы при необходимости иметь достаточный погрузочный ресурс, а при излишке правильно его регулировать через долгосрочный и оперативный резерв. Оперативный резерв носит в себе функцию регулятора погрузочного ресурса для гарантированного исполнения сменно-суточного плана в условиях существующей ежесуточной неравномерности перевозок.

Неравномерность перевозочного процесса в определенных пределах является объективным фактором. Технический план формируется по согласованным заявкам клиентуры. В общем случае календарная погрузка в течение месяца имеет посуточную и декадную неравномерность. При составлении плана эксплуатационной работы эта неравномерность отражается в техническом плане, который выполняет функцию регулятора погрузочных ресурсов при их распределении по дорогам в соответствии с календарной погрузкой. Эта неравномерность (спроса на перевозки), отражающая колебания спроса на перевозки, должна учитываться как объективный фактор.

Показатели технического плана рассчитываются по фиксированным эксплуатационным параметрам (участковая скорость, простои на технических станциях, под грузовыми операциями и др.), хотя в реальности они также подвержены колебаниям, создаваемым в самой сфере транспортного обслуживания. Этот вид неравномерности (транспортного обслуживания) постоянно воздействует на ход перевозочного процесса.

В результате реальный оборот вагона может иметь значительные отклонения, как в груженой, так и в порожней части. Без учета этого вида не-

равномерности достоверность разработки и исполнения сменно-суточного плана (ССП) не может быть должным образом обеспечена. В этом случае для выполнения ССП необходимо дополнительное регулирование погрузочного ресурса для упреждающего управления с гораздо меньшей глубиной планирования, чтобы в оперативном порядке обеспечить, при необходимости, доставку порожних вагонов в срок и требуемом количестве.

Эту функцию выполняет оперативно – технологический резерв порожних вагонов, готовых к доставке под погрузку. При наличии такого резерва упрощается задача обеспечения плановой погрузки в предстоящий период за счет восполнения из резерва недостающих порожних вагонов в случае возникновения такой потребности, вызванной непредвиденными, незапланированными заранее причинами.

Процесс планирования перевозок Компании состоит из следующих основных этапов:

- разработка годового бюджета Компании;
- разработка производственного плана на месяц (плана продаж);
- разработка технического плана на месяц и в среднем в сутки;
- разработка сменно-суточного плана.

Годовой бюджет Компании разрабатывается Департаментом продаж на основе договоров с клиентами с учётом конъюнктуры рынка. Производственный план на месяц (план продаж) разрабатывается по заявкам клиентов на предстоящий месяц. Эти планы являются основой организационной работы Компании по обеспечению перевозок.

Однако они отражают потребность клиентов Компании в перевозках грузов. Кроме них необходимо иметь организационно-технический план использования имеющегося в Компании перевозочного ресурса с учетом технических возможностей ОАО «РЖД» и самой Компании. В том числе, необходимо планировать работу на каждые конкретные сутки, когда учитывается сложившаяся эксплуатационная обстановка и определяется оптимальная система действий оперативного персонала для достижения наиболее

высоких показателей использования подвижного состава в сложившихся производственных условиях.

Этой цели служит Технический план, разрабатываемый на месяц, и сменно-суточный план, определяющий работу всего оперативного персонала Компании на конкретные сутки.

Отличие Технического плана от производственного состоит в том, что в нем закладываются нормативы, учитывающие технологические параметры работы железнодорожной инфраструктуры (ОАО «РЖД», подъездных путей необщего пользования, предприятий по ремонту и подготовке подвижного состава и т.д.), соответствующие реальной ситуации на полигоне перевозок. Поэтому выходные показатели этого плана жестче, чем производственного. В первую очередь это относится к обороту вагона и, соответственно, к норме потребного парка вагонов для удовлетворения заявок клиентов Компании.

Выполнение Технического плана гарантирует выполнение Производственного и нацеливает оперативный персонал Компании на выполнение самых высоких, из технически достижимых значений показателей эффективности работы подвижного состава.

При формировании технического плана определяются и нормативно устанавливаются следующие главные показатели:

1. Погрузка;
2. Выгрузка;
3. Рабочий парк вагонов;
4. Регулировка;
5. Передача;
6. Оборот вагона;
7. Простой вагона на станции с грузовыми операциями;
8. Уровень маршрутизации.

Помимо этих показателей могут рассчитываться, задаваться и учитываться средняя дальность перевозок груза, коэффициент порожнего пробега вагонов, статическая и динамическая нагрузка вагона (особенно важных при дефиците рабочего парка), производительность вагона.

Таким образом, Технический план рождается из Производственного плана (плана продаж), но его содержание базируется на технологических нормативах работы подвижного состава с учетом фактической конъюнктуры эксплуатационной работы железных дорог. Именно этот план, из которого получают среднесуточные нормативы работы, на выполнение которых организуется деятельность эксплуатационных подразделений Компании в течение месяца, является основным критерием оценки работы за определенный период времени (пятидневка, декада или другое).

Вместе с тем, среднесуточные показатели Технического плана по использованию подвижного состава на отдельно взятые, конкретные сутки, как правило, не соответствуют той объективной ситуации, которая имеет место, как на полигоне перевозок отдельного филиала, так и на всем полигоне Компании в целом.

Объективную оценку ситуации в конкретные сутки дает сменно-суточный план. И этот план на сегодня может коренным образом отличаться от плана на завтра, послезавтра и т.д. Но если просуммировать итоговые цифры по показателям всех сменно-суточных планов за месяц, они должны достаточно близко соответствовать показателям Технического плана и это будет свидетельством достойного уровня организации эксплуатационной работы оперативных подразделений Компании, и в первую очередь ее мозга – оперативно-логистического аппарата Департамента управления перевозками.

Главной целью применения системы ССП в Компании является необходимость создания наиболее благоприятных условий для разумной концентрации действий оперативного персонала по обеспечению предприятий, обслуживаемых Компанией, перевозочными средствами и получение максимальной прибыли от использования собственных вагонов.

Средствами достижения этой цели должны служить:

- грамотно поставленная система взаимодействия подразделений Компании и причастных работников, позволяющая не упускать и держать под контролем острые проблемы, возникающие при продвижении, погрузке, выгрузке вагонов, а также вовремя устранять кризисные ситуации в процессе перевозок;

- информационное обеспечение по всем основным элементам перевозок;
- автоматизация сбора, обработки, передачи и получения информации в реальном режиме времени;
- взвешенный экономический мониторинг ситуации и экономическая оценка принятых решений;
- тесные деловые контакты с клиентурой и перевозчиком;
- использование и внедрение оптимальных технологий в организации перевозочного процесса.

Все эти элементы органично вписываются в систему ССП и их присутствие в большей или меньшей степени влияет на эффективность и результативность этого инструмента управления перевозочным процессом.

Характер деятельности причастных работников Компании, разрабатывающих ССП, определяется следующим образом.

1. Разработка проекта сменно-суточного плана осуществляется работниками коммерческой и оперативно-диспетчерской служб филиала Компании в строго установленных приказом пределах времени.

Базой для разработки проекта плана является заявки грузоотправителей на планируемые сутки и нормативы, установленные месячным техническим планом перевозок.

При наличии системы автоматизированной разработки нормативов технического плана на сутки он и принимается в качестве основы для формирования суточного плана в системе ССП.

2. Проект плана погрузки составляется и вносится в соответствующую плановую форму на основе наличия у филиала перевозочных ресурсов для конкретной станции и конкретного клиента-грузоотправителя.
3. Проект плана выгрузки рассчитывается работниками коммерческой и оперативно-диспетчерской служб Филиала в соответствии с дислокацией местного груза и показателями, связанными с местными условиями работы клиентов-получателей, технологией и нормативами работы участков, станций, подъездных путей и фронтов выгрузки, погодными условиями и конкретной оперативной ситуацией на полигоне работы с вагонами, подлежащими выгрузке.

4. Проект плана по остальным показателям ССП формируется работниками оперативно-диспетчерской службы филиала с привлечением, в случае необходимости, работников других причастных служб (вагонной, коммерческой и др.), участие которых в таких случаях является строго обязательным и не подлежит каким-либо отсрочкам.
5. Действия всех причастных работников Компании в рамках системы ССП осуществляется в строгом соответствии с положениями и инструкциями по ССП, принятыми в Компании.

В заключение отметим, что основной недостаток систем управления существующих компаний-операторов состоит в том, что управляющие воздействия на процесс перевозок обычно принимаются с исполнением в следующих сутках, т.е. негативное явление уже произошло, или происходит в данный момент, но его исправлять уже поздно, поскольку идет выполнение заданий текущих суток. Эта цепь событий делает систему управления негибкой, с недостаточно быстрой реакцией на меняющуюся обстановку и, в конечном итоге, малоэффективной.

Преимущества системы ССП совершенно очевидны именно в этих важнейших аспектах управления перевозками. Новая система позволяет диспетчерскому аппарату управления перевозками:

- постоянно держать под контролем многофакторный процесс перевозок через механизм сменной отчетности;
- предвидеть и упреждать возможные отклонения процесса от нормы в сутках и часах их возникновения, а не на следующий день;
- следовательно, оперативно принимать более эффективные управленческие решения по выправлению эксплуатационной ситуации.

Из этих особенностей вытекает результат, получаемый при внедрении системы ССП в операторских компаниях, – это более эффективное использование подвижного состава и гарантированное повышение доходности перевозок при равенстве сравниваемых условий. Практика работы операторских компаний по системе ССП подтверждает этот вывод.

Ольшанский А.М.

О формулировке некоторых подходов к оценке границ транспортных подсистем

Ключевые слова:

транспортная система, сложность управление системой, кодификация связей.

В настоящее время существует множество подходов, которые описывают сложность управления любой организацией. Есть среди них и такие, которые оперируют преимущественно показателями операционной деятельности, причем как на основе принципов районирования систем (школа Панасюка М.В., Казанский ГУ), так и с использованием эксплуатационных параметров железных дорог (Цыганов В.В., ИПТ РАН им. Соломенко Н.С.) и др. Эти подходы, несмотря на значительный шаг вперед, все же не позволяют оценить любую транспортную систему в силу некоторых положений. Например, к таким относится тезис о необходимости выравнивания сложностей объектов управления.

Между тем, различные образования на транспорте имеют совершенно отличную друг от друга сложность (даже Московский узел и Новосибирский узел, например, или соответствующие им дороги), но, в то же время, минимизировать совокупную сложность управления системой не означает выравнивать сложность по минимуму. Так, справедливее говорить о требовании равной эффективности управления объектами, хотя сами объекты при этом могут отличаться по сложности.

Однако не факт, что показатель сложности управления должен быть аддитивен во всем, возможно сочетание аддитивной и неаддитивной компонент.

Для формирования методологии и возможных подходов к ней опишем общие свойства некоторых разнородных процессов, которые протекают в железнодорожных системах управления[2].

Рассмотрим одну из подсистем, входящую в состав железнодорожного транспорта, состоящую из трех управленческих уровней.

Пусть основной процесс преобразования материального потока происходит на третьем (линейном) уровне согласно некоторому уравнению:

$$A \times p^n(t) = B \times g^m(t) \quad (1),$$

где A, B – векторы-строки коэффициентов при соответствующих степенях полинома, $p^n(t) = \sum_{i=1}^n \frac{d^i(X(t))}{dt^i}$ – в общем виде, эволюционное уравнение поступления материального потока в систему,

$g^m(t) = \sum_{j=1}^m \frac{d^j(G(t))}{dt^j}$ – в общем виде функция внешних воздействий на уравнение поступления потока в систему.

Сам объект представляется как некоторый преобразователь потока, функционирующий как укрупненный набор из структурных элементов с заданными передаточными функциями. Это: станции сортировочные, станции промежуточные, станции участковые, которые в целом могут формально задаваться как некоторые динамические звенья.

То есть, на некотором уровне происходит процесс, который находится под наблюдением верхнего уровня. Верхний уровень задает желаемое значение входа по процессу $X(t)$, согласно эволюционной модели (1) формируется наблюдаемое значение выхода $X_\phi(t)$.

Система обратной связи, которую необходимо организационно создать, улавливает ошибку $E = X_\phi(t) - X(t)$, и в результате синтезирует некоторое управление $u(t, X(t), E(t))$.

Скорректированное значение выхода подается на вход в уровень, отдавший приказание.

Такая модель может работать на каждом уровне (этапе). Её разработка – это принципиально новая задача формирования управления на железнодорожном транспорте, в противовес сложившейся практике применения неадаптивных моделей и неэффективных систем.

Прокомментируем также вопрос о соотношении числа управленческих уровней. Так, в работах академика Арнольда В.И. [1] показано, что оптимальное число иерархических уровней управления не может быть

более 2, так как для большего числа уровней проблематично обеспечить устойчивость всей системы.

Возможное построение методологии оценки сложности управления может базироваться на некоторой оценке связей между структурами.

Так, пусть объект X взаимодействует с объектом Y помощью связи l .

Тогда все связи в рассматриваемых процессах ОАО «РЖД» объединены в множество L , каждый из элементов которого l характеризуется следующими параметрами, приведенными в таблице 1.

Прокомментируем параметры кодификации связей.

Тип связи. Административный – тип связи, при котором связь реализуется в рамках передачи управляющих сигналов в соответствии с организационной структурой (применяется для бизнес-процессов, которые носят обеспечивающий характер или для основных процессов в неосложненном режиме).

Оперативный – тип связи, применяемый к оперативному управлению перевозочным процессом или к оперативным приказам ОАО «РЖД», связь, как правило, нарушает нормальное течение процесса.

Технологический – тип связи, при котором передача управляющей информации (сигналов) осуществляется в нормальном режиме вне отдельных организационных структур, по горизонтали.

Категория «**отношение**» очевидна, и в комментариях не нуждается. Учет данной категории необходим для более полного учета степени разнообразия связей в системе. Аналогично для категорий «**уровень связи**» и «**направление**».

Регулярность связи показывает меру обязательности проявления той или иной связи. Если связь проявляется от случая к случаю, то она признается спорадической.

Категория «**периодичность**» не есть синоним признака регулярности, хотя между этими признаками есть и определенное пересечение.

Характер связи по отношению к дисциплине. Этот признак создан для учета степени жесткости управляющего сигнала с позиции последствий его неисполнения. Для настоящей таблицы понимается: связь «обязательная» подразумевает наступление последствий, которое составляет состав дисципли-

плинарного проступка или иного нарушения, «рекомендательная» предлагает одно или несколько решений, неисполнение которых не сказывается на протекании процесса либо степень влияния не превосходит уровня приемлемого риска. Связь «уведомительная» используется для информирования о решении или для передачи прочей информации.

Характер связи по отношению к процессу. Этот признак описывает значение рассматриваемой связи в конкретном бизнес-процессе и классифицирует такие связи с содержательной точки зрения.

Информационная насыщенность в том или ином виде может выступать одной из количественных характеристик связей в системе управления (число документов, объем сообщения и прочее).

Признак «*линейность*» используется для оценки числа итераций реализации той или иной связи для конкретного отношения структур X и Y . Так, например, процесс согласования нормативов для разработки графика движения поездов может иметь несколько заходов.

Использование подобных характеристик позволяет создать некоторую систему кодирования отношений между руководителями структур в конкретном периоде времени T . Схему использования такого возможного кода представим на следующем примере.

Пусть за период времени T руководитель определенного уровня выполнил следующую последовательность операций: $S = xhababaxhabaxhabaxhabacabaxx$ ($l(S) = 28$), где a , b , c – некоторые управленческие операции, xx – символ разделения операций.

Понятно, что каждая из операций характеризуется определенным уровнем трудозатрат, которые в общем виде определяются как сумма всех трудозатрат по строке S .

Однако с позиций регламентации бизнес-процессов выполнение каждого действия можно определить неким технологическим процессом $D(S)$, который, будучи примененным к строке S или ее части, выступает некоторым «компрессором» и выдает на выходе длину последовательности, меньшую, чем исходно была у загружаемой строки.

Таблица 1.

Параметры организационных железнодорожных связей

№ параметра	Наименование параметра	Возможные единицы измерения	Классифицирующие признаки
1	Тип связи	нет	1 – Административный, 2 – Оперативный 3 – Технологическая
2	Отношение	нет	1 – один к одному, 2 – один к многим, 3 – многие к одному, 4 – многие к многим.
3	Регулярность	нет	1 – Систематический, 2 – Спорадический
4	Периодичность	нет	1 – Ежечасно, 2 – n раз в сутки 3 – ежесуточно 4 – еженедельно 5 – ежемесячно 6 – ежеквартально 7 – 1 раз в полгода 8 – 1 раз в год
5	Уровень связи	нет	1 – связь на нижний уровень, 2 – связь того же уровня, 3 – связь на уровень выше
6	Характер связи по отношению к дисциплине	нет	1 – обязательная, 2 – рекомендательная 3 – уведомительная
7	Характер связи по отношению к процессу	нет	1 – утверждение 2 – согласование 3 – совещание 4 – направление задания 5 – исходная информация
8	Направление	нет	1 – односторонняя 2 – двухсторонняя
9	Информационная насыщенность – число документов (сообщений), приуроченных к одному проходу по связи	ед.	1 – нет, 2 – один, 3 – два, 4 – 3 и более
10	Линейность	нет	1 – линейный 2 – циклический

Тогда управленческая сложность строки S (по аналогии с колмогоровской сложностью – Kolmogorov complexity[3]) можно оценить по формуле:

$$K_D(S) = \begin{cases} f(S), & \text{если } D \in S \\ +\infty & \text{иначе} \end{cases} \quad (2)$$

Применительно к приведенному примеру, если $D(aba)=A$, и формально рассматривать только коды операций, заключенных между разделяющими символами, $S = xhababaxxAxxAxxabacabaxx$ ($l(S)=24$).

Возможны иные интерпретации функции $f(S)$. То есть, в результате применения технологического процесса D к задаче S уровень сложности изменился на $(28-24)/28 = 14,2\%$.

То есть, если современная загруженность руководителя в результате выполнения ряда необходимых операций равна какой-то величине A_1 , а владелец процесса – пользователь – задаст допустимый уровень сложности при определенной степени «компрессии» Y , то добавлять новые объекты управления к строке S можно до тех пор, пока выполняется:

$$K_D(S) \leq Y A_1 \text{ в течение времени } T.$$

С этой позиции можно оценить функции $f(S)$ как результат сокращения трудозатрат для выбранного ЛПР в случае выполнения им всех функций самостоятельно, и с помощью передачи на некоторый уровень вниз (на вход некоего процесса).

Те функции, которые ЛПР делегировать не может (это запрещено), представляют собой несжимаемую последовательность.

Преимущества данного подхода – возможность оценить сложность управления в любой системе.

Потенциально более простым методом выглядит выполнение следующей процедуры:

1. Формирование множества экспертов (транспорт, наука, управление).
2. Постановка перед данными экспертами вопросов о значимости того или иного классифицирующего критерия из таблицы 1, а также о весе того или иного признака.
3. Оценка сложности связи по формуле взвешенной величины.

При кажущейся простоте выбранного метода есть трудности как объемного характера, так и не исключен субъективизм, в т.ч. межотраслевой,

кроме того, всегда можно найти набор экспертов с противоположными позициями, в итоге сложившаяся система не будет иметь объективной основы, и спроектированная система регионального управления вновь окажется потенциально неустойчивой.

Представляется еще одной вполне допустимой альтернативой рассмотрение следующего конструкта.

Пусть у нас имеются взаимодействующие структуры A и B , соединенные связью l_{AB} , причем процесс их взаимодействия дает нам некоторый продукт x_{AB} .

Тогда, во-первых, силу связи l_{AB} можно оценить некоторым числом $[0, 1]$, которое будет характеризовать эффективность связи, т.е. вероятность того, что передаваемый управленческий сигнал прошел и принят без искажения.

С помощью этого подхода возможно принятие решений и функционирование системы управления оценить как цепь событий и их комбинаций, при этом при формировании каскада событий между дирекциями с помощью формул сложения и умножения вероятностей оценить итоговую «надежность» выстроенных связей. Задав пользовательский уровень «надежности», допустимо предположить, что количество вновь добавляемых на данную связь объектов управления есть величина, при которой уровень «надежности» связи не опустится ниже заданного пользовательского уровня.

Во-вторых, можно посмотреть на взаимодействие систем с позиций агрегатных схем. Тогда пусть система A и B имеют по N_1 и N_2 входов и M_1 и M_2 выходов, соответственно. Тогда каждая связь – это сопряжение входа и выхода, т.е., пара (M, N) . Если связь только одна, то значит, что размерности выхода и выхода строго равны 1. В этом случае функция сопряжения входов и выходов в системах – матрица, в которой строки – это выходы $1...M_1$ для системы A , столбцы – входы $1...N_2$ для системы B , а на пересечении, в ячейках, указаны пары (*№ выхода, № входа*).

С помощью подобных таблиц сопряжения возможно выстроить весь бизнес-процесс, который исследуется с помощью имитационного

моделирования. Особенно здесь подходит метод Монте-Карло, который генерирует различные ситуации в системе, и на выходе мы имеем относительно устойчивую картину того, как будет развиваться данный процесс, а также увидим его слабые места.

Для того, чтобы реализовать это программно и конструктивно, представим следующее.

Каждая система, входящая в процесс, обладает множеством состояний S_k , $k=0...r$. В ответ на входящие сигналы, которые будут передаваться по связям, зашифрованным по вышеописанному способу, система может оказаться в одном из k состояний, причем примем, что в начале имитации система находилась в состоянии S_0 .

Задан соответствующий граф состояний и интенсивности перехода из состояния в состояние, выраженные в матрице (μ) , где μ_{ij} – интенсивность перехода из состояния S_i в S_j , причем в каждый момент времени выполняется: $\mu_{ij} > 0$, $\sum_k p(S_k) = 1$, это очевидное условие нормировки.

С учётом этого всего система может быть описана с помощью системы дифференциальных уравнений А.Н.Колмогорова, которая будет состоять из k уравнений вида:

$$\frac{dP_k}{dt} = \sum_{k \neq j}^+ (\mu_{jk} P_j) - (\sum_{j \neq k} \mu_{kj}) \times P_k \quad (3)$$

То есть, вероятность перехода из одного состояния системы в другое равна сумме произведений всех вероятностей состояния на интенсивности перехода в искомое состояние минус произведение суммы интенсивностей ухода из искомого состояния во все прочие на вероятность искомого состояния.

Решив систему уравнений А.Н. Колмогорова, можно получать зависимости состояний, следовательно, представлять картину в системе управления и в процессе в целом. В качестве начальных условий принимаются входные распределения состояний по вероятности.

Выбрав нужный исследователю момент времени T (через q шагов), можно определить общую энтропию системы как меру неопределённости по формуле

$$H_S^q = -\sum_k p^* \ln p \quad (4)$$

Тогда энтропия может выступать как мера сложности процессов управления системой при том или ином раскладе вероятностей состояния всех участников процесса.

Таким образом, в настоящем материале предлагаются некоторые подходы к моделированию организационных структур в транспортных системах, пригодные для всех видов транспорта, для любых организационно-правовых форм транспортных предприятий и подразделений.

Литература:

1. Арнольд В.И. «Жесткие » и «мягкие» математические модели. – М., МЦНМО, 2008. – 32 с.
2. Ольшанский А.М. О некоторых принципах формирования отраслевых компаний. //Вестник Самарского государственного университета путей сообщения. – №1, 2013. – Самара, СамГУПС, 2013., с.50–53.
3. Успенский В.А., Верецагин Н.К., Шень А.Х. Колмогоровская сложность и алгоритмическая случайность. – М., МЦНМО, 2010. – 556 с.

Козлов П.А., Осокин О.В.

Интеллектуальное сопровождение технологических процессов на железнодорожном транспорте

Ключевые слова:

оперативное управление перевозочным процессом, автоматизация интеллектуальных функций, информационная среда.

На железнодорожном транспорте функционирует развитая информационная среда. Оперативные базы данных позволяют диспетчерскому персоналу знать в актуальном режиме, где находится каждый поезд, каждый вагон и локомотив. В электронном виде формируются заявки на перевозки. Есть информационное хранилище с богатым аналитическим аппаратом. То есть созданы все условия для перехода к автоматизированному управлению процессами перевозок. Но, к сожалению, приходится констатировать, что управление остаётся в своей основе ручным, основанным на опыте диспетчеров разного уровня. В последнее время много говорится о задаче создания интеллектуальной информационной среды. Сейчас в ОАО «РЖД» поставлена задача разработать ИСУЖТ – интеллектуальную систему управления железнодорожным транспортом. Для существенного сдвига в управлении процессами перевозок информационная среда должна перейти на качественно новый уровень. Должен наступить этап автоматизации интеллектуальных функций, процессов анализа и принятия решений.

В построении информационной среды можно выделить две крупные стадии. Первая – это развитие информационного сопровождения технологических процессов, то есть построение автоматизированных справочных систем. Вторая – развитие интеллектуального сопровождения технологических процессов, то есть создание систем поддержки принятия решений.

На железнодорожном транспорте создана мощная информационная среда. Она позволяет вести мониторинг технологического процесса в реальном времени. За последние десятилетия введён в строй целый ряд информационных систем – АСОУП, ДИСПАРК, ДИСЛОК, ЭТРАН, создаётся АСУ инфраструктуры, функционирует информационное хранилище. Это большое достижение. Однако отдача от информационных систем, неправомерно называемых АСУ, довольно низкая.

Курсируют огромные, слабоупорядоченные массивы информации, которые пока недостаточно помогают организовать эффективную работу железнодорожной отрасли. Перед портами неделями стоят сотни составов, прожитый пробег вагонов после реформы увеличился чуть ли не вдвое, сотни брошенных составов без локомотивов. Главный вычислительный центр может выдать тысячи возможных справок. Запрашивается же всего лишь два-три десятка. До недавнего времени ежедневный отчёт начальнику дороги представлял собой книгу из ста с лишним страниц. Но процесс принятия решений, практически не затрагивается. То есть, можно констатировать, что выполняется лишь первая стадия построения интеллектуальной информационной среды.

В современных условиях структурного и технологического усложнения всё более очевидной становится проблема перехода ко второй стадии. Рыночная экономика, с её высокой динамикой экономических, а, значит, и транспортных связей, наличием многих собственников подвижного состава и участников транспортного процесса, создаёт условия, в которых оперативным и административным руководителям всё труднее принимать эффективные решения.

Значит, нужна автоматизированная аналитическая система, которая интеллектуально перерабатывала бы огромный поток разрозненных данных и выдавала бы адресный анализ ситуации для административных и оперативных руководителей разного уровня иерархии.

Рыночная экономика требует наличия надёжных и эффективных транспортных связей. Для этого необходимо интенсивно развивать транспортную

инфраструктуру. И это предусмотрено в Стратегии развития железнодорожного транспорта [1]. ОАО «РЖД» предполагало выделить на эти цели в 2013 году более 400 миллиардов рублей. Однако методы технологической оценки проектов разработаны десятилетия назад при командной экономике, когда деньги считались лишь условно. Необходима современная, как и в развитых странах, имитационная экспертиза, то есть, технологическое исследование проекта на подробной компьютерной модели. Но подробная модель – это несколько сотен тысяч строк описательной информации. Без интеллектуальной надстройки – подсистемы автоматизированного построения, которая брала бы на себя основную работу по построению, это невозможно.

Согласованный подвод вагонов и грузов, рациональный режим оборота частных вагонов, обеспечение локомотивами поездопотока требуют перебора миллионов вариантов и, значит, автоматизации таких интеллектуальных процессов как прогнозирование, планирование и управление (рис.1). Даже для подготовки диспетчерского персонала – умения быстро оценивать ситуацию и принимать рациональное решение – требуются интеллектуальные обучающие системы.

Решение перечисленных проблем непосредственно связано с реализацией задач развития научного обеспечения, утверждённых в Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года [2]:

- важными задачами являются «проведение имитационной экспертизы инвестиционных проектов развития транспортной инфраструктуры (в особенности крупных транспортных узлов), создание имитационных систем, разработка динамических моделей транспортных потоков, комплексное исследование на моделях функционирования проектируемых транспортных объектов с выдачей их реальной пропускной способности, «узких мест» и показателей работы»;
- «разработка методологии автоматизированного управления потоками и процессами на транспорте, создание новых и адаптация к новым задачам транспорта существующих систем автоматизированного управления (систем поддержки принятия решений)».

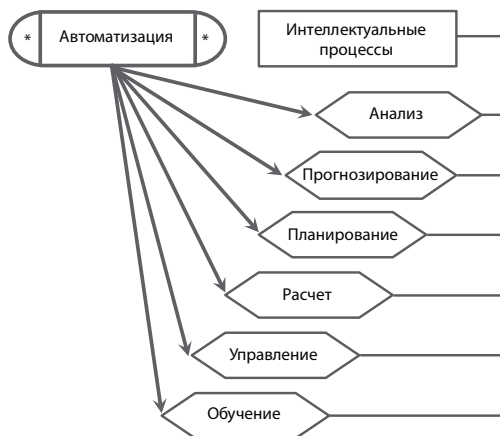


Рис.1. Автоматизация основных интеллектуальных процессов.

Таким образом, для поддержания и дальнейшего развития технологических процессов на железнодорожном транспорте необходима интеллектуальная информационная среда (рис.2). При этом следует различать:

- информационное сопровождение технологических процессов;
- интеллектуальное сопровождение технологических процессов.

Интеллектуальная информационная среда

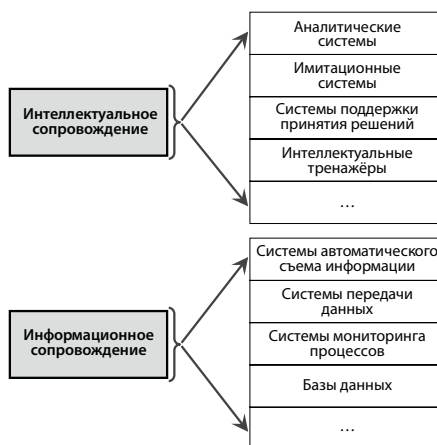


Рис.2. Структура интеллектуальной информационной среды

Первое осуществляет пассивная подсистема информационной среды. Она собирает информацию из разных источников в одно место. Второе – активная подсистема информационной среды. Её задача – творческая переработка информации (рис.3). Для этого требуются аналитические, имитационные и оптимизационные системы.

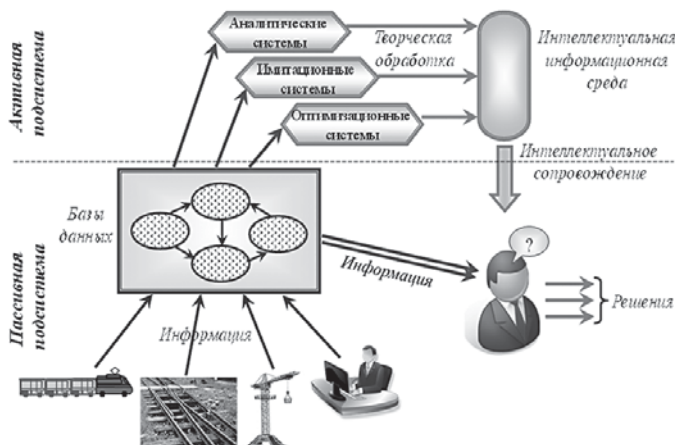


Рис.3. Схема интеллектуального сопровождения технологических процессов

Необходимо разработать методологию интеллектуального сопровождения технологических процессов на железнодорожном транспорте, включая обоснование необходимости создания интеллектуальной информационной среды, принципы выбора моделей и технологию их использования, в том числе:

- принципы построения автоматизированных систем для интеллектуального анализа состояния и результатов работы систем железнодорожного транспорта;
- технологию прогнозирования потоков и состояния системы с использованием информационного хранилища и имитационного моделирования;
- принципы построения интеллектуальной системы планирования поездообразования на сортировочных станциях и согласованного подвода вагонов и грузов;

- технологию автоматизированного построения интеллектуальных имитационных моделей для расчёта станций и узлов;
- технологию оптимального управления потоками порожних вагонов с использованием динамических моделей, в том числе оборотом частных вагонов;
- технология оптимального управления оборотом поездных локомотивов с использованием динамических моделей;
- принципы построения интеллектуального тренажёра и методика обучения на нем станционных диспетчеров.

Важной задачей является создание эффективных процедур внедрения разработанных подходов на практике.

Создание комплекса интеллектуальных систем автоматизированного анализа, расчёта и управления в сфере железнодорожных перевозок – это объективная необходимость настоящего времени. Разработанная методология даст возможность: освободить оперативных и административных руководителей от рутинной переработки огромных потоков информации, поскольку интеллектуальный адресный анализ позволит получать оценку состояния системы и результатов работы в удобном агрегированном виде; повысить эффективность принимаемых решений с помощью предлагаемых оптимизационных и имитационных моделей; существенно сократить время на анализ и принятие управленческих решений, а также избежать многочисленных ошибок, которые обычно случаются при работе человека с большими массивами данных.

Литература

1. О Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.06.2008 № 877-р // Собр. законодательства РФ. – 21.07.2008. – № 29 (ч. II). – ст. 3537.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 нояб. 2008 г. № 1734-р // Собр. законодательства РФ. – 15.12.2008. – № 50. – ст. 5977; Собр. законодательства РФ. – 29.12.2008. – № 52 (ч. 2) (поправка).

Козлов П.А., Осокин О.В., Колокольников В.С.

Структура современной имитационной система

Ключевые слова:

имитационные системы, имитационная экспертиза, оперативное управление.

Рыночная экономика требует наличия надёжных и эффективных транспортных связей, и это требование обуславливает необходимость развития транспортной инфраструктуры. Решение этой задачи предусмотрено в Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года. В отрасли разрабатываются и реализуются десятки крупных инвестиционных проектов. ОАО «РЖД» ежегодно выделяет на эти цели более 400 млрд. руб.

Методы технологической оценки проектов, разработанные десятилетия назад, сегодня недостаточны. Необходима их серьёзная корректировка, основанная на имитационной экспертизе, то есть, технологическом исследовании проекта с использованием компьютерного моделирования. Эта важная общетранспортная проблема до сих пор остаётся нерешённой.

Проекты развития транспортной инфраструктуры должны проходить имитационную экспертизу. Для такой экспертизы нужны современные имитационные системы.

Имитационная система должна иметь не только подсистему собственно имитации, но и подсистемы автоматизации процесса построения модели и работы с ней (рис.1).

Подсистема автоматизированного построения модели должна выполнять основную часть этой работы, освобождая человека. Опыт показывает, что полное детальное описание крупной станции в модели – это 600–700 тысяч строк. Вручную такое выполнить весьма сложно. Именно поэтому имитационное моделирование не нашло широкого применения.

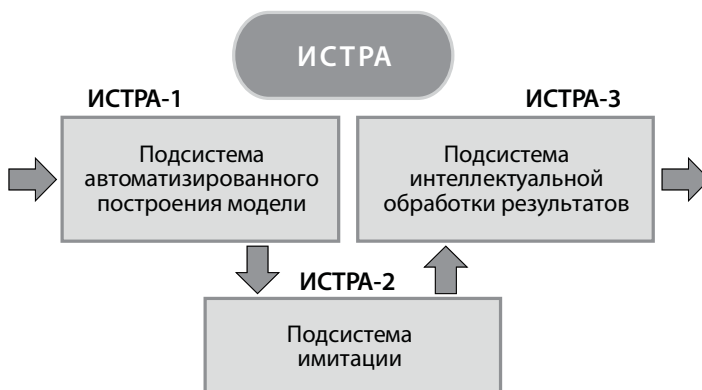


Рис.1. Структура имитационной системы ИСТРА

Функции подсистемы довольно сложные (рис.2). Здесь не только отображение схемы путевого развития и технологического процесса, но и что не менее важно – описание диспетчерского управления. И, естественно, должен быть развитый сервис для отладки модели и проведения экспериментов. Опыт показывает, что порядка 90% времени работы с моделью уходит на её отладку.

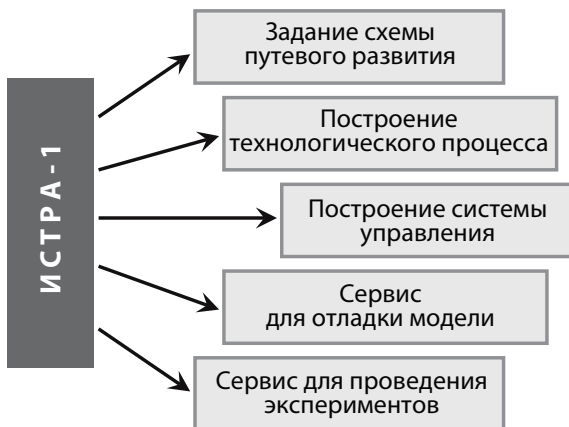


Рис.2. Структура подсистемы автоматизированного построения модели

Поэтому подсистема должна иметь соответствующие структурные блоки (рис.3).

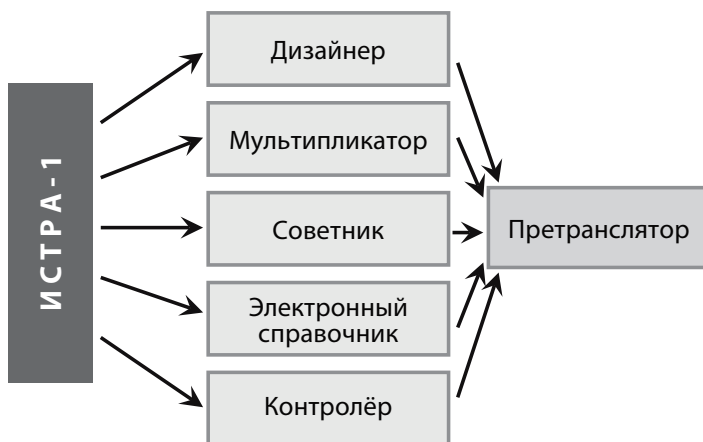


Рис.3. Структура ИСТРА-1

Во-первых, необходим блок «Дизайнер», который позволяет в автоматизированном режиме выстраивать компьютерные версии схемы путевого развития и технологического процесса.

Блок «Мультипликатор» должен автоматически находить все варианты выполнения операций и записывать параметры всех участвующих элементов.

Блок «Советник» накапливает опыт работы с моделями и даёт необходимые рекомендации неопытному пользователю (например, как отображать сложные технологии и управляющую деятельность диспетчера).

Электронный справочник должен содержать обширные сведения о параметрах станций, различных технологических процессах, нормативного времени выполнения различных операций и т.п.

Блок «Контролёр» должен определять ошибки пользователя при построении технологии и проверять правильность построения модели.

Подсистема имитации осуществляет собственно моделирование и накапливает результаты (рис.4).

Она формирует динамическую очередь заявок на выполнение операции с учётом времени поступления и приоритетов, имитирует выполнение очередной операции с выбором наилучшего варианта, фиксирует занятость стрелок,

путей, локомотивов, бригад, грузовых фронтов. В конце работы подсистема формирует исходный массив результатов для последующей обработки.

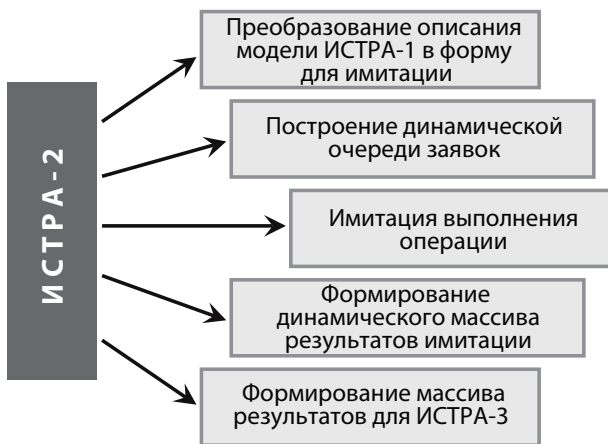


Рис.4. Структура подсистемы имитации



Рис.5. Структура подсистемы интеллектуальной обработки результатов

Имитационная система должна иметь подсистему интеллектуальной обработки результатов (рис.5).

Для крупной станции объём результатов весьма большой (порядка 50–60 страниц по одному эксперименту). Цели исследования могут отличаться, поэтому результаты должны быть упорядочены по-разному.

Оценка пропускной и перерабатывающей способности станции, совершенствование проектируемой схемы, выбор места размещения грузовых фронтов, определение рационального числа локомотивов – всё это различные задачи, для которых требуемая обработка результатов будет отличаться. Подсистема обработки должна предоставлять такую возможность. Важным аспектом является не только набор результатов, но и удобная форма представления, в том числе для формирования отчетов.

Рассмотрим подробнее работу блока «Дизайнер». Он должен предоставлять пользователю целый набор операций, которые он переведёт в компьютерную реализацию.

В первую очередь необходим «Редактор путевого развития», который должен иметь инструментарий для рисования, корректирования и стирания схемы станции.

Затем схема станции представляется в виде элементов модели. Элементами могут быть пути, сортировочные и грузовые устройства, локомотивы, бригады по обработке составов и др., а также группы стрелок. В отдельную группу включаются стрелки, которые во всех операциях используются вместе (заняты либо фактически, либо по враждебности). Разбиение Дизайнер осуществляет сам по следующим принципам.

Критерием разбиения принимается минимальное количество элементов на схеме. Имеем следующие *ограничения*:

- все части схемы должны быть отражены в элементах:

$$P \cup R \cup L \equiv E, \quad (1)$$

где P, R, L – множества путей, перегонов и стрелок;

E – множество элементов.

Конкретный i -ый путь, перегон, стрелка и элемент обозначим через p_i, r_i, l_i, e_i соответственно;

- все виды реально возможных передвижений должны быть возможны на схеме после разбиения:

$$\forall x|x = (\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle) \Rightarrow \exists y|y = (\langle e_\alpha^{ry} \rangle, \langle e_\beta^{ly} \rangle, \langle e_\gamma^{py} \rangle) \quad (2)$$

где $\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle$ – соответственно элементы множеств перегонов,

стрелок, путей на схеме до разбиения;

$\langle e_\alpha^{ry} \rangle, \langle e_\beta^{ly} \rangle, \langle e_\gamma^{py} \rangle$ – элементы, отображающие перегоны, стрелки и пути

на схеме после разбиения;

x, y – передвижения соответственно на реальной схеме и на схеме;

- все одновременно происходящие передвижения должны быть возможны после разбиения:

$$\begin{aligned} \forall x \forall z | \exists (x, z) | & \left((\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle) \cap (\langle r_o^z \rangle, \langle l_p^z \rangle, \langle p_q^z \rangle) = 0 \Rightarrow \right. \\ \Rightarrow \exists (v, w) | & \left((\langle e_\alpha^{rv} \rangle, \langle e_\beta^{lv} \rangle, \langle e_\gamma^{pv} \rangle) \cap (\langle e_\delta^{rw} \rangle, \langle e_\varepsilon^{lw} \rangle, \langle e_\phi^{pw} \rangle) = 0 \right) \end{aligned} \quad (3)$$

где $(\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle); (\langle r_o^z \rangle, \langle l_p^z \rangle, \langle p_q^z \rangle)$ – маршруты передвижений на реальной схеме;

$(\langle e_\alpha^{rv} \rangle, \langle e_\beta^{lv} \rangle, \langle e_\gamma^{pv} \rangle); (\langle e_\delta^{rw} \rangle, \langle e_\varepsilon^{lw} \rangle, \langle e_\phi^{pw} \rangle)$ – маршруты передвижений на схеме;

x, z – номера передвижений на реальной схеме;

v, w – номера передвижений на схеме;

- все виды одновременно невозможных передвижений должны быть невозможны на схеме:

$$\begin{aligned} \forall x \forall z | \exists (x, z) | & \left((\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle) \cap (\langle r_o^z \rangle, \langle l_p^z \rangle, \langle p_q^z \rangle) \neq 0 \Rightarrow \right. \\ \Rightarrow \exists (v, w) | & \left((\langle e_\alpha^{rv} \rangle, \langle e_\beta^{lv} \rangle, \langle e_\gamma^{pv} \rangle) \cap (\langle e_\delta^{rw} \rangle, \langle e_\varepsilon^{lw} \rangle, \langle e_\phi^{pw} \rangle) \neq 0 \right) \end{aligned} \quad (4)$$

где $(\langle r_j^x \rangle, \langle l_k^x \rangle, \langle p_i^x \rangle); (\langle r_o^z \rangle, \langle l_p^z \rangle, \langle p_q^z \rangle)$ – маршруты передвижений на реальной схеме;

$(\langle e_\alpha^{rv} \rangle, \langle e_\beta^{lv} \rangle, \langle e_\gamma^{pv} \rangle); (\langle e_\delta^{rw} \rangle, \langle e_\varepsilon^{lw} \rangle, \langle e_\phi^{pw} \rangle)$ – маршруты передвижений на схеме

в виде элементов;

x, z – номера передвижений на реальной схеме;

v, w – номера передвижений на схеме в виде элементов;

обычно начальные и конечные пути либо в таблице, либо курсором на схеме станции. А чаще просто указывает парки. Мультипликатор строит все возможные маршруты с каждого пути на каждый, переписывает все участвующие элементы (пути, стрелки, горки, терминалы) с параметрами их использования.

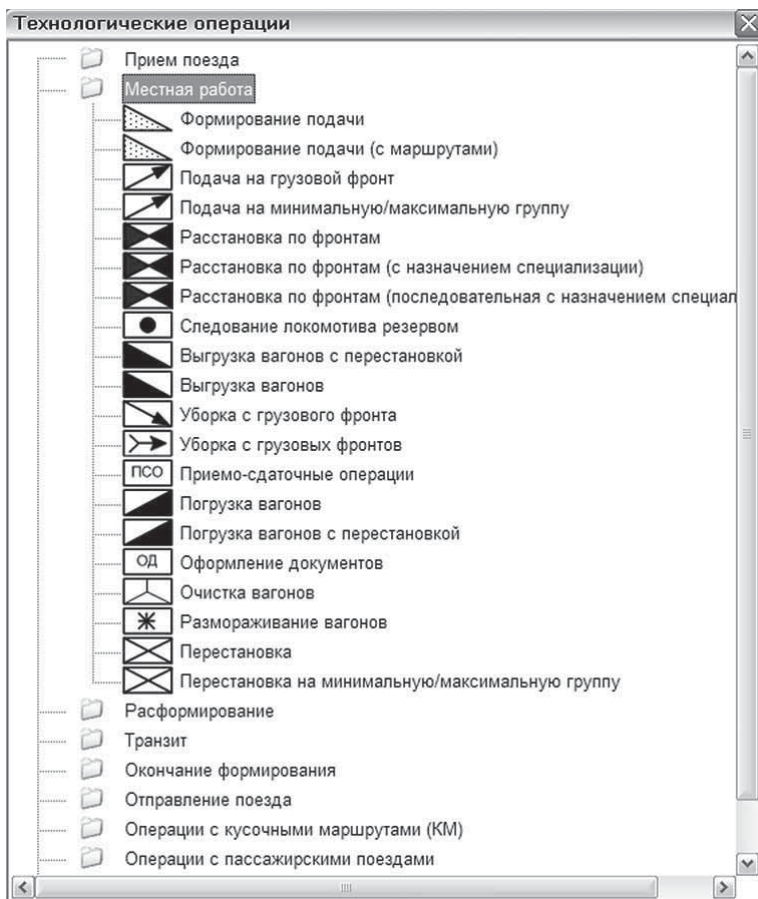


Рис.7. Набор возможных операций

Система ИСТРА выдаёт исчерпывающий набор количественных и качественных показателей, детально характеризующих проектное решение. В том числе на активной, расцветченной схеме путевого развития техноло-

гическое использование структурных элементов (рис.8) и вызываемые ими задержки (рис.9).

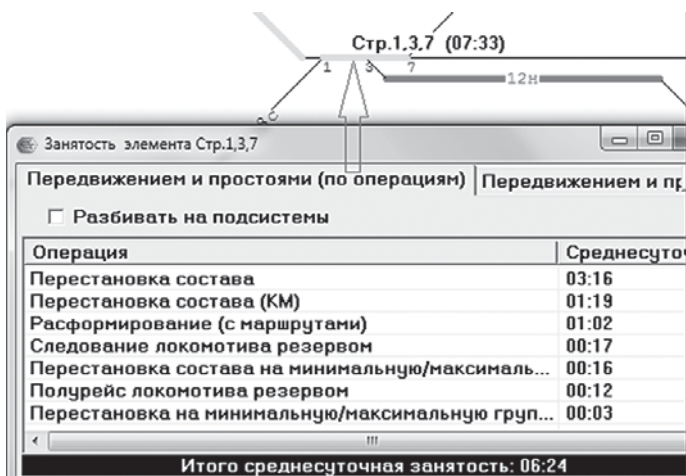


Рис.8. Использование структурного элемента в операциях

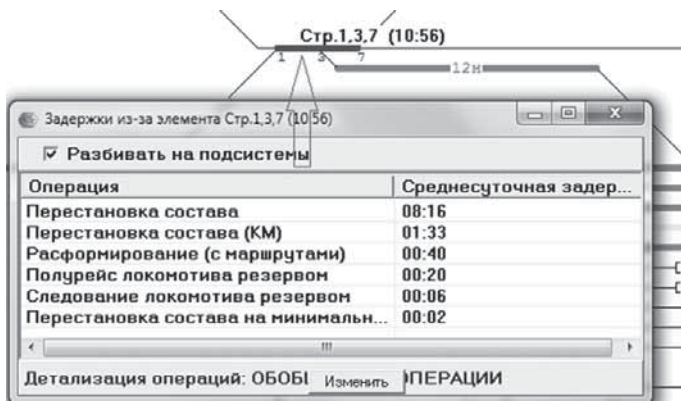


Рис.9. Задержки в операциях из-за конкретного элемента

Использование современных имитационных систем позволит существенно повысить качество проектных решений в области развития транспортной инфраструктуры. Поэтому процедуру имитационной экспертизы должны

проходить все крупные проекты. Для этого необходимо её утверждение на государственном или, по крайней мере, на отраслевом уровне. Реализация такой задачи утверждена в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года [2]:

«проведение имитационной экспертизы инвестиционных проектов развития транспортной инфраструктуры (в особенности крупных транспортных узлов), создание имитационных систем, разработка динамических моделей транспортных потоков, комплексное исследование на моделях функционирования проектируемых транспортных объектов с выдачей их реальной пропускной способности, «узких мест» и показателей работы».

Литература

1. Козлов П.А. Универсальная имитационная система транспорта «ИСТРА» // Межвуз. сб. Организация работы транспорта промышленных предприятий. – Калинин: КГУ, 1984. – С. 3–8.
2. Осокин О.В. Автоматизация расчёта транспортных объектов методом имитационного моделирования на основе системы ИСТРА-САПР // Общие вопросы транспорта. Моделирование и оптимизация в логистических транспортных системах: сб. науч. трудов: под науч. ред. Е.Н. Тимухиной. – вып. 89 (172). – Екатеринбург: УрГУПС, 2011. – С. 169–177.
3. Колокольников В.С. Построение имитационных моделей в автоматизированных системах // Инновации и исследования в транспортном комплексе : Материалы первой межд. науч.-практ. конф. – Курган, 2013. – С. 333–336.

*Комплексные системы
управления и обеспечения
безопасности
движения поездов*

Шухина Е.Е., Озеров А.В., Константинов С.Г., Коровин А.С.

Новые решения по организации интервального регулирования движения поездов на участке Сочи – Адлер – Красная Поляна

Ключевые слова:

безопасность движения, автоматизация управления перевозочного процесса, график движения, бортовая система, интервальное регулирование, автоведение.

В период подготовки к проведению Олимпийских игр в Сочи перед ОАО «РЖД» как Генеральным партнером XXII Олимпийских и XI Паралимпийских зимних игр 2014 года стояли ответственные задачи – создание комплексных и доступных транспортных коммуникаций в условиях горного ландшафта Сочи, а также обеспечение высокого уровня обслуживания нестандартных маршрутов передвижения во время проведения Олимпиады.

Наряду с другими организациями ОАО «РЖД» ОАО «НИИАС» участвовал в решении указанных задач, включая задачи по обеспечению необходимого уровня безопасности, а также по автоматизации процесса диспетчерского управления движением поездов на участке Сочи – Адлер – Красная Поляна Северо-Кавказской железной дороги.



Рис. 1. Маршрут движения поездов в период проведения Олимпиады

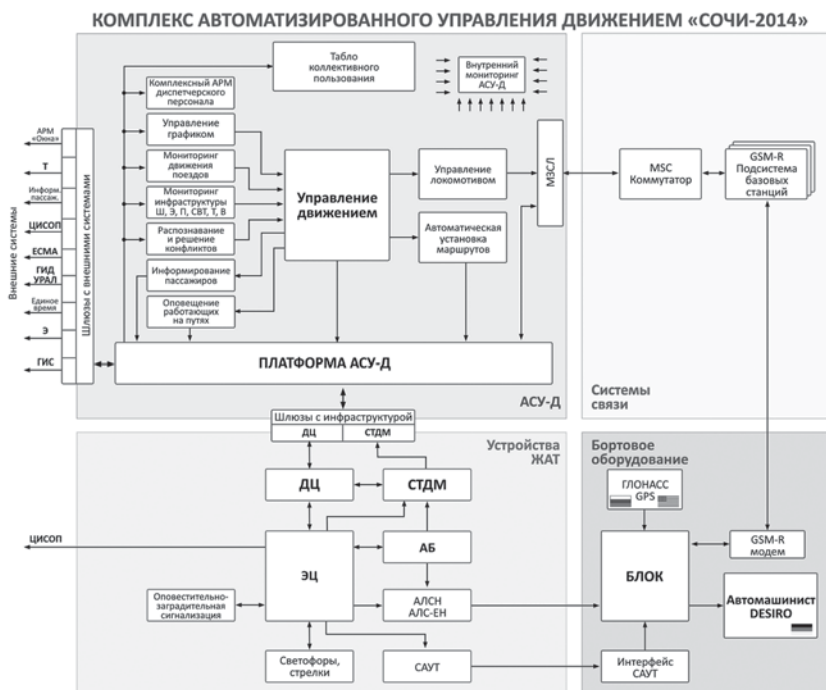


Рис. 2. Схема автоматизированного управления движением поездов

Так, ОАО «НИИАС» были разработаны новые технические решения, которые позволяют повысить безопасность движения поездов при проследовании участков пути со сложным профилем, а также обеспечить другой информацией, позволяющей улучшить восприятие машинистом текущей поездной ситуации. Одновременно с этим решается целый ряд задач, связанных с обеспечением услуг по перевозке участников и гостей Олимпиады новыми электропоездами «Ласточка»:

- выполнение требований Международного олимпийского комитета в части обеспечения перевозки заданного количества пассажиров железнодорожным транспортом во время проведения Олимпийских игр 2014 г;
- выполнение плановых графиков движения поездов;

- обеспечение необходимого уровня оперативности и качества диспетчерского управления, необходимого для перевозки заданного количества пассажиров железнодорожным транспортом и выполнения плановых графиков движения поездов.

Для обеспечения безопасности движения электропоезда «Ласточка», обращающиеся на участке Сочи – Адлер – Красная Поляна, оборудуются новой бортовой системой БЛОК, которая создана ОАО «НИИАС» и ООО «НПО САУТ» при участии ЗАО «НЕЙРОКОМ» и функционально обеспечивает решение всех тех задач, которые ранее решались устройствами КЛУБ, САУТ, ТСКБМ.

При этом реализованы новые функции, которые обеспечивают повышение помехоустойчивости системы БЛОК, сокращение количества сбоев при обработке сигналов АЛС/АЛС-ЕН и, в связи с этим, сокращение числа вызванных этими сбоями задержек поездов за счет реализации дополнительного канала приема и обработки данных, содержащих сведения о путевой обстановке, от путевых устройств САУТ-ЦМ/НСП.



Рис. 3. Отображение на мониторе информации о поездной ситуации с учетом номера таблицы АЛС-ЕН и наличия двухпутной вставки

В стрелочной выходной горловине станций Адлер и Олимпийский парк, а также за входными и выходными светофорами разъездов (двухпутных вставок) установлены путевые устройства САУТ-ЦМ/НСП, которые реализуют

формирование и передачу данных о текущем местоположении, о маршруте следования и свободности пути впереди поезда. При этом реализуется функция повышения достоверности определения и корректировки местоположения поезда, за счет информации о номере блок-участка и номере перегона, получаемой из канала АЛС-ЕН и от путевых устройств САУТ-ЦМ/НСП.

Усовершенствованная таблица сигнализации многозначной АЛС-ЕН обеспечивает локомотивные устройства информацией о количестве свободных впередилежащих блок-участков, положении стрелочных переводов и номере блок-участка, на котором находится локомотив. Кодовая комбинация АЛС-ЕН определяет номер блок-участка на перегоне, станции.



Рис. 4. Отображение на мониторе данных о профиле пути

Номер блок-участка на конкретном пути перегона или станции является уникальным и не повторяется. Смена номера кодовой комбинации является признаком проследования границы блок-участка на перегоне или входного, выходного светофора на станции. Номер перегона определяется по уникальному на участке номеру генератора САУТ-ЦМ/НСП.

Номер синхрогруппы АЛС-ЕН определяет количество свободных впередилежащих блок-участков (не более пяти) и направление движения по стрелке (по прямому или по отклонению), если таковые находятся на впередилежащих блок-участках.

Для обеспечения безопасности движения контролируется расстояние перед поездом, равное или превышающее тормозной путь поезда с максимальной допустимой скоростью, принятой на участке как 120 км/час. Исходя из значений тормозного пути, ЭП «Ласточка» контролируется пять впереди лежащих блок-участков.

Ячейка электронной карты формирует информацию о профиле пути (координату уклона, значение уклона, направление движения, знак уклона и длину уклона) и расположении двухпутной вставки.

Путевые устройства САУТ-ЦМ/НСП формируют в рельсовой цепи сигнальный ток с информацией о номере перегона, номере путевого генератора, о текущем и предстоящем маршруте следования поезда, количестве свободных блок-участков впереди поезда.

Аппаратура БЛОК на ЭП «Ласточка» получает через приемные катушки от путевых устройств САУТ-ЦМ/НСП сигнальный ток, осуществляет дешифрацию и проверку достоверности принятой информации, затем путем сравнения полученных данных и данных АЛС-ЕН с данными электронной карты осуществляет уточнение местоположения поезда. При необходимости осуществляется переключение пути (маршрута) в электронной карте. Аппаратура БЛОК определяет максимальное разрешенное безопасное расстояние для движения поезда и на основе вычисленного значения непрерывно в процессе движения вычисляет максимальную допустимую скорость движения с учетом тормозного пути поезда, которую использует в алгоритмах в случае временного или постоянного отсутствия информации в канале АЛС-ЕН.

Важное место в обеспечении безопасности движения занимает решение вопроса человеко-машинного взаимодействия – человека и системы, которое осуществляется через устройства индикации и управления – интерфейс, который обеспечивает связь между человеком и машиной или целой системой. Задачей такого интерфейса является эффективное и структурированное отображение информации на дисплее, удобное для человеческого восприятия и привлечения к наиболее важным факторам. Такой подход был

в полной мере реализован в блоке индикации электропоезда, оснащенного новыми устройствами безопасности и автоведения.



Рис. 5. Монитор с информацией от АСУ-Д
и о поездной ситуации на двухпутной вставке

Для решения задач по выполнению плановых графиков движения ЭП «Ласточка» оборудуется бортовым агентом АСУ-Д, который выдает в аппаратуру БЛОК через шлюз MVB следующую информацию для отображения ее на мониторе:

- параметры временного ограничения скорости;
- координату остановки у пикета;
- текстовые сообщения для машиниста;
- информацию о наличии связи с АСУ-Д;
- график движения;
- время опоздания локомотива от графика;
- информацию о поездной ситуации на двухпутной вставке.

Бортовой агент АСУ-Д передает следующие параметры временного ограничения скорости:

- координата начала ограничения скорости;
- координата конца ограничения скорости;

- значение ограничения скорости;
- время начала ограничения скорости;
- время конца ограничения скорости.

В соответствии техническими решениями при работе в штатном режиме используется нормативный график движения. При обнаружении конфликта на управляемом железнодорожном участке поезному диспетчеру предлагается для использования один из заранее рассчитанных вариантных графиков, предусмотренных для работы в условиях обнаруженного конфликта. При обнаружении конфликта, для которого отсутствует заранее рассчитанный вариантный график, или комбинации нескольких конфликтов АСУ-Д оперативно рассчитывает прогнозный график и предлагает его диспетчеру железнодорожного участка.

Система автоведения компании «Сименс» взаимодействует с АСУ-Д через устройство БЛОК. При изменении на железнодорожном участке графика движения поездов АСУ-Д передаёт на поезда информацию об этом изменении. Система автоведения получает эту информацию от системы БЛОК в виде корректировок времени по графику прохождения контрольных точек. Корректировки времени передаются из АСУ-Д в поезд по мере их формирования и в пределах технических возможностей используемой системы связи.

Это позволит в кратчайшие сроки создать аналогичные системы для высокоскоростных магистралей. Будет востребован этот богатый опыт участия в создании транспортной инфраструктуры и систем безопасности движения Олимпийского Сочи, где были применены самые передовые технологии, получившие еще на этапе проектирования высочайшие оценки экспертов. А триумфальное проведение Зимней Олимпиады поразило многочисленных спортсменов и зрителей не только количеством завоеванных медалей российской сборной, но и безукоризненной работой транспортной системы.

Батраев В.П., Маршов С.В.

Кабельная основа CAN-интерфейса

Ключевые слова:

кабель связи, характеристика кабелей, передача данных.

Базовые стандарты

Отечественной и зарубежной промышленностью выпускается огромное количество типов кабелей связи, которые используются для организации передачи данных [1–5]. Условно все выпускаемые кабели можно разделить на три большие группы:

- симметричные кабели с витыми проводными парами (*twisted pair*);
- коаксиальные кабели (*coaxial cable*);
- оптоволоконные кабели (*fiber optic*).

Тип кабеля связи, особенности его конструкции, электрические характеристики и топология прокладки имеют решающее значение для обеспечения условий надежной передачи информации для любых проводных телекоммуникационных систем, к одной из разновидностей которых с полным основанием можно отнести и локальную сеть передачи данных CAN-шину в системах железнодорожной автоматики. Особенности применения оптоволоконных кабелей в данной работе не рассматриваются, хотя перспективность использования таких кабелей не вызывает сомнения, особенно при работе сети связи в тяжелой электромагнитной обстановке с высоким уровнем импульсных и сосредоточенных помех. Кабели на витых парах характеризуются существенно меньшими потерями сигнала при передаче на высоких частотах и меньшей чувствительностью к электромагнитным помехам по сравнению с коаксиальными кабелями. В силу этого сеть связи для передачи данных между распределенными блоками оборудования на данном эта-

пе построения систем разработки ОАО «НИИАС» организуется с помощью симметричных экранированных проводных кабелей. Кабели имеют множество исполнений, коммутация осуществляется разъемами типа СНЦ23-10/22В(22Р)-6-6-В.

Наиболее обстоятельно результаты многочисленных попыток унификации технических решений и требований к кабельной основе системы телекоммуникации в свое время были закреплены в рамках обязательных понятий структурированной кабельной системы (СКС) для зданий и офисов американским стандартом TIA/EIA-568A (*Commercial Building Telecommunications Cabling Standard*) [6]. Окончательная редакция стандарта была принята в 1995 году и заменила все действовавшие ранее фирменные стандарты и технические бюллетени, включая TSB-36/40/40A, где устанавливались правила распыйки жил кабеля и цоколевка соединительных разъемов. Параллельно с TIA/EIA работу над стандартизацией СКС вели Международная организация по стандартизации (ISO), Международная электротехническая комиссия (IEC) и европейская организация по стандартизации CENELEC. Разработанные этими организациями документы представлены в табл.1, близки по содержанию и не имеют существенных принципиальных отличий, как между собой, так и по отношению к TIA/EIA-568A.

Отсутствие аналогов для мобильных приложений вынуждает при построении сетей связи на подвижных объектах в большинстве случаев ориентироваться на эти же стандарты СКС, хотя и с учетом особенностей национальных требований к условиям монтажа, эксплуатации и администрирования кабельной сети. Поскольку работы по разработке отечественного стандарта кабельных телекоммуникационных систем еще не завершены, последующий материал базируется на известных положениях указанных зарубежных стандартов СКС (табл.2) как в части перечня элементной базы и предельно допустимых параметров отдельных компонентов, так и в терминологии и глубине освещения отдельных вопросов. Основными электрическими параметрами кабеля, которые представляют практический интерес и нормируются действующими редакциями стандартов, являются:

- сопротивление постоянному току;
- волновое сопротивление;
- затухание в рабочей полосе частот;
- переходное затухание или NEXT;
- относительная скорость распространения или NVP.

Таблица 1

Соответствие различных стандартов СКС

Наименование	Стандарты		
	Международные	Американские	Европейские
Общие характеристики кабельной системы	ISO/IEC 11801	TIA/EIA-568A	EN 50173
Планирование, инсталляция, администрирование	ISO/IEC 14763-1 ISO/IEC 14763-2	TIA/EIA-569 TIA/EIA-606 TIA/EIA-607	prEN 50174
Испытания	CD 14763-3 CD 14763-4	TSB-67	—
Прокладка кабеля	—	TIA/EIA-569A	—

Таблица 2

Основные отличия стандартов СКС

№	Характеристика	Стандарты		
		ISO/IEC 11801	EN 50173	TIA/EIA 568-A
1	Тип витой пары	UTP, STP, FTP	UTP, STP, FTP	UTP, STP
2	Кабель с волновым сопротивлением 120 Ом	допускается	допускается	не допускается
3	Число витых пар в кабеле, шт	2 или 4	2 или 4	4
4	Диаметр проводника витой пары, мм	0,40 – 0,65	0,40 – 0,60	0,511 – 0,643
5	Диаметр изоляции проводника витой пары, мм	≤1,4	≤1,4	≤1,22
6	Экран разъема	+	+	–
7	Категория кабеля	3 ; 4; 5; (6, 7)	3 и 5	3; 4 и 5
8	Диапазон рабочих частот, МГц	1–16;20;100; >250	1–16 и 100	1–16;20 и100
9	Допустимое затухание , дБ/100 м	3–10; 15; 24; >36	3–10 и 24	3–10;15 и 24

10	Относительная скорость (NVP) распространения сигнала, %	40–60; 60; 65; (-)	40–60 и 65	58
11	Разброс задержек витых пар, нс/м	3,5 – 4,5	4,3 – 4,5	—

Типы и категории симметричных кабелей

В общем случае симметричный кабель состоит из двух или более пар скрученных между собой изолированных медных проводов, размещенных в единой пластиковой оболочке (рис. 1). В зависимости от наличия или отсутствия экрана различают несколько типов симметричных кабелей:

- кабель UTP (*unshielded twisted pair*) с незащищенными витыми парами, каждая из которых не имеет индивидуального экрана;
- кабель FTP (*foiled twisted pair*), который имеет общий экран из фольги, однако у каждой витой пары нет индивидуального защитного экрана;
- кабель STP (*shielded twisted pair*) с защищенными витыми парами, каждая из которых имеет индивидуальный экран;
- экранированный кабель ScTP (*screened twisted pair*), который может как иметь, так и не иметь экранирование отдельных пар.



Рис. 1. Кабель с витыми парами

Достоинством неэкранированных UTP кабелей по сравнению с экранированными кабелями является их дешевизна, простота монтажа разъемов и последующего ремонта любых повреждений. В свою очередь, экранировка существенно уменьшает излучение кабеля, а также защищает его от внешних электромагнитных помех и взаимного влияние разных пар проводов друг на друга. Вместе с тем, наличие только одного внешнего экрана вызывает рост перекрестных наводок из-за внутренних отражений от экрана до 10–20%, а индивидуальное экранирование пары увеличивает емкость между экраном и

проводами этой пары примерно на 30%, что приводит к росту затухания сигнала и снижению предельной скорости передачи и дальности связи. Кроме того, кабели STP, FTP и ScTP существенно дороже кабелей UTP, требуют обоснованных схем заземления и применения специальных экранированных разъемов, без которых применение этих экранированных кабелей неоправдано.

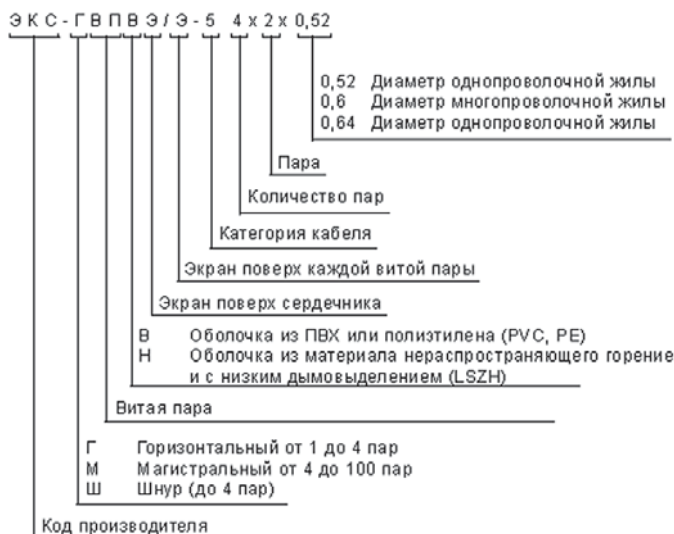
Существуют пять категорий UTP кабелей на основе неэкранированной витой пары, причем кабели категорий 1 и 2 стандарт EIA/TIA-568 не разделяет:

- **Кабель категории 1** – это обычный телефонный кабель (пары проводов не витые), по которому можно передавать только речь, но не данные. Данный тип кабеля допускает большой разброс параметров (волнового сопротивления, полосы пропускания, перекрестных наводок).
- **Кабель категории 2** – это кабель из витых пар для передачи данных в полосе частот до 1,0 МГц, кабель не тестируется на уровень перекрестных наводок. В настоящее время он используется очень редко.
- **Кабель категории 3** – это кабель для передачи данных в полосе частот до 16 МГц, состоящий из витых пар с шагом скрутки 90–100 мм/м. Кабель тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Это самый простой тип кабелей, имеющий наибольшее распространение и рекомендованный стандартом для локальных сетей.
- **Кабель категории 4** – это кабель, передающий данные в полосе частот до 20 МГц. Был разработан для сетей стандарта IEEE 802.5, тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Используется редко, так как не слишком заметно отличается от категории 3 и рекомендуется к замене на кабель категории 5.
- **Кабель категории 5** – самый совершенный кабель в настоящее время, рассчитанный на передачу данных в полосе частот до 100 МГц. Состоит из витых пар, имеющих шаг не более 37 мм/м, тестируется на все параметры и имеет волновое сопротивление 100 Ом. Рекомендуется применять его в современных высокоскоростных сетях типа Fast Ethernet и TPFDDI.

- **Кабель категории 6** – перспективный тип кабеля для передачи данных в полосе частот до 200 МГц.
- **Кабель категории 7** – перспективный тип кабеля для передачи данных в полосе частот до 600 МГц.

Технические требования к характеристикам кабелей

Согласно стандарту EIA/TIA-568 активное сопротивление любого сплошного проводника соединительной цепи длиной 1000 футов (305 м) при температуре окружающей среды 20°C не должно превышать 28,61 Ом, емкость пары проводов для кабеля категории 3 не более 0,02 мкФ, а для кабелей категорий 4 и 5 – до 0,017 мкФ. При этом полное волновое сопротивление наиболее совершенных кабелей категорий 3, 4 и 5 должно составлять 100 Ом $\pm$ 15% в частотном диапазоне от частоты 1,0 МГц до максимальной частоты кабеля. Волновое сопротивление экранированной витой пары STP должно быть равно 150 Ом $\pm$ 15%, хотя допускается применение экранированной витой пары с сопротивлением 100 Ом. В случае существенного несовпадения импедансов кабеля и оборудования должны применяться согласующие трансформаторы (*Balun*). Ниже приводится порядок маркировки отечественных медных кабелей для СКС:



Стандартами ограничивается максимальное затухание (attenuation) сигнала, передаваемого по кабелю на разных частотах. В табл.3 приведены предельные значения затухания для кабелей категорий 3, 4 и 5, которыми следует руководствоваться при проектировании даже короткой сети связи из-за высоких требований к пороговым характеристикам приемников сигнала и допустимому уровню действующих помех. Международный стандарт ISO/IEC 11801 в редакции 2000 года дает практически те же самые значения допустимого затухания с отступлением в сторону увеличения на 0,1–0,2 дБ на отдельных частотах.

Стандарт характеризует помеху от влияния проводов соседних витых пар на ближнем конце уровнем NEXT (*near end crosstalk*) перекрестной наводки. Для нормируемой частоты 0,772 МГц уровень наводки на ближнем конце NEXT (0,772) составляет: для кабелей категории 3 минус 43 дБ, для кабелей категории 4 минус 58 дБ, для категории 5 минус 64 дБ. В табл. 5 представлены значения допустимой перекрестной наводки на ближнем конце для кабелей категорий 3, 4 и 5, рассчитанной по формуле

$$NEXT(f) = NEXT(0,772) - 15 \cdot \lg(f / 0,772), \text{ дБ} \quad (1)$$

где f – частота сигнала в МГц.

Таблица 3

Максимальное затухание UTP кабелей по EIA/TIA-568

Частота, МГц	Максимальное затухание кабеля длиной 1000 футов, дБ		
	Категория 3	Категория 4	Категория 5
0,064	2,8	2,3	2,2
0,256	4,0	3,4	3,2
0,512	5,6	4,6	4,5
0,772	6,8	5,7	5,5
1,0	7,8	6,5	6,3
4,0	17	13	13
8,0	26	19	18
10,0	30	22	20
16,0	40	27	25
20,0	—	31	28
25,0	—	—	32
31,25	—	—	36
62,5	—	—	52
100	—	—	67

Таблица 4

Допустимые уровни перекрестных наводок УТР кабелей

Частота, МГц	Перекрестная наводка на ближнем конце, дБ		
	Категория 3	Категория 4	Категория 5
0,150	53	68	74
0,772	43	58	64
1,0	41	56	62
4,0	32	47	53
8,0	27	42	48
10,0	26	41	47
16,0	23	38	44
20,0	—	36	42
25,0	—	—	41
31,25	—	—	39
62,5	—	—	35
100,0	—	—	32

Некачественный монтаж и погрешности подключения разъемов к витым парам оказывают заметное влияние на NEXT, уменьшая показатель затухания иногда на 6–10 дБ в соответствии с табл. 5.

Таблица 5

Влияние качества монтажа на рабочие характеристики
кабельного канала связи

№	Тип воздействия	Ухудшение NEXT, дБ
1	Развитие пар кабеля на 12 мм	1,5
2	Развитие пар кабеля на 50 мм	3,8
3	Скручивание кабеля с радиусом изгиба 35 мм	1,9
4	Скручивание кабеля с радиусом изгиба 12 мм	2,1
5	Излом кабеля	2,4

В разработках ОАО «НИИАС» в основном используются неспециализированные кабели заводов-изготовителей: для систем КЛУБ-У (УП) «самодельные» кабели производства ИРЗ, для системы АБТЦ-МШ аналогичные по характеристикам кабели производства НПК ЭЛАРА. В ходе измерения кабелей производства ИРЗ, в частности, было установлено [8], что, несмотря на нали-

чие ряда критических замечаний к их характеристикам, основные параметры экранированных витых пар этих кабелей при $Z_b \approx 100$ Ом приближаются к требованиям ТИА/EIA 568-A, а по показателю $NVP_{\%} \geq 70\%$ – даже несколько лучше норм EN 50173, установленных CENELEC (см. табл.2). При этом зависимость временной задержки от длины линии связи через нормируемый показатель NVP и первичные параметры витой пары определится в виде:

$$T_{\text{лин}} = \frac{L_{\text{лин}}}{0,01 \cdot NVP_{\%} \cdot c} = L_{\text{лин}} \cdot t_p, \quad (2)$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света ;

$t_p = \sqrt{L_O \cdot C_O}$ – собственное время распространения сигнала для линии единичной длины ;

L_O, C_O – погонные индуктивность и емкость проводов витой пары.

Это дает основание ожидать, что в пределах физической длины в 50–100 метров даже на таком типе кабеля имеется реальная возможность обеспечить скорость передачи информации до 200 – 300 Кбит/с, поскольку основную долю будут вносить аппаратные задержки приемо-передатчика и микроконтроллера CAN-интерфейса. Применительно к обсуждаемой задаче повышения скорости передачи предельная длина согласованной линии по критерию допустимого времени распространения сигнала по тракту получим в виде [8]

$$L_{\text{лин. макс}} \leq \frac{c}{2\sqrt{\varepsilon}} \left(\frac{0,85...0,9}{B} - T_{an} \right), \quad (3)$$

где $T_{an} \approx (280...425) \cdot 10^{-9}$ с – аппаратные задержки;

B – бит/с, скорость передачи символов ;

ε – диэлектрическая проницаемость материала изоляции проводов витой пары.

Электрические свойства витой пары, как и любой другой направляющей системы электромагнитных колебаний, полностью характеризуются ее первичными параметрами: сопротивлением R_0 и индуктивностью L_0 прово-

дников, емкостью C_0 и проводимостью G изоляции. Конкретные значения первичных параметров зависят от конструкции кабеля и, в частности, от геометрии отдельных его компонентов, их взаимного расположения, материала проводников, изоляции и внешних покровов и частоты сигнала. Таким образом, каждый из компонентов может быть легко рассчитан по известным формулам, приводимым в технической литературе и справочниках [7 – 9] или определен экспериментально и, тем самым, определит порог достижимой скорости передачи для конкретной сети.

Литература:

1. <http://www.teldor.com>.
2. <http://www.ruscable.ru>.
3. <http://www.spcable.ru>.
4. Парфенов Ю.А., Мирошников Д.Г. Цифровые сети доступа. Медные кабели и оборудование. // М.: Эко-Трендз, 2005.– 288 с.
5. Инженерно-технический справочник по электросвязи. Кабельные и воздушные линии связи. // М.: Связь, –1966.–671 с.
6. Семенов А.Б., Стрижаков С.К., Сунчелей И.Р. Структурированные кабельные системы // М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2004.–640 +16 с.
7. Виноградов В.В., Кустышев С.Е., Прокофьев В.А. Линии железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. // М.: Издательство «Маршрут», 2002.–416 с.
8. Батраев В.П., Маршов С.В., Елагин А.Ю. CAN- интерфейс для передачи информации в системе КЛУБ-У. // Автоматика, связь, информатика, № 1–2, 2008.
9. Гроднев И.И., Курбатов Н.Д. Линейные сооружения связи. // М.: Связь, –1968.–531 с.

Батраев В.П., Батраев В.В.

Оценка характеристик импульсного сигнала при передаче по цепям с распределенными и сосредоточенными параметрами

Ключевые слова:

железнодорожная автоматика, временные характеристики, электрические параметры, импульсный сигнал

В системе АБТЦ-МШ формирование сигналов для тональных рельсовых цепей и организация дистанционного электропитания периферийной аппаратуры системы, размещаемой вдоль перегона, реализуется с помощью устройств работающих в импульсном режиме. В качестве первых широко используются усилители класса D с ШИМ-модулятором, в качестве вторых – высоковольтные импульсные преобразователи постоянного напряжения 200 В в напряжение 600 В производства НПК «Элара». Оба типа устройств предназначены для круглосуточной работы и передачи своих сигналов по кабельным линиям СЦБ на расстояние до 12 км в условиях меняющихся нагрузок.

Вместе с тем, ввиду отсутствия альтернативных общепромышленных образцов аппаратуры подобного типа, а так же из-за наличия ряда дополнительных эксклюзивных требований, которым должны удовлетворять изделия железнодорожной автоматики, ОАО НИИАС и производитель продолжают интенсивный анализ мер по повышению качественных характеристик используемых формирователей импульсных сигналов, мощности которых достигают многих сотен ватт.

Одними из основных компонентов устройств импульсного преобразования сигналов являются разнообразные трансформаторы и дроссели, расчет и разработка которых на практике часто затруднены в силу недостаточного учета паразитных параметров и особенностей работы этих электромагнит-

ных систем при несимметричном подмагничивании сердечника. Как следствие в итоге возникают трудности по обеспечению стабильных временных и амплитудных характеристик импульсов, согласованию составных частей и узлов устройства при изменении характера и величины нагрузок, доли нелинейных искажений сигналов в диапазоне рабочих частот и уровню помехоэмиссии за его пределами, температурному режиму и т.д. В качестве примера на рис.1 представлена осциллограмма выходного импульса трансформатора обратногоходового преобразователя с характерными искажениями, которые обусловлены некоторыми из перечисленных выше причин.



Рис.1. Искажения импульса обратногоходового преобразователя

Известен ряд публикаций по данной тематике [1–6], в том числе рекомендации по учету влияния изменяющихся параметров импульсных преобразователей и трансформаторов [7–9], методам их машинного и аналитического расчета [10–13]. На практике же конечный результат часто достигается в ходе итерационного цикла, что занимает большое количество времени, а полученное решение может не только иметь существенную погрешность, но и может быть несостоятельным в случае изменения условий работы проектируемого оборудования. Данное обстоятельство характеризует как актуальность затронутой темы, так и целесообразность разработки методик для инженерных

расчетов импульсных трансформаторов и дросселей на основе сознательно вводимых, но теоретически обоснованных критериев и ограничений.

Временные характеристики и форму импульса удобно определить на основании анализа эквивалентной схемы электромагнитной системы в соответствии с исследуемым частотным диапазоном работы изделия. Известные схемы замещения трансформатора представлены на рис.2, где Z_i , Z_H – внутреннее сопротивление источника ЭДС и приведенное к первичной обмотке сопротивление нагрузки, r_1 , L_1 – активное сопротивление и индуктивность первичной обмотки, r_{Π} – сопротивление потерь изоляции и сердечника, r_2^* , L_s , C_o^* – приведенные к первичной обмотке активное сопротивление, индуктивность рассеяния, собственная емкость трансформатора и емкость нагрузки [1].

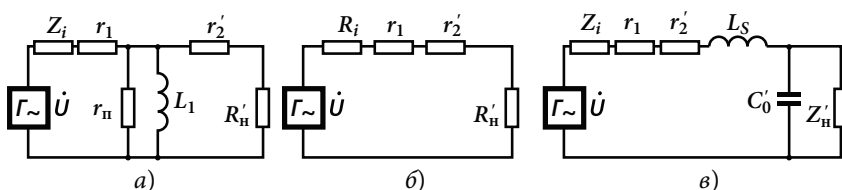


Рис.2. Схемы замещения трансформатора
для различных участков частотного диапазона :

а) – для нижних частот; б) – для средних частот; в) – для высших частот.

Учет потерь в результате магнитных процессов в сердечнике требует отдельного рассмотрения и на данном этапе анализ характеристик импульса выполним только по электрическим параметрам цепи второго порядка (рис.1-в), функция передачи которой в операторной форме будет иметь вид [14, 15]

$$\frac{U_2(p)}{U_1(p)} = \left(p^2 \cdot L_s \cdot C_o^* + p \cdot \left(Z_2 \cdot C_o^* + \frac{L_s}{Z_H} \right) + \frac{Z_2}{Z_H} + 1 \right)^{-1}, \quad (1)$$

где $Z_i = Z_i + r_1 + r_2^*$ – общий импеданс со стороны источника, как генератора сигнала.

Решение найдем через определение значения нулей и полюсов функции, как корней квадратного уравнения, определяющих характер переходного процесса.

$$p^2 \cdot A + pB + C = 0 \quad (2)$$

Если выполнить замену переменной согласно теореме подобия преобразований Лапласа,

$$F(q) = F(pb) = \frac{1}{b} F\left(\frac{t}{b}\right) \quad \text{при} \quad b = \sqrt{A/C}, \quad (3)$$

то обобщенное выражение функции передачи при воздействующем сигнале может быть сведено к стандартному изображению:

$$\frac{U_2(q)}{U_1(q)} = \left[C \cdot (q^2 + 2 \cdot q \cdot a + 1) \right]^{-1}, \quad (4)$$

$$\text{где } a = B \cdot (2 \cdot \sqrt{AC})^{-1} - \text{коэф. затухания переходного процесса}; \quad (5)$$

$$T = t \cdot \sqrt{C/A} - \text{новая переменная во временной области}. \quad (6)$$

Задавая входное воздействие в виде ступенчатой ЭДС и проведя соответствующие преобразования, получим следующее изображение функции выходного напряжения:

$$U_2(q) = \left[q_0 (q - q_1) (q - q_2) \right]^{-1} \quad (7)$$

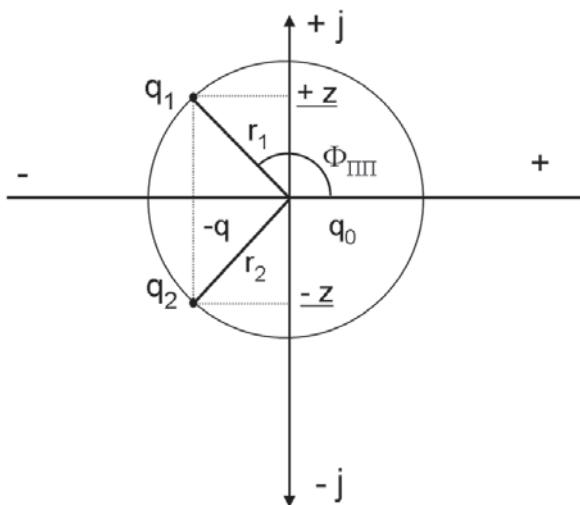
Нулей у данной функции нет, а полюсами являются корни уравнения:

$$q_0 = 0; \quad q_{1,2} = -a \pm \sqrt{a^2 - 1}$$

При $a < 1$ положение полюсов на комплексной плоскости соответствует рис.3, а оригинал отображает колебательный процесс, который затухает по экспоненте [15]

$$U_2(T) = 1 + \frac{e^{-aT}}{z \cdot r} \sin(zT - \Phi_{\text{пп}}), \quad (8)$$

где $q_{1,2} = -a \pm jz$ – комплексно-сопряженные корни при $z = \sqrt{1 - a^2}$;
 $r = r_1^2$ – произведение расстояний от полюса q_0 до полюса q_1 и обратно.

Рис.3. Годограф функции на комплексной плоскости при $a < 1$

Используя формулы приведения, сложения и преобразования тригонометрических функций, получим

$$\sin(zT - \Phi_{..}) = -\left(\frac{a}{r_1} \sin zT + \frac{z}{r_1} \cos zT\right),$$

а учитывая, что радиус $r_1 = 1$, окончательно имеем

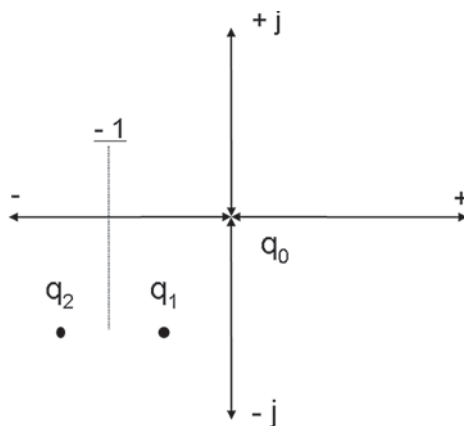
$$U_2(T) = 1 - e^{-aT} \left(\frac{a}{\sqrt{1-a^2}} \sin \sqrt{1-a^2} \cdot T + \cos \sqrt{1-a^2} \cdot T \right). \quad (9)$$

При $a > 1$ положение полюсов на комплексной плоскости соответствует рис.4, а оригинал отображает аperiodический затухающий процесс

$$U_2(T) = 1 + \frac{e^{q_1 T}}{(r_{01}) \cdot (-r_{21})} + \frac{e^{q_2 T}}{(r_{02}) \cdot (r_{12})},$$

где $q_{1,2} = -a \pm z$ действительные корни при $z = \sqrt{a^2 - 1}$;

$(r_{ik}) \cdot (r_{jk})$ – произведение расстояний от каждого i и j полюса до исследуемого k -полюса, причем $(r_{01}) \cdot (r_{-21}) = q_1 \cdot (q_1 - q_2)$; $(r_{02}) \cdot (r_{12}) = q_2 \cdot (q_2 - q_1)$

Рис.4. Положение полюсов при $a > 1$

Используя свойства гиперболических функций, после преобразований получим

$$U_2(T) = 1 - e^{-aT} \left(\frac{a}{\sqrt{a^2 - 1}} \operatorname{Sh} \sqrt{a^2 - 1} \cdot T + \operatorname{Ch} \sqrt{a^2 - 1} \cdot T \right). \quad (10)$$

Следует отметить, что поскольку формулы (9) и (10) описывают один и тот же процесс, то они применимы для любых значений коэффициента затухания, но наиболее простые вычисления могут быть получены при указанных выше ограничениях.

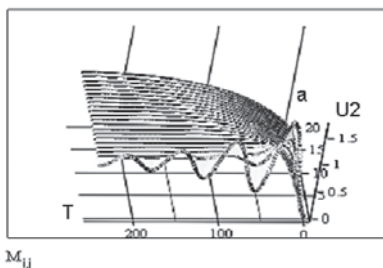


Рис.5. Поле зависимостей процессов установления амплитуды импульса

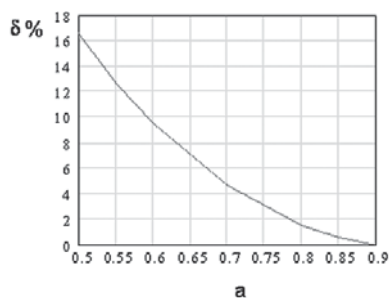


Рис.6. Выброс амплитуды импульса от величины коэффициента затухания

Решения при $1 \leq a \leq 1$ являются точными для любых цепей второго порядка с сосредоточенными параметрами, на величины которых никакие ограничения не были наложены. Это позволяет распространить полученные результаты и на анализ переходных процессов при передаче импульсов по элементам *искусственных формирующих цепей и линий задержки*, для которых еще допустимо представление распределенных параметров в виде сосредоточенных [15,16]. На рис.5 и рис.6 приведены графики поля зависимостей установления амплитуды импульса и величины выброса амплитуды.

Очевидно, что цепи более высокого порядка могут иметь и более сложный колебательный процесс за время установления амплитуды импульса. Качественный анализ цепи третьего порядка показал [17] наличие дополнительного колебания по переднему фронту импульса, однако полученные трансцендентные уравнения исключили возможность установления однозначных зависимостей частоты, уровня и характера изменения процесса от соотношения параметров элементов цепи. Тем не менее, критической точкой возможности возникновения колебательного режима в цепи третьего порядка предлагается считать величину выброса до 4 % при предельном значении 10–15%, обычно допускаемых при построении импульсных преобразователей и систем авторегулирования с цепями второго порядка в качестве элементов обратной связи.

Оценку влияния степени согласования импедансов генератора, волнового сопротивления цепи и нагрузки на величину коэффициента затухания выполним подстановкой в (5) значений коэффициентов A , B , C из выражения (1):

$$a = \frac{0,5}{\sqrt{1+x}} \cdot \left(\rho + \frac{x}{\rho} \right), \quad (11)$$

где $x = Z_c / Z_H$; $\rho = Z_B / Z_H$ – коэффициенты согласования; график зависимости приведен на рис.7.

В сравнении с графиком рис.6 можно видеть, что даже при полном согласовании $x = \rho = 1$ выброс амплитуды имеет место, а его величина не менее 4,5%. Как следует из (11), например, для любого сочетания волнового сопро-

тивления цепи и нагрузки $\rho > 0$ существует строго определенное значение импеданса генератора сигнала, при котором величина выброса может быть минимизирована на заданном уровне, а для $\rho > 2$ колебания не возникают уже при любых значениях $x \geq 0,5$. Для практики это означает, что последовательные этапы конструктивной доработки и перемотки трансформатора с целью уменьшения выброса в ряде случаев могут быть заменены на упрощенный этап подбора величины сопротивления в цепи передачи. Это позволяет при известной частоте колебательного процесса достаточно просто определить значения коэффициентов x, ρ оценить добротность, величины паразитных параметров цепи и внести поправки в исходные расчетные соотношения применительно к данной схеме.

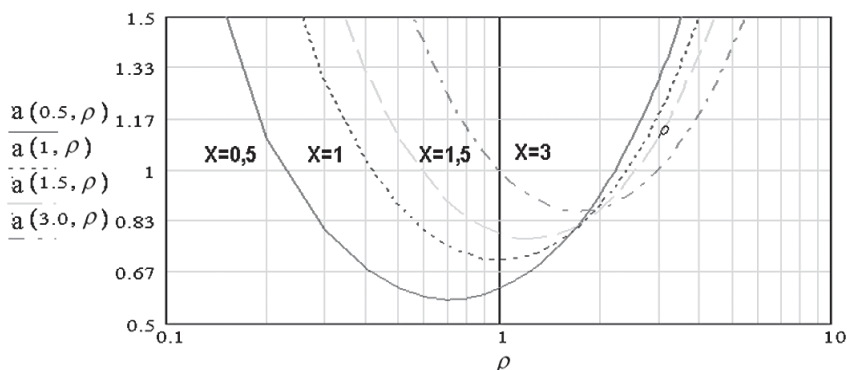


Рис.7. Зависимость коэффициента затухания от соотношений импедансов схемы

Длительность фронта импульса на интервале времени установления амплитуды от уровня 0,1 до 0,9 удобно определить по разности номеров столбцов матриц типа FALSE / TRUE $Q_{ij} = 0,1 \geq M_{ij}$ и $G_{ij} = 0,9 \leq M_{ij}$, которые отражают переход значений матриц от нуля к единице. В качестве иллюстрации этого способа ниже приведены фрагменты исходной матрицы поля зависимостей установления амплитуд импульса $M_{ij} = U2(a_i, T_j)$ при $i = 0 \dots 20$ $a_i = 0,1 + 0,2 \cdot i$; $j = 0 \dots 250$ $T_j = 0,1 + 0,1 \cdot j$ и матриц Q_{ij} , G_{ij} , позволяющих выполнить расчет, например, для значения $a = 0,5$.

$$T_{21} - T_3 = 1.8$$

$$a_2 = 0.5$$

$Q =$

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

$G =$

	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$M =$

	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	1.258	1.331	1.399	1.462	1.52	1.57	1.615	1.652	1.682	1.705	1.72
1	1.019	1.071	1.12	1.165	1.205	1.241	1.273	1.3	1.323	1.342	1.355
2	0.849	0.89	0.928	0.963	0.994	1.023	1.049	1.072	1.092	1.11	1.124
3	0.726	0.759	0.79	0.819	0.846	0.871	0.893	0.914	0.933	0.95	0.965
4	0.632	0.661	0.687	0.712	0.736	0.758	0.779	0.798	0.816	0.833	0.849
5	0.56	0.585	0.608	0.631	0.652	0.672	0.692	0.71	0.727	0.743	0.759
6	0.502	0.525	0.546	0.566	0.586	0.605	0.623	0.64	0.656	0.672	0.687
7	0.456	0.476	0.495	0.514	0.532	0.55	0.566	0.583	0.598	0.613	0.628
8	0.417	0.435	0.453	0.471	0.488	0.504	0.52	0.535	0.55	0.565	0.578

Для автоматизации получения информации о длительности переднего фронта импульсов при любой форме переходного процесса можно воспользоваться функциями программирования Mathcad. На рис.8 приведена зависимость относительной длительности переднего фронта, построенная по результатам расчета по указанной ниже программе.

График достаточно хорошо аппроксимируется двумя линейными зависимостями

$$\begin{aligned} T_{\phi p1} &= 1,56 \cdot a + 1,0 \quad \text{при } a \leq 0,7 \\ T_{\phi p2} &= 4,68 \cdot a - 1,14 \quad \text{при } a \geq 0,7 \end{aligned} \quad (12)$$

уточняет результаты [11,15,17], а отклонения зависимостей от расчетной кривой не превосходят значений указанных на рис.9 .

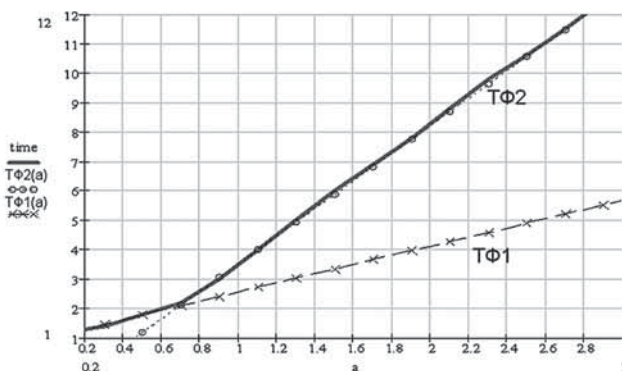
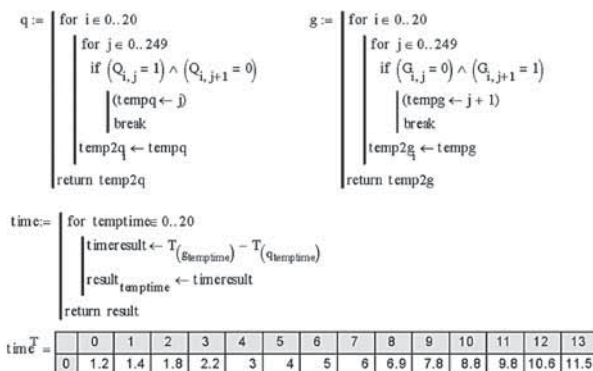


Рис.8. Длительность переднего фронта импульса цепи второго порядка в зависимости от величины коэффициента затухания

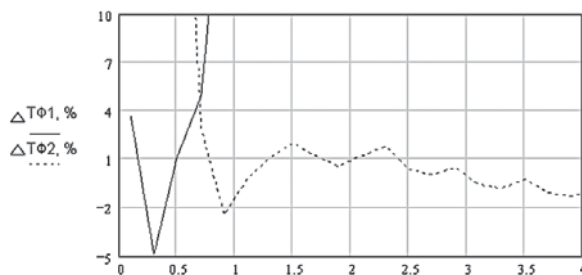


Рис.9. Погрешность аппроксимации длительности переднего фронта импульса

Аналогичным образом определяется число дроблений и их длительность на заданном пороге исследования переднего фронта импульса. В частности задержка срабатывания исполнительного устройства, вычисленная для порога по критерию «идеального наблюдателя», так же может быть представлена в виде двух аппроксимаций:

$$\begin{aligned} T_3 &= 0,6 \cdot a + 0,6 \quad \text{при} \quad 0,1 \leq a \leq 1,5 \\ T_3 &= 1,15 \cdot a \quad \text{при} \quad 1,0 \leq a \leq 4,0 \end{aligned} \quad (13)$$

В общем случае характер заднего фронта импульса аналогичен переднему, но применительно к конкретному случаю рис.1 он указывает на работу трансформатора преобразователя в режиме прерывистого магнитного потока (разрывного тока), когда вся запасенная энергия уже передана в нагрузку и следующий цикл будет начинаться с нулевого значения тока. При этом за счет индуктивности намагничивания трансформатора и суммарной емкости цепи обязательно возникают низкочастотные колебания с частотой

$$f = \left(2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L1 \cdot C_0} \right)^{-1}. \quad (14)$$

Для заданной выходной мощности $P_{\text{вых}}$ колебания могут быть устранены только при переводе трансформатора в режим непрерывного магнитного потока (безразрывных токов) путем существенного увеличения индуктивности первичной обмотки или уменьшением периода следования импульсов T_0 при неизменной длительности $t_{\text{имп}}$ прямого хода:

$$\begin{aligned} L1 &= [2 \cdot P_{\text{вых}} \cdot T_0 (\eta \cdot L1)^{-1}]^{-0,5} \\ L1 &= (U1 \cdot t_{\text{имп}})^2 \cdot (2 \cdot P_{\text{вых}} \cdot T_0)^{-1} \end{aligned} \quad (15)$$

Базовыми соотношениями в этом случае выступают необходимая величина тока и индуктивность первичной обмотки, но это уже относится к элементам расчета схемы преобразователя и выходит за рамки обсуждаемой задачи.

В заключение отметим, что оптимизация временных и амплитудных характеристик импульса на выходе трансформатора достигается в результате сознательного компромисса между электрическими, конструктивными и

технико-экономическими показателями, которыми руководствуется разработчик при проектировании. Попытка привести все параметры к идеальным значениям затруднена, поскольку улучшение одного параметра ведет к ухудшению сразу нескольких других: уменьшение паразитной емкости путем секционирования обмоток увеличивает габариты и сложность изготовления изделия, а выравнивание формы импульса за счет повышения индуктивности намагничивания ведет к росту индуктивности рассеяния и активного сопротивления обмотки и т.п. Методика определения временных характеристик переходного процесса на заданном пороге анализа и полученные в работе соотношения позволяют установить требования к электрическим параметрам трансформатора, при которых обеспечиваются условия минимума искажений импульса на его выходе.

Литература.

1. Русин Ю. С. Трансформаторы звуковой и ультразвуковой частоты. // Л.: Энергия, 1973, –152 с.
2. Philips Semiconductors. Design of HF wideband power transformers // Application Note ECO6907, 1998, 23 s.
3. Philips Semiconductors. Design of H.F. Wideband Power Transformers, Part.II // Application Note ECO7213, 1998, 10 s.
4. Ковалев Н. Применение широкополосных трансформаторов в радио-электронной аппаратуре. // Компоненты и технология, №2, 2005, с.36–38
5. Земан С., Осипов А., Сандырев О. Особенности работы высокочастотного трансформатора в схеме последовательного резонансного инвертора. // Силовая Электроника, №1, 2007, с.67–73.
6. www.Symmetron.ru/articles/brochures/SMPS.pdf
7. Бердников Д.В. Измерение индуктивности рассеяния в трансформаторах импульсных преобразователей с помощью LRC- метра. // Современная электроника, №8, 2006, с.58–61.
8. Рэй Ридли. Измерение импеданса трансформаторов. Разработка и конструирование. // Электронные компоненты, №12, 2011, с.10–11.

9. ОСТ4.473.002. Трансформаторы сигнальные и дроссели аппаратуры связи. Методы измерения основных параметров.
10. Расчет и моделирование повышающее – понижающего преобразователя напряжения. // Схемотехника, № 4 – 7, 2007.
11. Матханов П.Н., Гоголицын Л.З. Расчет импульсных трансформаторов // Л.: Энергия, 1980, – 112 с.
12. Кузнецов А. Трансформаторы и дроссели для импульсных источников питания. // Схемотехника, № 1–3 (1) , 2000 (2001).
13. ОСТ4.ГО.012.013. Трансформаторы для аппаратуры проводной связи. Типовой расчет.
14. Волков Е.А., Санковский Э.И., Сидорович Д.Ю. Теория линейных электрических цепей железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Учебник для вузов ж.д. транспорта. // М.: Маршрут, 2005. – 509 с.
15. Р.Лэнди, Д. Дэвис и А.Албрехт. Справочник радиоинженера. // М.–Л.; Гостэннергоиздат, 1961, –704 с.
16. Справочник по радиоэлектронике в трех томах // Под ред. А.А.Куликовского. Т.1, М.: Энергия, 1967. – 640 с.
17. Каштанов В.В. Анализ фронта выходных импульсов трансформатора. // Радиотехника, №12, 1995, с.39 – 40.

Батраев В.П.

Анализ воздействия импульсной помехи на ЧМ сигнал в радиотрактах с различными АЧХ

Ключевые слова:

помехоустойчивость, фаза, импульсная помеха, ширина полосы, пороговое значение.

Централизованное размещение аппаратуры современной системы интервального регулирования и обеспечения безопасности движения поездов АБТЦ-МШ предъявляет повышенные требования к качеству и временным показателям информационного обмена между ее составными частями. Передача данных в системе осуществляется ЧМ-методом по специфическим кабелям СЦБ в сложной помеховой обстановке, которая характеризуется не только флуктуационными и станционными помехами, но и интенсивными импульсными помехами. Подобные условия типичны, в основном, для электрифицированных железных дорог и не имеют аналогов в других отраслях народного хозяйства.

В настоящее время вероятность ошибки приема элементарного символа в системе оценивается величиной $10^{-2} - 10^{-3}$, в результате чего заданная помехоустойчивость передачи сообщений может быть обеспечена лишь за счет чрезмерного превышения сигналом уровня помех, существенных дополнительных затрат времени на циклическую передачу с использованием избыточного кодирования и применения принципа квити́рования сообщений. В этой связи актуальна задача исследования влияния помех на показатели помехоустойчивости приема и разработка инженерных предложений по их улучшению.

При анализе эффективности мер и схемных решений, направленных на повышение помехоустойчивости приема сигналов с угловой модуляцией при действии сильных помех, интерес представляет статистика таких характери-

стик как: среднее число импульсов в единицу времени, приводящих к скачку фазы результирующего колебания на выходе радиотракта, средняя длительность перескока фазы и амплитуда выбросов частоты при этом, изменение амплитуды огибающей результирующего колебания. Импульсная модель порога Райса [1] позволила довольно просто выполнить описание воздействий флуктуационной помехи на ЧМ сигнал на основании векторного представления (рис.1) и наглядно объяснила механизм процессов на выходе радиотракта. Воспользуемся данной трактовкой и рассмотрим процесс взаимодействия частотно-модулированного сигнала и импульсной помехи (ИП).

Пусть на выходе УПЧ радиотракта приемника действует ЧМ сигнал, который в общем случае имеет вид [2]:

$$u_c(t) = U_c \cos \left(\omega_o \cdot t + \Omega_g \cdot \int_0^t \lambda(t) dt + \varphi_0 \right), \quad (1)$$

где Ω_g – девиация частоты сигнала, $\lambda(t)$ – модулирующая функция (сообщение), φ_0 – фаза сигнала в момент действия помехи.

При воздействии одиночной ИП результирующее напряжение на выходе УПЧ определим из векторной диаграммы суммы сигнала и помехи, полагая вектор сигнала неподвижным.

$$\text{Тогда } u_{\text{рез}}(t) = U_c \cdot k(t) \cdot \cos(\omega_o \cdot t + \Theta(t)), \quad (2)$$

$$\text{где: } k(t) = \sqrt{1 + 2\beta \cdot g(t) \cdot \cos \varphi(t) + [\beta \cdot g(t)]^2} - \text{форма огибающей}; \quad (3)$$

$\beta = U_{\text{ИП}}/U_c$ – отношение амплитуды ИП [3] к амплитуде сигнала,

$g(t)$ – закон огибающей отклика УПЧ на ИП [2];

отклонение результирующей фазы суммарного процесса

$$\theta(t) = \arctg \frac{\beta \cdot g(t) \cdot \sin \varphi(t)}{1 + \beta \cdot g(t) \cdot \cos \varphi(t)}; \quad (4)$$

фаза сигнала с учетом начальной расстройки $\Delta\omega_{\text{НАЧ}}$

$$\varphi(t) = \left(\Delta\omega_{\text{НАЧ}} \cdot t + \Omega_g \cdot \int_0^t \lambda(t) dt + \varphi_0 \right) = \Delta\omega t + \varphi_0; \quad (5)$$

отклонение частоты результирующего колебания за время действия ИП:

$$\Delta\omega(t) = \frac{d\theta(t)}{dt} = \frac{\lambda(t) \cdot \Delta\omega\{\beta^2 \cdot g^2(t) + \beta \cdot g(t) \cos\varphi(t)\} + \beta \cdot \frac{dg(t)}{dt} \cdot \sin\varphi(t)}{1 + 2\beta \cdot g(t) \cdot \cos\varphi(t) + \beta^2 \cdot g^2(t)} \quad (6)$$

Из выражения (3) и (4) видно, что воздействие ИП на сигнал, как и в случае флуктуационных помех, приводит к амплитудным и фазовым искажениям, причем последние являются особенно нежелательными [4–6]. Анализ выражения (6) с учетом импульсной реакции УПЧ затруднителен из-за своей громоздкости, поэтому в дальнейшем проведем изучение механизма воздействия ИП на сигнал, рассматривая изменения только амплитуд и фазы результирующего колебания, а отклонение частоты оценим последующим дифференцированием данных изменения фазы.

Из рис.1 следует, что фаза результирующего колебания при $\beta < 1$ имеет приращения не более $\pm\pi/2$ рад, а амплитуда может изменяться в пределах от 0 до $2U_c$. В этом случае воздействие ИП аналогично воздействию слабых флуктуационных помех и приводит к небольшим (нормальным) флуктуациям фазы и амплитуды ЧМ сигнала [4, 7] и далее не рассматривается.

При $\beta > 1$ фаза результирующего колебания может получать приращение до $\pm\pi$ рад или совершать обороты на $\pm 2\pi$ рад и более. Столь большие отклонения фазы (перескоки фазы) приводят к появлению выбросов частоты, т.е. напряжения на выходе демодулятора ЧМ сигнала. Двухполярными выбросами за счет скачка на $\pm\pi$ рад, обычно пренебрегают и учитывают лишь мощные однополярные (аномальные) выбросы напряжения, обусловленные перескоком на $\pm 2\pi$ рад, полагая, что они в основном ведут к аномальным погрешностям при передаче непрерывных сообщений и к ошибкам в опознании элементарных символов при цифровой передаче [7, 8] .

Из выражения (4) видно, что результирующий фазовый сдвиг $\Theta(t)$ определяется рядом случайных величин. Поэтому при изучении механизма воздействия импульсной помехи на сигнал с угловой модуляцией теоретически и экспериментально было исследовано [9,10] влияние на величину максимального паразитного фазового сдвига от: вида АЧХ радиотракта; фазы сигнала φ_0 , в момент действия ИП; отношения β , ста-

тической и динамической частотной расстройке сигнала. В качестве моделей сигналов были приняты:

- дискретный сигнал $\lambda(t) = \pm 1$, который может быть представлен в виде гармонического сигнала с постоянной начальной расстройкой относительно центральной частоты УПЧ $\Delta\omega_{НАЧ}^* = \Omega_g + \Delta\omega_H$;
- сигнал, модулированный гармоническим сообщением $\lambda(t) = \cos \cdot \Omega_C \cdot t$, где Ω_C – частота модулирующего колебания; $M_{ЧМ} = \Omega_g / \Omega_C$ – индекс частотной модуляции.

Расчет изменения фазы и огибающей результирующего колебания производился по формулам (3) и (4), а текущее время учитывалось в относительных единицах, пропорциональных числу периодов N частоты $\Delta\omega_o^*$

$$\tau = \frac{N \cdot 2\pi}{\omega_o + \gamma_H \cdot \omega_{ЭФ}}, \quad (7)$$

где $\gamma_H = \pm \Delta\omega_H / \omega_{ЭФ}$ – коэффициент начальной (статической) расстройки.

Для учета влияния вида АЧХ на помеховые отклонения результирующего вектора, эффективная полоса пропускания радиотракта во всех случаях принималась одинаковой.

Проведенные исследования показали, что для любой амплитуды помехи существует свой критический фазовый угол $\varphi_{кр}$, превышение которого обязательно приводит к перескоку фазы на $\pm 2\pi$ рад, причем с ростом амплитуды ИП этот угол уменьшается.

Такая зависимость для УПЧ с прямоугольной АЧХ приведена на рис.3 (кривая 1). Влияние статической расстройки показано на рис.4, откуда следует, что при малейших расстройках характерны небольшие флуктуации фазы, а перескоки фазы на $\pm 2\pi$ рад даже при $\varphi_o > \varphi_{кр}$ возникают лишь при частотных расстройках $\gamma_H \geq \pm 0,3$. Установлено, что помеховые изменения фазы, приводящие к перескоку фазы, противоположны направлению (знаку) частотной расстройки сигнала, а длительность перескока находится в пределах $2 > \tau_{2\pi} \cdot f_{ЭФ} > 1,6$. На рис.2 представлены помеховые значения фазового угла для модулированного колебания с различными индексами модуляции:

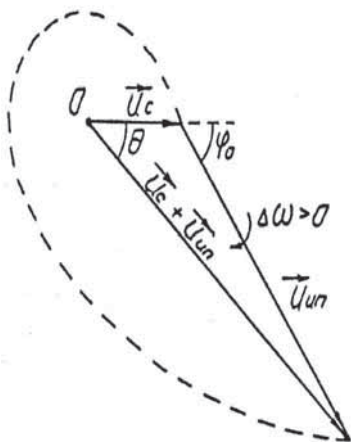


Рис. 1. Векторная диаграмма суммы ЧМ колебания и импульсной помехи

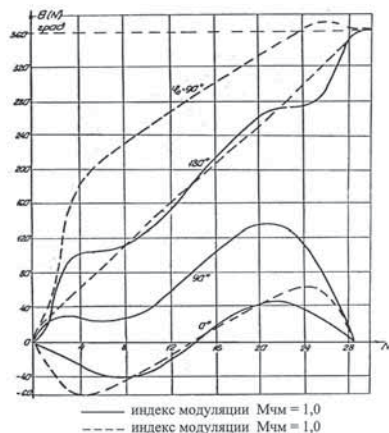


Рис. 2. Помеховые изменения фазы ЧМ колебания при УПЧ с прямоугольной АЧХ при $\beta = 5$ $f_c = 1,0$ кГц.

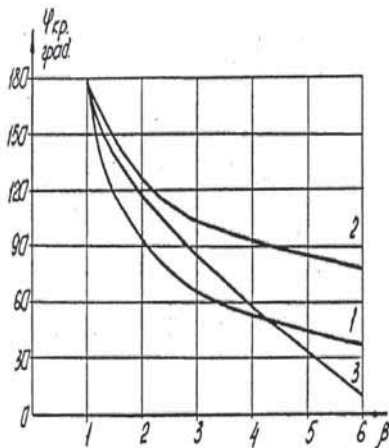


Рис. 3. Критический угол при $\gamma_H = -0,5$ для АПЧ с АЧХ: 1 – прямоугольной; 2 – колоколообразной; 3 – одиночного контура.

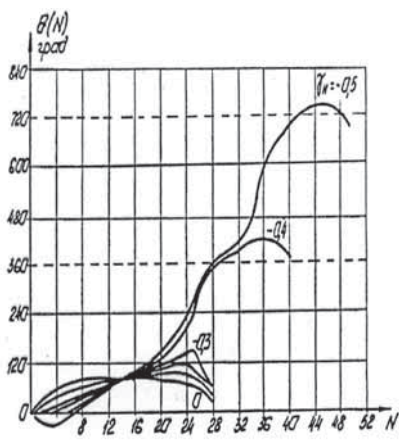


Рис. 4. Фаза ЧМ колебания при УПЧ с прямоугольной АЧХ при $\beta = 5$ $\varphi_0 = 90^\circ$.

$$\theta(t) = \arctg \frac{\beta \cdot g(t) \cdot \sin(M_{\text{чМ}} \cdot \sin \Omega_c \cdot t + \varphi_o(t))}{1 + \beta \cdot g(t) \cdot \cos(M_{\text{чМ}} \cdot \sin \Omega_c \cdot t + \varphi_o(t))} \quad (8)$$

Из рисунков видно, что рост индекса модуляции увеличивает вероятность появления скачков фазы на $\pm 2\pi$ рад при одних и тех же значениях амплитуды ИП. Так при $M_{\text{чМ}} = 1$, они возможны лишь при $\varphi_{\text{кр}} > 180^\circ$, а с увеличением индекса модуляции до $M_{\text{чМ}} = 4$ они происходят уже при любых углах больших 90° из-за частотной расстройки сигнала.

Для малых индексов модуляции $M_{\text{чМ}} = 1$ характерны резкие колебания крутизны нарастания фазы, и как следствие этого будут наблюдаться несколько кратковременных выбросов частоты (вызывающих, так называемые, «щелчки» на выходе ЧМ демодулятора). В этом можно убедиться путем качественного графического дифференцирования кривых на рис.2 для значений критического угла 180° .

Для тракта с колоколообразной АЧХ скачки фазы на $\pm 2\pi$ рад возможны уже при более значительных амплитудах ИП, чем в УПЧ с прямоугольной АЧХ из-за несколько больших значений для критических углов (рис.3, кривая 2). Как и в предыдущем случае, зависимость критических углов располагается в области от 180° до 360° симметрично, причем углы меньше критических характеризуют такие изменения фазы результирующего колебания, которые происходят в одном направлении с частотной расстройкой и не приводят к скачку. В этой связи сопоставление величин угловых отклонений фазы результирующего колебания при одинаковой частотной расстройке и условиях взаимодействия с ИП показывает, что возможность перескока фазы резко уменьшается даже при $\beta > 5$. Длительность установления фазы при ее скачке незначительно зависит от амплитуды и фазы ИП и приблизительно равна $\tau_{2\pi} \cdot f_{\text{эф}} \approx 1,3 \dots 1,5$.

Аналогичный анализ результатов взаимодействия сигнала и ИП в приемном радиотракте с характеристикой одиночного колебательного контура показывает, что при относительно небольших помехах $\beta < 5$ перескоки фазы возможно лишь при начальных фазовых соотношениях до 180° , а при углах более 180° их нет даже в случае максимальной частотной расстройки

сигнала. Это происходит потому, что помеховое изменение фазы результирующего колебания на выходе одиночного контура устанавливается почти мгновенно, а затем стремится к исходному состоянию кратчайшим путем. Если же соотношение фаз сигнала и ИП будет соответствовать области, лежащей выше кривой 3 на рис.3, то оно обязательно приведет к перескоку на $\pm 2\pi$ рад. Уменьшение частотной расстройки или, соответственно, девиации сигнала, снижает вероятность перескока фазы, длительность которого составляет $T_{2\pi} \cdot f_{\text{эф}} \approx 1,2 \dots 1,4$.

В итоге можно сделать следующие выводы.

1. Результатом воздействия ИП на сигнал являются значительные помеховые флуктуации его амплитуды и фазы, причем последние приводят к появлению перескоков (скачков) на $\pm \pi$ и $\pm 2\pi$ рад, как при передаче немодулированных так и модулированных сигналов.
2. Условия появления перескоков фазы на $\pm 2\pi$ рад зависят от начальных фазовых соотношений между сигналом и ИП, и при заданных β и виде АЧХ тракта характеризуются величиной критического угла, превышение которого обязательно приводит к перескоку при наличии частотной расстройки сигнала относительно центральной частоты УПЧ.
3. Вид АЧХ радиотракта определяет зависимость $\varphi_{\text{кр}} = f(\beta)$ и возможность появления перескоков фазы, причем отличия характеристик в наибольшей степени оказывается при относительно небольших ИП. С ростом амплитуды ИП вероятность перескока фазы на $\pm 2\pi$ рад стремится к единице, а величина критических углов уменьшается и стремится к нулю для УПЧ с любыми АЧХ.
4. Время перескока фазы результирующего колебания от 0 до 2π незначительно зависит от начальных фазовых соотношений и амплитуды помехи и в среднем определяется соотношением $T_{2\pi} \cdot f_{\text{эф}} \approx 1 \dots 2$, причем УПЧ с прямоугольной АЧХ характеризуется несколько большим временем установления, чем УПЧ с другими характеристиками.
5. За время перескока фазы на $\pm 2\pi$ рад изменение мгновенной частоты происходит в направлении противоположном начальной частотной рас-

стройке, что в итоге может привести к ошибке приема элементарного символа при передаче дискретных сигналов.

6. При наличии модуляции перескоки фазы на $\pm 2\pi$ рад происходят и без начальной статической расстройки сигнала, что объясняется наличием динамической расстройки. При этом возрастает число выбросов мгновенной частоты по сравнению с немодулированным сигналом.

Выводом ряда известных работ является утверждение об однозначной зависимости замираний огибающей с появлением скачка фазы при воздействии флуктуационной помехи на гармонический сигнал и рекомендации обнаружения этих скачков по контролю провалов огибающей [5, 6]. Однако, как показывают проведенные исследования, провалы огибающей не всегда сопровождаются скачками фазы и поэтому не могут быть однозначными признаками таких скачков. Особенно это заметно при росте критического угла, что характерно для действия не очень сильных ИП, но определяющих наступление порога достоверного приема.

Экспериментальные измерения длительности установления фазы подтверждают выполненные исследования. В этой связи «скачок» фазы – есть процесс с конечной скоростью нарастания, ограниченной шириной полосы радиотракта, а помеховые выбросы частоты при скачках фазы $\pm 2\pi \cdot n$ могут достигать

$$\Delta\omega_{\Pi} \approx 2\pi / \tau_{2\pi} = (0,5 \dots 1,0) \cdot \omega_{\text{эф}} \quad (8)$$

радиан и более. Это позволяет предложить метод обнаружения таких скачков путем фиксации на выходе УПЧ или ограничителя отклонений фазы или выбросов частоты результирующего колебания, которые превышают заданные пороговые значения.

Литература

1. Rice S.O. Noise in FM Receivers Time Series Analysis (ed M. Rosenblatt), G. Wiley and Sons., 1963, p. 395–422.
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для вузов. Изд. 3-е. – М.: Сов. Радио, 1977, 608 с.

3. Певницкий В.П., Полозок Ю. В. Статистические характеристики инду-стриальных радиопомех. – М.: Радио и связь, 1988. – 248 с.
4. Карлов А.М., Счастный В.А., Ходаковский В.А. Условная плотность веро-ятности огибающей и фазы суммы гармонического сигнала и узкополосно-го шума. –Изв. Вузов СССР. Радиоэлектроника, 1981, т.24, №3, с.103–105.
5. Жуков В.П., Иванова Н.Н. Скачки фазы суммы гармонического сигнала и гауссова шума и их связь с замиранием огибающей. Радиотехника и электроника, 1969, №11, с.1921-1924.
6. Фомин Я. А. Теория выбросов случайных процессов. – М.: Связь, 1980. – 216 с.
7. Клэппер Дж., Фрэнкл Дж. Системы фазовой и частотной автоподстройки частоты.(следящие демодуляторы сигналов с угловой модуляцией / Под ред. А.Ф. Фомина, М.: Энергия, 1977.– 440 с.
8. Методы помехоустойчивого приема ЧМ и ФМ сигналов. Тематический сборник статей под редакцией А.С. Винницкого, А.Г. Зюко, М.: Сов. Ра-дио, 1972, 212 с.
9. Клепица Н.А., Батраев В.П. Анализ механизма воздействия импульсной помехи на сигнал с частотной манипуляцией. Депонир. ВИНТИ АН СССР, № 5138-82.-М.: 1982.
10. Отчет о НИР, № г.р.81072002. –М.: МИИТ, –143 с.

Куприенко О.Ю., Батраев В.В.

Комплекс регистрации параметров автоматической локомотивной сигнализации

Ключевые слова:

комплексное локомотивное устройство безопасности, безопасность движения, регистратор сигналов, дешифратор сигналов, передача данных.

Прошло уже более 20 лет, как появилось первое комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ), разработанное в ОАО «НИИАС» (тогда ещё КБ ЦШ). На смену первому КЛУБ пришли более современные системы безопасности КЛУБ-У, БЛОК, БЛОК-М. Но, несмотря на увеличение функциональности новых систем безопасности, принципы, которые были заложены в первом КЛУБ, так и остаются актуальными и востребованы на железной дороге.

Одним из главных факторов обеспечения безопасности движения по сети железных дорог является получение на локомотиве информации о показаниях путевого светофора. Исторически на железных дорогах России основным средством (наряду с визуальным наблюдением) для получения такой информации является автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа с числовым кодированием (АЛСН). При такой сигнализации в кабину локомотива через индукционные катушки непрерывно передается информация о показаниях впередилежащих путевых светофоров посредством кодовых комбинаций электрических импульсных сигналов, которые посылаются в рельсы навстречу поезду [1, стр. 24].

В системах безопасности КЛУБ-У, БЛОК реализованы уникальные механизмы интерпретации аналогового сигнала из рельсовой цепи в цифровое значение, которое используется в системе для вычисления допустимой скорости, кривых торможения и других параметров безопасного движения локомотива. В процессе эксплуатации систем безопасности КЛУБ, КЛУБ-У, БЛОК

ведётся статистика сбоев при приёме сигналов АЛС. На рис. 1 [2, стр. 7] представлено распределение сбоев 1-ой категории (сбои, которые подлежат обязательному разбору и выявлению причин сбоя) по причастным хозяйствам. Как видно из диаграммы, представленной на рисунке, больше половины сбоев относятся к сбоям путевых устройств (52%, 50 605). Также следует отметить, что чуть меньше половины (48,8%) сбоев при эксплуатации КЛУБ-У (5534 изделия на сети РЖД) приходятся на неисправности путевых устройств (22942 случая из 47056, см. рис. 2 [2, стр. 6]). Причины сбоев могут быть различные.

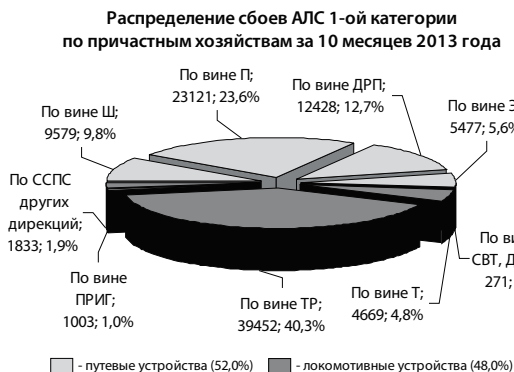


Рис. 1. Распределение сбоев 1-ой категории по причастным хозяйствам за 10 месяцев 2013.

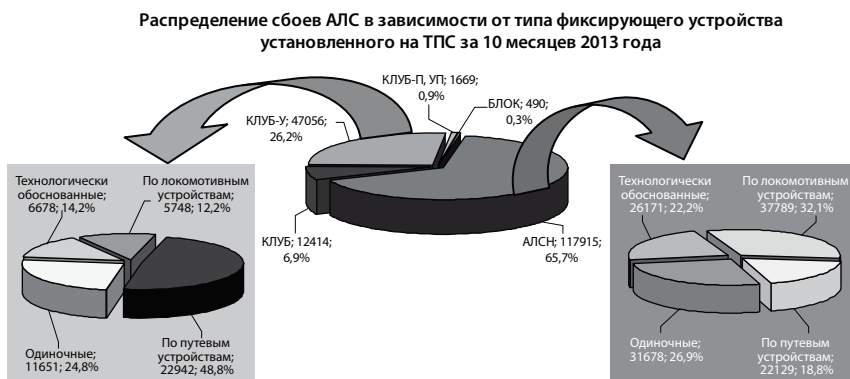


Рис. 2. Распределение сбоев АЛС в зависимости от устройства.

Уменьшить количество сбоев, которые связаны с путевыми устройствами, можно только при расследовании каждого случая. Общеизвестный метод – это проезд вагон-лаборатории по участку, на котором участились сбои. Использование вагон-лаборатории весьма дорогостоящее мероприятие и с помощью ее невозможно обнаружить непериодические сбои, которые происходят при сочетании ряда условий. Также следует отметить, что проезд лаборатории будет уже после сбоя и не покажет всей картины.

В связи с этим была поставлена задача разработать регистратор сигналов автоматической локомотивной сигнализации, который можно использовать на локомотивах в составе бортовых систем обеспечения безопасности; значительно снизить затраты при расследовании за счет удешевления регистратора; обеспечить всю полноту информации, которая необходима для расследования сбоя.

Разработка регистратора АЛС

При разработке регистратора сигналов АЛС необходимо решить несколько принципиальных вопросов:

1. выбор частоты регистрации;
2. выбор носителя для регистрации данных;
3. обеспечение минимального влияния регистратора на комплекс безопасности с одновременным совместным информационным взаимодействием.

Частота выборки сигналов АЛС диктуется теоремой Котельникова, основной смысл которой заключается в том, что любой аналоговый сигнал можно представить в дискретном виде и впоследствии восстановить без потерь при условии, что частота его выборки не менее чем двойная максимальная частота его спектра. Необходимая частота записи сигнала локомотивной сигнализации лежит в пределах до 200 Гц. Согласно теореме, зафиксировать сигнал можно уже при частоте большей, чем 400 Гц. Частота, выбранная в регистраторе, составляет 8000 Гц, которая уже избыточна, но позволяет проследить помехи, наведенные на сигнал автоматической сигнализации частотой до 4000 Гц. Дальнейшее увеличение частоты не несет принципиального улучшения показаний записанного сигнала, а влечет за собой только увеличение объема записываемой информации.

Выбор носителя для регистрации обусловлен большим размером регистрируемой информации. Как было описано выше, выборка в регистраторе составляет 8000 записей в секунду. Произведя несложные вычисления, получаем, что за одни сутки непрерывной записи должны зарегистрировать 691 200 000 записей. Поэтому в качестве носителя информации был выбран флешноситель объемом не менее 16 Гб.

Неискажение входного сигнала при параллельном подключении к катушкам обеспечивается большим входным импедансом у схемы АЦП, составляющим не менее 64 кОм во всем рабочем диапазоне частот, что обеспечивает минимальное воздействие на сигнал. Параллельное подключение необходимо, так как позволяет записать истинный сигнал, поступивший в тот или иной момент времени на вход устройства безопасности.

Необходимость не просто записать сигнал, но и «привязать» его к конкретному месту пути требует информационного сопряжения регистратора с системой обеспечения безопасности движения, отслеживающей передвижение локомотива, и регистрацией необходимых данных (координата и время) одновременно с записью самого сигнала.

Реализация вышеописанных задач была решена в блоке регистрации БРС-АЛСН.

Регистратор состоит собственно из блока БРС (внешний вид представлен на рис. 3, на рис. 4 представлено исполнение регистратора в виде ячейки) и программного обеспечения расшифровки записанных сигналов, которое может быть использовано как отдельно, так и в составе программноаппаратного комплекса СУД-У. По своей функциональности, размерам, потреблению и простоте подключения блок опережает все существующие аналоги, представляющие на данный момент блоки большого размера, которые нужно устанавливать отдельно от систем и устройств безопасности, затрудняя тем самым гибкость их применения. Имея размеры 127×148×34 мм, вес не более 500 г, блок позволяет использовать его внутри системного шкафа устройств безопасности, а также в любом удобном месте локомотива, где есть доступ к линиям приемных катушек и CAN шине. В качестве носителя памяти блока

выступает карта SDHC объемом не ниже 16 Гб, что позволяет оперативно считать или заменить носитель в случае необходимости. Питание блока осуществляется от внутренней линии питания CAN шины. Диапазон рабочих напряжений в свою очередь лежит в пределах от 18 до 75 В при потреблении тока не более 60 мА.

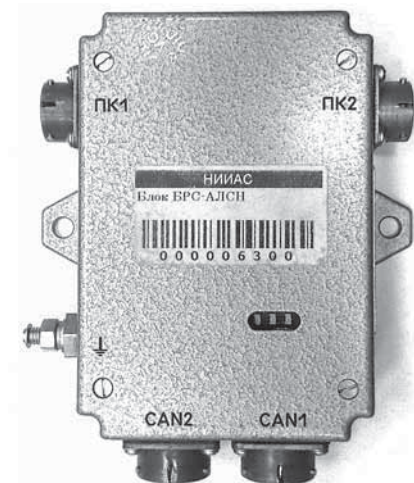


Рис. 3. Внешний вид регистратора АЛСН.

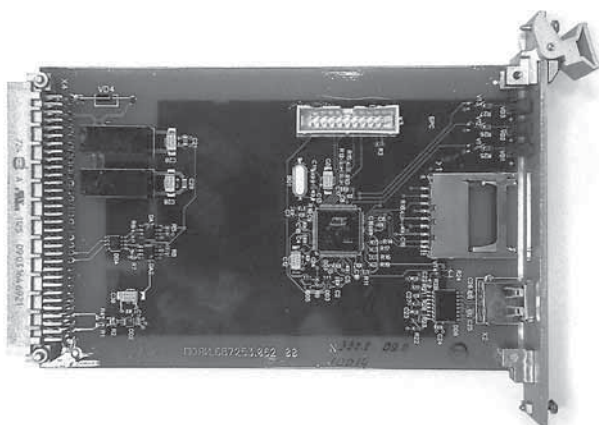


Рис. 4. Ячейка регистратора АЛСН.

Опытный образец БРС-АЛСН с успехом прошел испытания на Октябрьской железной дороге в составе скоростного поезда «Сапсан» в 2011 году и введен в постоянную эксплуатацию. Конструкторская документация БРС-АЛСН передана в серийное производство.

С помощью обновленной версии программы СУД-У появилась возможность наглядно представить сигналы АЛС в любой момент времени и их итоговое влияние на систему. Даже поверхностное знакомство с обновленной системой дает возможность прогнозировать существенное сокращение времени анализа сбоя, так как программа имеет возможность вывести в качестве отчета сигналы АЛС, поступавшие непосредственно в момент сбоя.

Благодаря записи CAN сообщений КЛУБ-У (или БЛОК) и их синхронизации с показаниями АЛС в программе расшифровки присутствует возможность просмотра сигналов на отдельных участках дороги, определенных временных периодах, исходя из самой системы безопасности, а также, как было уже сказано, реакции системы на сигналы АЛС. В программном обеспечении комплекса также реализована функция фильтрации сигнала по фильтрам, которые используются в КЛУБ-У (или БЛОК). На рис. 5 и 6 отображена работа программы при фильтрации одного и того же исходного сигнала по разным фильтрам. Благодаря этой возможности можно разделить исходный сигнал по частоте и контролировать работу отдельных модулей системы безопасности.

Программа позволяет не только просматривать данные на сменном носителе, но и сохранять их для дальнейшей работы. Возможные форматы для сохранения информации: «Файл сигналов АЛС», WAVE, JPEG. Формат «Файл сигналов АЛС» обеспечивает хранение исходного кода для дальнейшего обработки и сохранения результатов, что актуально при ограниченном времени работы со сменным носителем. Формат WAVE обеспечивает перенос данных в другие редакторы, у которых расширенный инструментарий для работы с сигналами, чем в программе. Формат JPEG обеспечивает хранение информации в виде изображения, которое можно использовать в отчетной документации.

На рис. 7 отражена реакция ячейки дешифрации АЛС сигналов (оранжевая линия) непосредственно на сигналы АЛС, поступившие из рельсовой цепи (синяя линия). С ее помощью, например, можно увидеть скорость реакции системы на изменение вида сигнала АЛС. В нижней части экрана отображаются показания светофоров на выбранном участке.

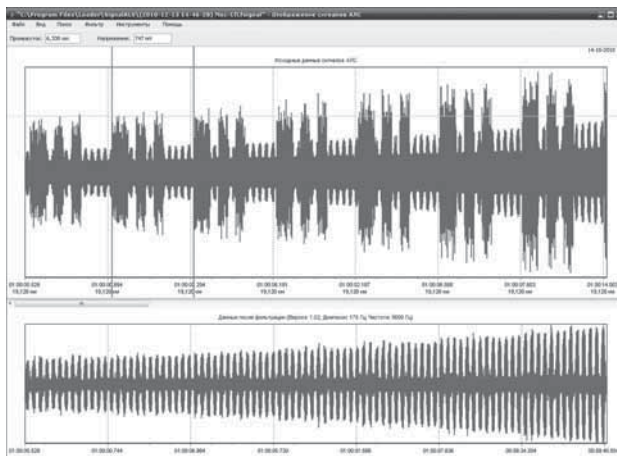


Рис. 5. Фильтрация исходного сигнала (1 фильтр).



Рис. 6. Фильтрация исходного сигнала (2 фильтр).

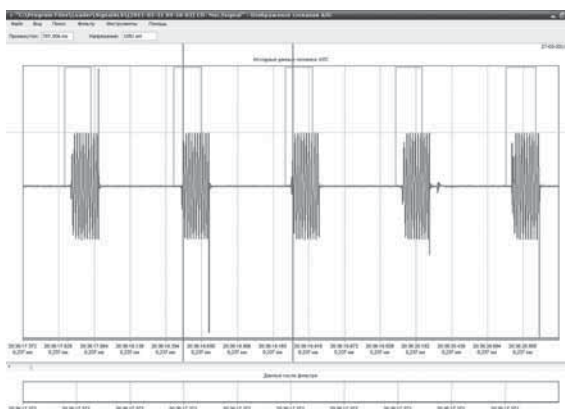


Рис. 7. Отображение информации.

Следует обратить внимание на интеграцию программы в программно-аппаратный комплекс СУД-У. В случае вызова программы из комплекса СУД-У происходит автоматическая привязка данных, которые отображаются в программе, к текущему курсору СУД-У, что облегчает взаимодействие и поиск информации. Так, например, переместив курсор СУД-У к месту потери сигнала АЛС, программа автоматически находит соответствующие данные АЛС, зарегистрированные блоком регистрации БРС-АЛСН. На рис. 8 и 9 представлены данные поездки и данные сигнала АЛС.

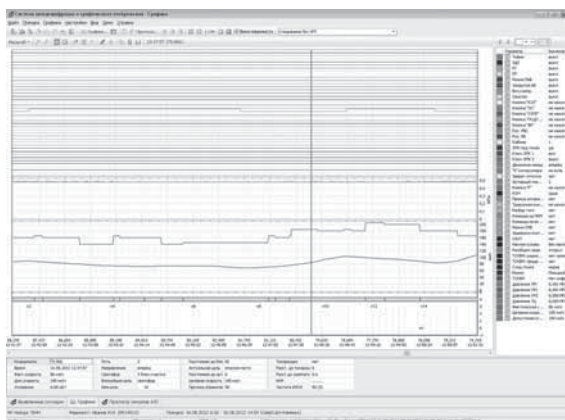


Рис. 8. Данные поездки.

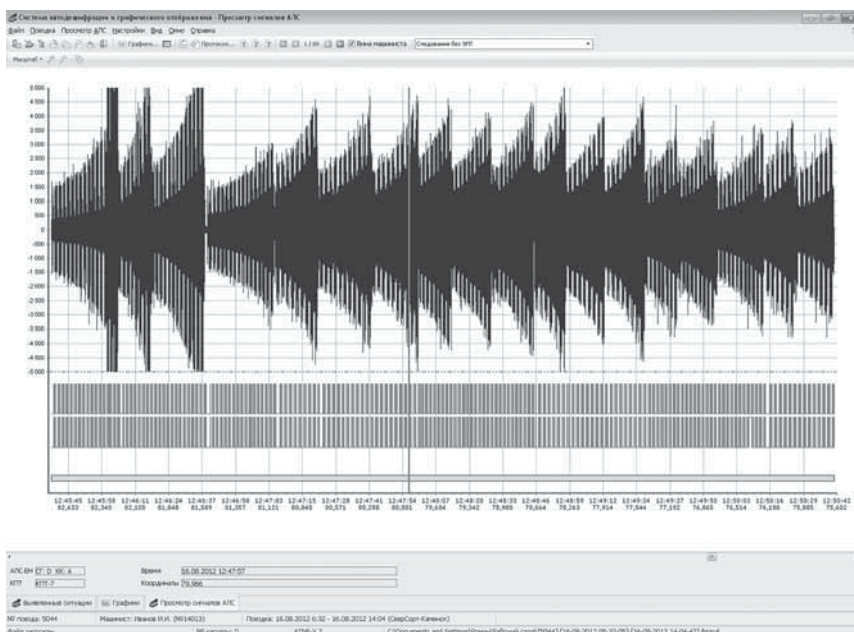


Рис. 9. Значение сигналов АЛС.

Выводы

Можно отметить, что в результате работы создан перспективный программно-аппаратный комплекс регистрации и дешифрации, позволяющий производить постоянный мониторинг как систем безопасности, так и наземного оборудования АЛС и производить непрерывную запись всего обрабатываемого информационного потока. Благодаря малым размерам блока, низкому потреблению и возможности программной интеграции в существующие системы дешифрации эффективность его использования представляется довольно высокой. В перспективе данное устройство сможет позволить производить запись информационного обмена существующих систем передачи данных на железнодорожном транспорте, телекоммуникационных и модемных соединений. В таблице №1 представлены краткие сведения о регистраторе.

Таблица № 1.

Основные характеристики БРС-АЛС.

Питание:	напряжение 18...75 В., ток не более 60 мА
Вес:	вес не более 500 г
Габариты:	127×148×34 мм
Частота регистрации:	8000 Гц (сменный носитель объемом 32Гб обеспечивает непрерывную запись 480 часов показаний АЛС)
Интеграция с системами дешифрации	СУД-У (полная) с возможностью просмотреть параметры движения в момент сбоя, с привязкой к электронной карте

Литература

1. Унифицированное комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ-У) [Текст]: учебное пособие / В.И. Астрахан, В.И. Зорин, Г.К. Кисельгоф и др.; под ред. В.И. Зорина и В.И. Астрахана. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 177 с.
2. Анализ сбоев в работе устройств обеспечения безопасности движения [Текст]: отчет / ОАО «НИИАС». – М.: НИИАС, 2013. – 26 с.

Талалаев Д.В., Пенькова Н.Г., Тихонова А.А.

О системе менеджмента качества ответственных разработок железнодорожной автоматики и телемеханики

Ключевые слова:

система железнодорожной автоматики, инструмент оценки, регламент, стандарты, нарушение требований безопасности.

Введение

Понятие системы менеджмента качества (СМК) плотно и эффективно входит в употребление в областях высокотехнологичных разработок. Основной целью внедрения СМК является обеспечение систематического и прозрачного управления процессами, направленное на максимальное удовлетворение требований заказчика.

Стандарты ИСО серии 9000 выступают, как универсальный инструмент оценки способности организации обеспечить выпуск продукции, удовлетворяющей требованиям потребителя.

Базовыми стандартами ISO серии 9000 являются:

- ИСО 9000 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»;
- ИСО 9001 «Системы менеджмента качества. Требования»;
- ИСО 9004 «Системы менеджмента качества. Руководство по улучшению деятельности».

Построение и функционирование системы менеджмента качества, соответствующей требованиям ИСО серии 9000, базируется на процессном подходе. Согласно указанному подходу деятельность предприятия описывается в виде ряда взаимосвязанных процессов, управляя которыми предприятие совершенствует собственную деятельность. В соответствии с данным

подходом каждый процесс в организации должен иметь своего владельца, который несет ответственность за процесс, отслеживает и анализирует его эффективность, отвечает за корректировку.

Особенно важно внедрение системы менеджмента качества при разработке ответственных систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), требования к которым имеют не только потребительский, но и морально-этический характер. Системы ответственного применения являются предметом серий стандартов в России и за рубежом, регламентирующих технические требования к самим системам, а также требования к процессу их разработки. Данные стандарты в основном носят декларативный характер и нуждаются в разъяснительной базе для конкретного применения. В этой связи опыт внедрения СМК в процессах разработки ответственных систем ЖАТ в НТК СУ и ОБДП НИИАС оказался важным, по крайней мере, по двум причинам:

1. Предложена процессная структура разработки;
2. Внесены необходимые методологические уточнения в нормативную документацию по безопасности.

Опыт внедрения СМК ответственных разработок

Деятельность по внедрению СМК в части ответственных разработок имеет длительную историю. Накопление опыта, библиотек готовых решений, происходило с первых безопасных систем. С 2011 года в составе НТК СУ и ОБДП функционирует центр Безопасности и алгоритмической поддержки, одной из задач которого является проведение внутреннего аудита безопасности разрабатываемых ответственных СЖАТ. Силами специалистов данного подразделения в 2012 году был разработан проект внутреннего регламента, описывающий жизненный цикл документации, сопровождающей разработку ответственных систем.

Регламент опирается на действующие стандарты и нормативные документы в части системы менеджмента качества и этапы жизненного цикла ответственных систем. Основным назначением регламента является уточ-

нение требований к документам, внедрение автоматизированных средств разработки основных документов, а также оптимизация основных этапов жизненного цикла.

Внутренний регламент описывает жизненный цикл документов:

- Техническое задание (ТЗ)
- Календарный план работ (КП)
- Программа обеспечения безопасности (ПОБ)
- Технические решения повышения безопасности (ТРБ)
- Описание алгоритмов (А)
- Доказательство безопасности для этапа технического проектирования (ДБ-ТП)
- Конструкторская документация (КД)
- Расчет надежности (РН)
- Описание программного продукта (ОПП)
- Программа и методика испытаний на безопасность и протоколы соответствующих испытаний (ПМ-ПИ(Б))
- Программа и методика имитационных испытаний и протоколы соответствующих испытаний (ПМ-ПИ(И))
- Доказательство безопасности для этапа разработки (ДБ-Р)

Требования к содержанию документов и методика выполнения работ опираются на стандарты РФ и отраслевые стандарты ОАО «РЖД». Перечень этапов жизненного цикла каждого документа представляется в виде таблицы, в которой описываются входные документы, ответственные лица и результат проводимых работ. Ниже приведен пример таблицы этапов жизненного цикла Программы обеспечения безопасности.

Этапы	Входные материалы	Ответственное лицо	Результат
Разработка	ТЗ, КП	Специалист по безопасности со стороны разработчика	Проект документа «Программа обеспечения безопасности»
Согласование и утверждение	Проект документа «Программа обеспечения безопасности»	Руководители организаций разработчика, изготовителя, внешнего аудита и Заказчик	Документ «Программа обеспечения безопасности»

Помимо стандартных документов проект внутреннего регламента содержит ряд новых документов, необходимых для более детального представления о системе. Одним из таких нововведений является документ «Технические решения повышения безопасности», выполняющий частично роль эскизного проекта в части аспектов системы, ответственных за обеспечение безопасности.

Использование документа «Технические решения повышения безопасности» позволяет на начальном этапе разработки выявить нарушения требований безопасности. Этот документ также дает возможность на каждом этапе проследивать динамику изменений и давать оценку по каждому из методов обеспечения безопасности.

Документ состоит из двух частей:

- **Часть 1.** Описание ответственных функций системы (спецификация самого верхнего уровня), распределение ответственных функций между модулями системы (перечень ответственных модулей системы и описание их функций (также спецификация модуля самого верхнего уровня).
- **Часть 2.** Включает в себя опросные листы всех ответственных модулей системы. Материалы опросного листа содержат ключевую информацию о структурных методах обеспечения безопасности, методах парирования накопления отказов, методах защиты информации в линиях связи, методах сопряжения системы с объектами управления и контроля.

Одним из этапов жизненного цикла документа является его внутренняя экспертиза, которая направлена на оценку достаточности/недостаточности примененных методов для обеспечения заданного уровня безопасности модулей и системы в целом. Сформированное в результате экспертизы заключение содержит информацию о выполнении/невыполнении качественных требований безопасности модуля, значение количественных показателей безопасности модуля, а также перечень аспектов безопасности, требующих доработки, с комментариями экспертов.

Данное нововведение было апробировано при разработке систем АБТЦ-МШ, БЛОК и некоторых систем передачи информации от устройств СЦБ на

бортовые устройства безопасности по радиоканалу. Для всех перечисленных разработок был разработан документ «Технические решения повышения безопасности», проведена внутренняя экспертиза безопасности.

Особое внимание в проекте внутреннего регламента уделяется программному обеспечению (ПО) и сопровождающей документации. Прогрессивным в настоящее время считается использование программно-аппаратных комплексов автоматизированной разработки и тестирования программного обеспечения. В НТК СУ и ОБДП на протяжении нескольких лет ведутся разработки с использованием среды SCAD. Данный продукт позволяет в полуавтоматическом режиме готовить полный пакет документов на ПО, удовлетворяющий требованиям российских и европейских стандартов. Помимо данного продукта широко внедряются среды документирования и управления разработкой ПО, такие как Doxygen и Jira.

Внедрение подобного рода программных продуктов позволяет укрепить исполнительскую дисциплину и упростить формирование отчетов, отражающих ход исполнения проектов, задач и загрузку человеческих ресурсов.

Заключение

Опыт внедрения элементов СМК при разработке ответственных систем ЖАТ в НТК СУ и ОБДП НИИАС представляется крайне важным. Уже сейчас можно сказать об эффективности систематического управления ответственными разработками, важности наследования технических решений и необходимости мониторинга эволюции разработки. Создание полноценной СМК в данной области, а также следование укореняющейся тенденции использования современных средств автоматизированного проектирования ПО позволит в кратчайшие сроки выйти на мировой уровень качества разработок в соответствии с современными методами оценивания.

Ададуров А.С., Моисеев В.В.

О разработке измерительного комплекса параметров приемных катушек АЛС/АЛС-ЕН ЭВС Сапсан

Ключевые слова:

автоматическая локомотивная сигнализация, контроль параметров, измерительное оборудование, результаты измерений.

Развитие высокоскоростного экологически чистого наземного транспорта носит общенациональный характер. В этом смысле показателен опыт эксплуатации поездов типа «Сапсан» (ЭВС-1, ЭВС-2), «Ласточка», «Аллегро», при этом огромное значение имеет безотказная работа автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) и автоматической локомотивной сигнализации единой непрерывной (АЛС-ЕН). С точки зрения воздействия внешних факторов (природно-климатические, механические, факторы, обусловленные высокой динамикой движения) одним из уязвимых элементов являются приемные катушки рельсовых сигналов.

В данной статье приводятся требования и основные структурные решения относительно измерительного комплекса (ИК) параметров приемных катушек КП, КПУ-1 на примере ЭВС «Сапсан», разработанные в СПбФ ОАО «НИИАС» при участии Северо-западной дирекции скоростного сообщения ОАО «РЖД».

В настоящее время контроль параметров приемных катушек представляет достаточно трудоемкий процесс, реализуемый с помощью измерительных приборов и напольного оборудования генерации рельсовых сигналов.

Высокая трудоемкость процесса обусловлена, во-первых, тем, что контроль параметров катушек производится только в смотровой канаве под поездом. При этом измерительный прибор ИП-ЛК должен быть подключен к отсоединенным выводам катушек, что требует снятия крышки клеммной

коробки, установленной под кабиной, а затем ее установки обратно. В зимний период происходит обледенение днища, и доступ к коробке становится весьма затруднительным. Во-вторых, процесс трудоемок по причине несовершенства так называемого испытательного шлейфа и невозможности оперативно управлять генератором сигналов, подаваемых в шлейф. Так, если проверка производится одним человеком, то ему требуется несколько раз выходить из смотровой канавы к щиту управления к щиту управления генератором, а затем возвращаться в смотровую канаву для проведения измерений. Испытательный шлейф представляет собой гибкую конструкцию из нескольких витков кабеля, раскладываемую на рельсах в виде квадрата 1,5х1,5 м и фиксируемую с помощью четырех клипс. При этом возможны провисания кабеля между рельсами и спадание кабеля с головок рельсов. Таким образом, не обеспечивается идентичность измерений.

Еще одним недостатком измерительного оборудования является невозможность автоматического сохранения результатов измерений в некотором электронном виде, что позволило бы проводить анализ, прогнозирование и предупреждение отказов.

Целями проводимой работы являются:

- устранение представленных выше недостатков;
- повышение производительности труда;
- расширение функциональных возможностей ИК;
- организация системы прогнозирования и предупреждения отказов катушек.

В результате анализа требований и проведенных оценок представляется, что ИК будет состоять из генератора с подключаемыми двумя испытательными шлейфовыми катушками и измерителя. Измеритель является управляющим устройством, управление осуществляется по радиоканалу. Шлейфовые катушки будут иметь жесткую конструкцию. Устанавливаться они будут на головки рельсов индивидуально под левую и правую приемные катушки АЛС/АЛСЕН. Все элементы упаковываются в единый чемодан (кейс) для транспортировки в пределах депо.

Генератор формирует синусоидальные токи (25, 50, 75, 100, 175 Гц), а в перспективе – сигналы АЛС/АЛС-ЕН. Предполагаемая структура генератора представлена на рис. 1.

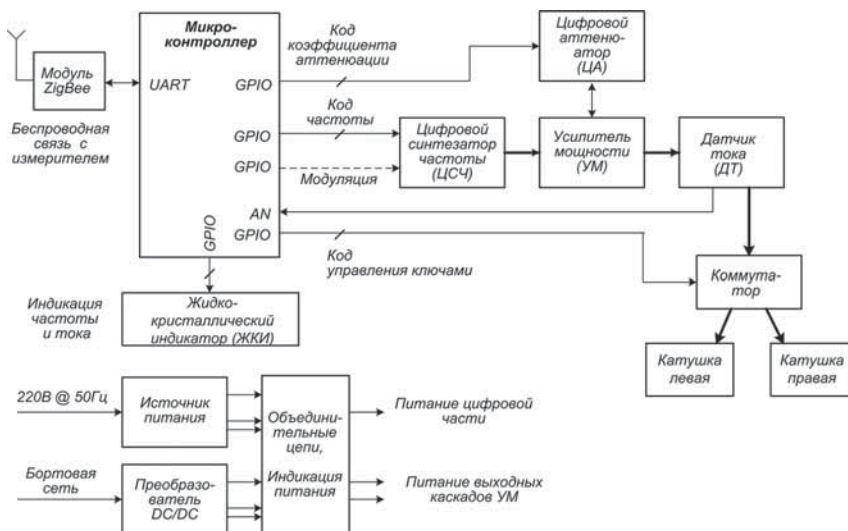


Рис. 1. Структура генератора

Управление генератором осуществляется по радиоканалу. В результате анализа наиболее подходящим вариантом является использование протокола ZigBee (IEEE 802.15.4), характеризующегося простотой, распространенностью устройств и их низкой стоимостью. Для модулей XBee Pro дальность связи на открытой местности составляет до 3200 м.

Микроконтроллер представляет основное управляющее звено внутри генератора. В его функции входит обработка входящей управляющей информации, поступающей по радиоканалу, формирование исходящей информации, формирование управляющих сигналов для других элементов. Взаимодействие с модулем ZigBee осуществляется через встроенный порт UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter – универсальный асинхронный приемопередатчик).

С помощью набора линий цифровых портов GPIO (General Purpose Input Output – входы/выходы общего назначения) формируемые управляющие сигналы передаются на остальные элементы.

Собственно генерация осуществляется цифровым синтезатором частоты. Современные ЦСЧ могут обеспечить дискретность перестройки по частоте с точностью до сотых и тысячных долей Гц. Пунктиром показана возможность модуляции сигнала по амплитуде (в случае АЛС) и по фазе (в случае АЛС-ЕН).

Для усиления сигнала используется усилитель мощности, в качестве которого наилучшим образом подходит низкочастотный усилитель класса D (Digital), способный выдавать в низкоомную нагрузку большой ток. Усилитель, как правило имеет вход управления обратной связью, поэтому реализуется возможность управления током через цифровой аттенюатор. С выхода ЦСЧ полезный сигнал показан на рисунке утолщенными линиями.

Датчик тока электрически изолирован от сигнальной цепи и работает на эффекте Холла. Выходной сигнал датчика подается на аналоговый вход микроконтроллера. Таким образом, возможна передача данных на измеритель о реальном значении тока. Данные об испытательном сигнале (реальное значение тока и частота) также отображаются на ЖКИ.

Коммутатор шлейфовых катушек позволяет подключать их в различных сочетаниях: по отдельности, синфазно, противофазно. Питание осуществляется от сети 220 В 50 Гц, и как вариант от бортовой сети.

Измеритель совместно с генератором обеспечивают измерение наводимой ЭДС, индуктивности, омического активного сопротивления, добротности, сопротивления изоляции.

На рис.2 представлена предполагаемая структура измерителя, которая существенно сложнее.

Взаимодействие с генератором также осуществляется по протоколу ZigBee. В перспективе возможно подключение к удаленному серверу через модуль GSM.

Предусматривается два варианта подключения к исследуемым приемным катушкам: с помощью клемм типа «крокодил» (для этого требуется снятие крышки клеммной колодки) и подключение к соединителю типа СНЦ23 вместо устройств КЛУБ-У/БЛОК.

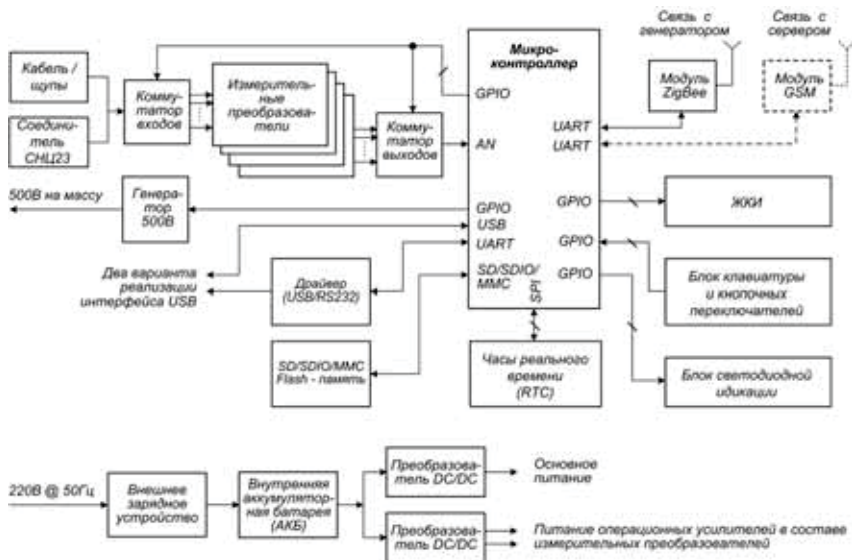


Рис. 2. Структура измерителя

В зависимости от вида проводимых измерений коммутатор входов и коммутатор выходов, управляемые микроконтроллером, подключают к аналоговому входу последнего тот или иной измерительный преобразователь. Функции преобразователей заключаются в преобразовании физической величины в напряжение, причем с единым динамическим диапазоном. Рядом с преобразователями изображен высоковольтный генератор 500 В, предназначенный для измерения сопротивления изоляции.

Результаты измерений и служебная информация отображаются на ЖКИ. К служебной информации относятся дата и время, номер поезда, номер головы, номер сеанса, идентификатор оператора. Также отображаются вид физической величины и измеренное значение.

Блок клавиатуры и кнопочных переключателей, блок светодиодной индикации предназначены для ручного управления процессом измерений, хотя возможно автоматическое управление.

Результаты измерений сохраняются в съемной Flash памяти, т.е., таким образом, формируется электронный архив. Также информация может быть передана через интерфейс USB. На рисунке показаны два варианта его реализации: с использованием UART и преобразователя интерфейсов (моста) RS232/USB или с использованием встроенного интерфейса USB, если таковой имеется.

Питание измерителя должно быть автономным, т.е. от внутреннего аккумулятора с возможностью подзарядки от внешнего зарядного устройства.

В плане реализации ИК в настоящее время изготовлен макет, с помощью которого возможно отлаживать некоторые протоколы обмена, в частности ZigBee, взаимодействие элементов на уровне электрических сигналов, исследовать правильность тех или иных структурных и схемотехнических решений.

УДК654.165

Климова Т.М.

Состояние и направления развития цифровых систем радиосвязи на железнодорожном транспорте

Ключевые слова:*цифровая радиосвязь, сети связи, подвижная спутниковая связь, передача данных.*

Общие направления развития систем радиосвязи на железнодорожном транспорте определены в разработанном отделением связи и утвержденном ОАО «РЖД» Системном проекте «Организация цифровой технологической радиосвязи и сетей передачи данных по радиоканалу».

Действующие сети технологической радиосвязи обеспечивают организацию поездной линейной радиосвязи на всем пространстве железных дорог (свыше 87 тысяч километров) преимущественно в диапазоне 2 МГц и организацию станционной радиосвязи на всех станциях сети дорог в диапазоне 160 МГц. К настоящему времени определены основные направления развития технологической радиосвязи железнодорожного транспорта, предусматривающие переход от аналоговых сетей к цифровым.

Действующие сети связи преимущественно ориентированы на организацию радиотелефонной связи (поездной и станционной). В настоящее время сохраняются требования по совершенствованию радиотелефонной связи, и развиваются сети, обеспечивающие передачу данных по радиоканалу для систем управления движением поездов.

Устранение существующих недостатков аналоговых систем поездной и станционной радиосвязи обеспечивается на основе применения цифровых систем радиосвязи. Построение и функции цифровых систем технологической радиосвязи ОАО «РЖД» должны предусматривать:

- ♦ использование международных стандартов при построении цифровых сетей радиосвязи с обеспечением электромагнитной совместимости радиосредств, интероперабельности при взаимодействии;
- ♦ минимизацию стоимостных показателей по развертыванию инфраструктуры и оснащению подвижного состава;
- ♦ использование единой инфраструктуры для организации каналов передачи речи и данных;
- ♦ оптимизацию использования частотного ресурса;
- ♦ расширение функциональных характеристик поездной и станционной радиосвязи (увеличение дальности радиосвязи между подвижными абонентами на основе использования режимов ретрансляции, автоматический выбор радиостанции с лучшим качеством связи («хэндовер»), наличие индивидуальной и функциональной адресации, передача информации о местоположении и скорости абонентов с использованием систем ГЛОНАСС/GPS);
- ♦ построение на основе систем радиосвязи систем управления движением поездов, в том числе систем, направленных на обеспечение безопасности движения;
- ♦ наличие многофункциональной системы управления сетями радиосвязи и регистрации передаваемой информации от всех абонентов систем;
- ♦ обеспечение информационной безопасности и др.

В соответствии с рекомендациями МСЖД основной вид поездной радиосвязи в мировой практике основан на стандарте GSM-R. В максимальном объеме сети поездной радиосвязи этого стандарта получили распространение в европейских странах и КНР. В соответствии с планами Евросоюза планируется оснастить системой свыше 159000 км из 221000 км, в настоящее время оснащено свыше 66000 км. Сети GSM-R продолжают интенсивно развиваться преимущественно для организации скоростного и высокоскоростного движения поездов.

На железных дорогах ОАО «РЖД» система GSM-R реализована на участке Нестеров–Калининград–Балтийск Калининградской железной дороги,

завершается строительство системы на участке Туапсе – Сочи – Адлер – Альпика-Сервис – Веселое Северо-Кавказской железной дороги; выполняется рабочее проектирование системы на участках Санкт-Петербург – Бусловская Октябрьской железной дороги и Малом Кольце Московской железной дороги. В соответствии с Системным проектом на участках скоростного и высокоскоростного движения поездов и отдельных участках первой категории в качестве основной системы поездной радиосвязи и системы передачи данных для систем, обеспечивающих безопасность движения, должна использоваться система GSM-R: на направлениях Москва – Ростов-на-Дону – Туапсе, Москва – Нижний Новгород – Казань, Москва – Смоленск – Красное (с выходом на Белоруссию (Брест), Москва – Суземка (с выходом на Украину(Киев).

Другой системой со сравнимыми параметрами является система стандарта TETRA. В ОАО «РЖД» система построена на участках Санкт-Петербург – Москва Октябрьской железной дороги (функционирует в режиме поездной радиосвязи и предоставляет каналы связи для системы определения местоположения впереди и вслед идущего поезда), Екатеринбург – Тюмень Свердловской железной дороги (функционирует в режиме РОРС) и на станции Челябинск–Главный Южно-Уральской железной дороги (предоставляет каналы связи для системы МАЛС). В соответствии с Системным проектом система стандарта TETRA должна применяться на крупных железнодорожных станциях – внеклассных и первого класса, – для организации станционной радиосвязи и сетей передачи данных систем управления движением поездов. На крупных железнодорожных станциях возможно также использование системы GSM-R для организации каналов связи для системы МАЛС.

На участках 1–4 категорий для организации основного канала поездной радиосвязи и передачи данных должны быть организованы цифровые сети радиосвязи на основе стандарта DMR (ПРСЦ-160), действующие в метровом радиочастотном диапазоне (160 МГц) полосах радиочастот 151,7125–154,0125 и 154,9875–156,0125 МГц; при этом резервным каналом поездной

радиосвязи будут являться аналоговые сети поездной радиосвязи гектометрового диапазона (2,130 МГц и 2,150 МГц). Основными преимуществами систем стандарта DMR являются:

- ♦ организация функционирования системы в соответствии с требованиями открытого стандарта, обеспечивающего возможность использования аппаратуры различных производителей;
- ♦ повышение эффективности использования частотного ресурса, выделенного ОАО «РДЖ» в диапазоне 160 МГц, на основе реализации двух рабочих каналов на каждой из пар частот с шагом сетки частот 12,5 кГц;
- ♦ повышение качества передачи речи в условиях высоких уровней акустических шумов (особенно на локомотивах);
- ♦ увеличение дальности радиосвязи для абонентских радиостанций при использовании в составе системы репитеров;
- ♦ возможности использования стандартных и разработки отечественных приложений на основе системы;
- ♦ расширение функциональных возможностей системы поездной радиосвязи, в том числе введение индивидуального вызова, использование цифрового кодирования, затрудняющего возможности несанкционированного доступа в систему, организация каналов передачи данных в радиостанции телефонной связи (использование второго слота) и в радиостанции передачи данных со скоростью 2,2 кбит;
- ♦ организация производства аппаратуры системы на российских предприятиях;
- ♦ сравнительно низкая стоимость строительства системы по сравнению с системой стандарта GSM-R.

Системы на основе стандарта DMR имеют ряд более низких эксплуатационно-технических показателей по сравнению с системами стандартов GSM-R (по пропускной способности и скорости передачи данных), что определяет необходимость использования на высокоскоростных и скоростных участках железных дорог в качестве основной системы поездной радиосвязи системы стандарта GSM-R. В качестве резервирующей системы для организации поезд-

ной радиосвязи и передачи данных по стандарту GSM-R на указанных участках должна использоваться цифровая система радиосвязи стандарта DMR.

Одно из наиболее перспективных направлений развития телекоммуникационных технологий основано на использовании стандарта LTE, ориентированного на работу при ширине полосы пропускания до 20 МГц с реализацией скоростей передачи данных свыше 50 Мбит/с. Стандарт LTE-R должен трансформировать стандарт LTE для сетей общего пользования в стандарт для обеспечения технологических задач железнодорожного транспорта. В настоящее время такого стандарта нет. В качестве ориентировочного окончания формирования стандарта LTE-R и начала его внедрения специалисты МСЖД указывают 2020г. Развитие системы LTE-R предусматривает обеспечение ее совместимости с сетями GSM-R.

Переход от системы поездной радиосвязи стандарта GSM-R к системе стандарта LTE-R позволит:

- ♦ реализовать стандартные услуги GSM-R;
- ♦ обеспечить предоставление дополнительных услуг, в том числе, передачу в центры управления видеoinформации о ситуации в поездах; видеoinформации о ситуации и состоянии инфраструктуры перед поездом;
- ♦ реализацию в полном объеме функций систем оповещения на платформах и путях, информирования пассажиров;
- ♦ передачу телевизионной информации для пассажиров (при достаточном частотном ресурсе) и др.

Реализация системы LTE-R для ОАО «РЖД» требует решения ряда организационных и технических задач, в том числе, формирование решения ГКРЧ о выделении ОАО «РЖД» необходимого частотного ресурса, обеспечение работы системы при скоростях движения поездов до 400 км/ч с организацией речевого трафика. На первом этапе использования системы целесообразно ориентироваться на применение сетей LTE сотовых операторов связи, включенных в сеть POPC GSM (СПД POPC GSM).

Для организации сетей поездной радиосвязи и передачи данных по радиоканалам на малодетальных направлениях могут применяться:

- ♦ системы радиосвязи стандарта DMR (ПРСЦ-160);
- ♦ системы радиосвязи сотовых операторов связи, объединенных в сеть РОРС-GSM;
- ♦ системы спутниковой подвижной связи.

В качестве каналаобразующей аппаратуры могут применяться:

- волоконно-оптические линии связи;
- радиорелейные линии связи;
- спутниковые системы фиксированной связи.

Внедрение данных технологий должно осуществляться применительно к каждому конкретному участку с учетом функциональных возможностей систем и экономических факторов, определяющих выбор конкретной телекоммуникационной технологии.

Для организации поездной радиосвязи и каналов передачи данных на малодейственных направлениях в условиях перегонов большой протяженности (свыше 30–40км) и малонаселенной местности целесообразно ориентироваться на использование систем подвижной спутниковой связи «Турайя», «Иридиум», «Инмарсат», «Глобалстар» (при условии реализации группировки спутников в полном объеме) в комплексе с системой РОРС-GSM (СПД РОРС-GSM).

Положительный опыт внедрения систем подвижной спутниковой связи получен на Сахалинском регионе Дальневосточной железной дороги. Однако в связи с сокращением группировки спутников системы «Глобалстар» целесообразно переориентировать созданную систему на спутниковую группировку «Турайя» с учетом результатов испытаний этой системы, проведенных с участием специалистов института в 2012–2013гг.

Для организации ремонтно-оперативной радиосвязи (радиосвязь работников ремонтных подразделений дирекций инфраструктуры и др.) должна использоваться система РОРС-GSM. Для организации каналов передачи данных информационно – управляющих систем, не связанных с обеспечением безопасности движения, – система СПД РОРС GSM.

Должно предусматриваться развитие сетей РОРС – GSM (СПД РОРС GSM) и их интеграция с сетями поездной радиосвязи и передачи данных GSM-R, DMR; спутниковой подвижной связи; ОБТС; СПД ОБТН.

Существенно важным направлением совершенствования систем технологической радиосвязи является предоставление каналов передачи данных для различных информационно-управляющих систем, использующих радиоканалы передачи данных, в том числе, систем управления движением соединенных (тяжеловесных, длинносоставных) поездов – СУТП, ИСАВП-РТ, СУЛ-РМ; систем, направленных на обеспечение безопасности движения и увеличение пропускной способности участков железных дорог – АБТЦ-М, КУПОЛ, КЛУБ-У, БЛОК; систем управления локомотивами на станциях МАЛС, ГАЛС, Призма и др. Эти системы, преимущественно, используют в качестве транспортной среды радиоканалы, организованные в метровом радиочастотном диапазоне (160 МГц).

С позиций построения сетей передачи данных по радиоканалу имеется ряд нерешенных проблем:

- отсутствует единый технологический подход к построению систем; системы строятся как автономные и независимые друг от друга;
- отсутствуют взаимоувязанные, согласованные в рамках ОАО «РЖД» протоколы взаимодействия по радиоканалу, принципы нумерации абонентов;
- в большинстве случаев не предусматривается защита информации от несанкционированного доступа, блокирования мешающими радиосредствами и др.

Радиосети передачи данных для информационно-управляющих систем, направленных на обеспечение управления движением поездов и локомотивов, должны строиться на основе цифровых систем радиосвязи в следующих радиочастотных диапазонах:

- ◆ метровом (160 МГц) – на основе стандарта DMR и цифровых радиостанций передачи данных;
- ◆ дециметровом (460 МГц) – на основе цифровых систем радиосвязи стандарта TETRA, преимущественно на крупных станциях;
- ◆ дециметровом (900 МГц) – на основе стандарта GSM-R.

Для участков скоростного и высокоскоростного движения поездов, участков первой категории должно предусматриваться построение интегрированных сетей поездной радиосвязи и передачи данных на основе использования стандартов GSM-R (основной канал) и DMR (резервный канал передачи данных).

Для участков 2–4 категорий должно предусматриваться преимущественное построение линейных и зональных сетей передачи данных на основе использования стандарта DMR.

Для построения систем оповещения работающих на железнодорожных путях станций и перегонов, информирования пассажиров о приближении поезда должно предусматриваться использование средств технологической радиосвязи, включающее:

- построение Централизованной интегрированной системы информирования пассажиров, оповещения работающих и парковой двусторонней связи (ЦИСОП) с использованием цифровых систем радиосвязи стандартов GSM-R (TETRA) и DMR для передачи информации о местоположении и скорости движения поезда;
- построение локальных систем оповещения с преимущественным использованием технологической радиосвязи метрового радиочастотного диапазона (160 МГц) стандарта DMR для передачи информации о приближении поезда от места установки датчика информации об обнаружении поезда к формирователю сигнала оповещения работающих на путях с обеспечением режимов контроля состояния (исправности) радиоканала.

Развитие цифровых сетей технологической радиосвязи создает условия для обеспечения интеграции этих сетей между собой и с цифровыми сетями технологической связи. Интегрированная сеть технологической связи должна иметь многоуровневую структуру, содержащую первичные транспортные сети связи на основе протоколов, вторичные сети технологической связи, включающие действующие сети ОТС, ОбТС, ПРС и вновь образуемые, в частности, системы видеонаблюдения и контроля и прикладной пользовательский уровень абонентов – пульта управления, радиостанции и другое оборудование.

Коган Д.А., Молдавский М.М.

Оптимизация форм карт грозовой активности участков железной дороги с расширением и углублением проводимой в них информации

Ключевые слова:

железнодорожная автоматика, защита от молний и электромагнитных воздействий, отказы устройств, статистика нарушений, устройства защиты.

Результаты исследования опыта сбора и обработки статистических данных об отказах устройств ЖАТ из-за грозовых и комутационных воздействий на четырёх железных дорогах России: Забайкальской, Горьковской, Свердловской и Северной, проведённого ОАО «НИИАС», показали, что каждая из дорог составляет отчётные документы по статистическим данным об отказах, отличающиеся от документов других дорог. Кроме того, на разных дорогах глубина освещения отказавших обустройств и воздействия их на задержку движения поездов разные. Составляемые документы не имеют чёткой связи между собой и поэтому трудно анализируются причинно-следственные зависимости отказов устройств ЖАТ и приборов защиты от молнии и электромагнитных воздействий. Для сокращения или устранения последующих отказов могут быть приняты недостаточно рациональные технические меры, а обосновать эффективность инвестиций в модернизацию устройств молниезащиты не позволит неучтённый ущерб.

Ниже рассмотрены особенности документов по сбору статистических данных по отказам на разных дорогах, их достоинства и недостатки.

На Забайкальской ж.д. по рассматриваемой проблеме составляются следующие основные документы:

- карта грозовой активности;
- схема оснащённости железной дороги устройствами ЖАТ;

- справка об отказах технических средств ЖАТ;
- таблица отказов приборов ЖАТ за определённый период (год).

На карте грозовой активности, выполненной в одностороннем исполнении согласно схеме железной дороги с разделением на дистанции СЦБ, с километровыми координатами и названиями участковых станций, выделены стрелками места одиночных и повторяющихся воздействий молнии. Они несут формализованные данные об интенсивности этих воздействий, но, как недостаток, в них отсутствуют временные и количественные показатели отказов и характеристики последствий воздействия.

Схема оснащённости Забайкальской железной дороги устройствами ЖАТ едина на всю дорогу, достаточно образно раскрывает всю информацию и однотипна с аналогичными схемами других дорог. Недостатком её является отсутствие информации о применённых на участках средствах защиты от импульсных перенапряжений.

Справка об отказах технических средств ЖАТ за определённый период раскрывает календарное число происшествия, длительность устранения отказа, номер дистанции СЦБ, название перегона или станции, на которой произошло грозовое воздействие, характеристику и физическую причину повреждения, в которой приводится эксплуатационное последствие отказа, перечень повреждённых или заменённых приборов (год их выпуска и дата последней проверки в РТУ дистанции), количество и длительность задержанных поездов. Указанные характеристики дают возможность достаточно полно провести анализ отказов и выработать рекомендации по их сокращению. Недостатком является то, что справка об отказах не связана «сверху» с картой грозовой активности, и «снизу» с повреждением конкретных элементов изделий.

Таблица отказов приборов ЖАТ содержит перечень отказавших за обследуемый период времени приборов и число повреждений перечисленных приборов, привязанное к календарному числу происшествия. Недостатком является то, что отказавший прибор не привязан к месту его эксплуатации и к конкретному электромагнитному воздействию.

На Горьковской ж.д. по рассматриваемой проблеме составляются следующие основные документы:

- схемы повреждения приборов ЖАТ по регионам;
- схема оснащённости железной дороги устройствами интервального регулирования движения поездов;
- таблица факторного анализа причин задержки поездов;
- таблица анализа отказов аппаратуры из-за грозовых перенапряжений за рассматриваемый годовой период.

Схемы повреждения приборов СЦБ по регионам, эквивалентные картам грозовой активности, характеризуют места воздействий молнии на схематическом плане железнодорожной линии с разделением его на дистанции СЦБ, с указанием числа путей и названий станций. На схеме приведено число повреждений отдельно приборов СЦБ и приборов грозозащиты от воздействия молний. Кроме того, на схеме показана оснащённость участков системами грозозащиты по РУ-90, И-247-97 и т.п. Недостатком схем является то, что они не содержат временных показателей задержек и характеристик последствий воздействия их на движение поездов.

Схема оснащённости железной дороги устройствами интервального регулирования движения поездов имеет недостаток в том, что в ней отсутствует тип устройств ЖАТ на станциях (эта информация приведена в отдельных таблицах).

В таблице факторного анализа причин задержки поездов приведены дата отказа, время начала отказа, место отказа (номер ШЧ, название станции и перегона), длительность задержки поездов (количество поездов и станций, время задержки), длительность устранения отказа (дифференцированно по трём диапазонам: до 10 мин., 10–30 мин. и более 30 мин.), классификация отказа по системам ЖАТ (ЭЦ, АБ и т.д.), по эксплуатационному проявлению (перекрытие светофора, ложная занятость и т.д.), по элементам (р.ц., аппаратура СЦБ, кабель и т.д.) и по причинам (молния, несовершенство или нарушение технологии и т.д.). Указанные характеристики могут наиболее полно использоваться при анализе отказов и выработке рекомендаций по их устранению.

Таблица анализа отказов аппаратуры во время грозы содержит дату отказа, название станции и перегона, характеристику (систему) ЖАТ и грозозащиты, тип отказавшего прибора, дату проверки и год его выпуска, характеристику отказавшего элемента.

В целом указанные три документа наиболее полно по сравнению с другими дорогами предоставляют данные для выработки рекомендаций по сокращению отказов и определению экономических потерь.

На Свердловской ж.д. по рассматриваемой проблеме составляются следующие основные документы:

- карта грозовой активности;
- схема оснащённости железной дороги устройствами интервального регулирования движения поездов;
- таблица отказов устройств ЖАТ и устройств защиты от перенапряжений;
- таблица эксплуатационных последствий из-за грозových перенапряжений за рассматриваемый годовой период.

Карта грозовой активности характеризует цветом места грозových воздействий на схематическом плане железнодорожной линии всей дороги, на которой нанесены названия станций. Отметки несут только формализованные данные о количестве отказов по четырём градациям (2, 3, 4, 5 и более). Недостаток карты состоит в том, что она не содержит временных показателей отказов и характеристик эксплуатируемых устройств.

Схема оснащённости железной дороги устройствами интервального регулирования движения поездов имеет недостаток в том, что в ней отсутствует тип устройств ЖАТ на станциях (эта информация приведена в отдельных таблицах).

Таблица отказов устройств ЖАТ и УЗИП, происшедших в грозу, раскрывает дату и место отказа, отказавший прибор (с указанием даты проверки и года выпуска) или выявленное повреждение устройства и повреждённый элемент отказавшего изделия. Недостатком таблицы является то, что она не содержит длительность устранения и эксплуатационное проявление отказа.

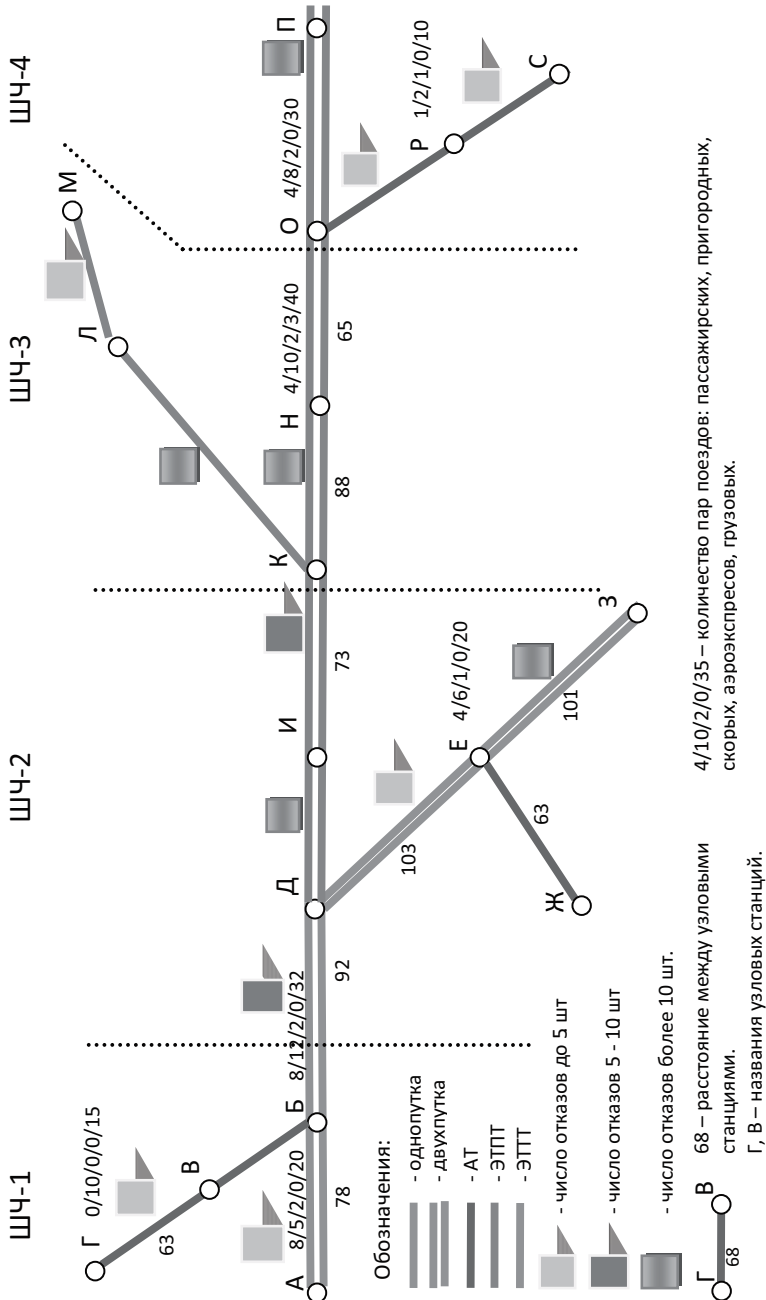


Рис. 1. Схематический план характеристики движения на железной дороге.



Рис. 2. Схематический план оснащённости средствами ЖАТ с повреждениями от грузовых и коммутационных перенапряжений устройств ШЧ-1 на железной дороге

Таблица учёта эксплуатационных последствий грозовых воздействий за рассматриваемый период (год) содержит привязанные к дистанциям СЦБ обобщённые показатели количества задержанных поездов разных категорий и суммированные длительности их задержки.

Общим недостатком указанных четырёх документов является отсутствие данных по длительности устранения отказов для определения экономических потерь и по характеристикам применяемых на участках устройств грозозащиты.

На Северной ж.д. по рассматриваемой проблеме составляются следующие основные документы:

- карта грозовой активности двух видов;
- статистика случаев нарушения нормальной работы устройств ЖАТ из-за воздействия грозовых разрядов и коммутационных перенапряжений.

Карта грозовой активности первого вида составляется по участкам, за требуемый временной период и показывает: число гроз, дату отказов, применённые системы защиты от импульсных помех и повреждённую аппаратуру.

На карте грозовой активности второго вида, так же составленной по участкам, цветными прямыми линиями выделены области и дата грозового воздействия. Карта совмещена с таблицей, на которой с привязкой к дате и месту воздействия конкретизированы характер повреждения, отказавшие прибор и деталь. Обе карты частично повторяют друг друга.

Недостатком карт обоих видов является отсутствие общей картина грозовой активности и числа отказов в целом по дороге.

Статистика случаев нарушения нормальной работы устройств ЖАТ из-за воздействия грозовых разрядов, а также из-за коммутационных перенапряжений, составлена в виде таблицы, в которой наиболее полно приведены все характеристики отказов, в том числе отказавший прибор и характер его повреждения (деталь), вид устройств защиты на объекте, длительность устранения отказа и время задержки поездов. Недостатком является отсутствие информации об имеющейся системе устройств ЖАТ на объекте отказа. Эти сведения могут быть почерпнуты из схемы или таблиц оснащённости железной дороги системами интервального регулирования движения поездов на перегонах и ЭЦ на станциях.

Из краткого описания приведённых материалов видно, что каждая дорога по своему регистрирует и обрабатывает статистику отказов, отсутствует единая форма, а также обобщённые показатели и цель анализа отказов.

На основании обследования перечисленных карт грозовой активности, карт оснащённости линий системами интервального регулирования движения поездов и таблиц отказов предлагается ввести единую иерархическую систему построения отчётно-статистической документации по регистрации повреждений устройств ЖАТ от грозовых и коммутационных перенапряжений. В цепочке документов имеется 4 последовательности (шага), каждый из которых содержит необходимые для данного уровня объём и смысл информации, углубление которой происходит в следующем по цепочке уровне – документе, связь между которыми устанавливается номером закладки и переход к которому происходит автоматически после воздействия на эту закладку. Документы не должны быть перегруженными информацией, которая на данном шаге не является отчётной.

Верхний (первый) уровень представляется схематическим планом характеристики движения (на одном листе) линии железной дороги (рис. 1) с указанием числа путей, названия узловых и участковых станций, расстояния между ними, вида локомотивной тяги, количества пар поездов всех категорий: пассажирских, пригородных, скорых, «авиаэкспрессов», грузовых, отдельно с повышенной грузоподъёмностью, и разграничением участков обслуживания каждой дистанцией СЦБ. На межстанционных участках плана для общей ориентации цветными метками обозначается число отказов аппаратура ЖАТ от грозовых и коммутационных воздействий за обследуемый период с разграничением по числу отказов: до 5, 5–10 и более 10 шт.

Второй уровень представляется схематическими планами оснащённости средствами ЖАТ определённой дистанции СЦБ в целом (рис. 2). На плане указываются все станции и количество стрелок на них, расстояния между станциями, оснащённость участков системами интервального регулирования движения поездов и станций типами ЭЦ, год пуска указанных систем в эксплуатацию и число отказов от грозовых и импульсных перенапряжений отдельно приборов СЦБ и приборов защиты на станциях и перегонах.

Diagram of a 12-bar mechanism with two cranks and two connecting rods. The cranks are labeled Bx.4д and Bx.4. The connecting rods are labeled c.y.3, c.y.4, c.y.5, and c.y.6. The diagram shows the mechanism in a specific configuration with dimensions and angles indicated.

[illegible]

Рис. 3. Схематический план оснащённости дистанции устройствами ЖАТ с указанием повреждений от грозových перенапряжений

Третий уровень представляется схематическими планами оснащённости средствами ЖАТ всех участков железной дороги (рис. 3), обслуживаемой определённой дистанцией СЦБ. На плане указываются все станции и количество стрелок на них, оснащённость всех участков системами интервального регулирования движения поездов и станций типами ЭЦ, номера сигнальных установок, переездов и оснащённость их и ЭЦ системами молниезащиты, вид заземлителя на сигнальных установках и его сопротивление, количество гроз и количество отказов аппаратуры ЖАТ и устройств защиты от перенапряжений.

Четвёртый уровень представляет собой таблицу отказов аппаратуры ЖАТ и молниезащиты дистанции СЦБ, на которой должны указываться: дата и время отказа, название станции ЭЦ или станций, ограничивающих перегон, тип вышедшего из строя изделия и характер повреждения элемента этого изделия, год выпуска изделия и дата последней проверки, продолжительность отказа, число задержанных поездов по категориям и время задержки (возможно суммарное). В итоговой строчке таблицы для определения удельных показателей и оценки убытков должно приводиться суммарное количество отказов, число вышедших из строя изделий, общее время устранения отказов, количество и длительность задержки поездов.

Эти данные используются для определения эффективности проведения модернизации устройств защиты от импульсных перенапряжений и обоснования выделения инвестиций на эти цели.

Баландин В.И., Блиндер И.Д., Вериго А.М.

Новое поколение цифровой технологической связи ОАО «РЖД»

Ключевые слова:

интегрированная система цифровой технологической связи (ИЦТС), IP-технология, технологическая связь, телекоммуникационный сервер

Технологическая связь железнодорожного транспорта включает в себя диспетчерские связи управления движением поездов и текущим содержанием инфраструктуры, диспетчерские связи центров управления перевозочным процессом, станционную распорядительную связь, перегонную, межстанционную связи, станционную парковую связь, общетехнологическую связь, информирование пассажиров и оповещение работающих на железнодорожных путях, связь совещаний, видеосвязь и видеонаблюдение, передачу данных систем оперативно-технологического назначения, поездную и станционную радиосвязь.

Как следует из этого перечня, технологическая связь, в той или иной мере, используется при выполнении основных технологических процессов управления перевозками, обеспечения безопасности движения и безопасности работающих на железнодорожных путях, обслуживания пассажиров, технической эксплуатации инфраструктуры и в административно-хозяйственной деятельности железнодорожного транспорта на всех уровнях.

Широкое внедрение автоматизации и компьютерных технологий во всех производственных процессах практически не умаляет значение телефонной и радиотелефонной связи, используемых в штатных и особенно внештатных ситуациях эксплуатационной деятельности железнодорожного транспорта.

Создание современных технологий управления перевозочным процессом, внедрение интеллектуальных комплексных автоматизированных систем, обеспечивающих повышение эффективности эксплуатационной деятельности железнодорожного транспорта, уровня безопасности движения,

повышение качества обслуживания пассажиров требует соответствующего развития и совершенствования системы технологической связи.

В рамках выполнения такой задачи по плану НИОКР ОАО «РЖД» в 2013 г. ОАО «НИИАС» совместно с ЦСС разработана технология создания технологической связи ОАО «РЖД» нового поколения, обеспечивающей расширение и совершенствование функциональных возможностей при использовании современных перспективных принципов технической реализации телекоммуникационных систем.

В действующей в настоящее время на сети железных дорог ОАО «РЖД» системе цифровой технологической связи используется TDM-технология, основанная на коммутации каналов. При этой технологии для каждого вида связи предоставляются выделенные каналы и применяются, как правило, отдельные коммутационные станции.

Для обеспечения надежности («живучести») ответственных видов связи (ОТС, ПРС и др.) предоставляемые для них первичные цифровые каналы формируются в виде кольцевых структур верхнего и нижнего уровней, обходные тракты которых используются с низкой эффективностью (только при нарушении связи в основном тракте). Любая реорганизация связи в таких структурах требует выполнения сложных, многоплановых переключений, определенные трудности возникают при проектировании и строительстве подобных структур.

Применение для каждого вида связи отдельной коммутационной станции существенно удорожает строительство и техническую эксплуатацию. Существующие сети TDM-технологии имеют ограниченный ресурс пропускной способности и практически не рассчитаны на реализацию новых функций в системе технологической связи.

Система технологической связи нового поколения создана с применением коммутации пакетов (IP технологии) на основе интегрированной аппаратно-программной платформы. Построенная таким образом интегрированная система цифровой технологической связи (ИЦТС) позволяет реализовать следующие возможности:

- использовать для установления соединений абонентов (объектов) во всех подсистемах связи единого серверного оборудования, обеспечивающего раздельное функционирование на программном уровне каждой подсистемы с возможностью осуществления санкционированного выхода отдельных абонентов из одной подсистемы в другую;
- обеспечить обслуживание вызовов группы из нескольких железнодорожных станций (5–6) одним телекоммуникационным сервером, рассчитанным на обслуживание своей и соседней группы станций в аварийном режиме (например, при отказе сервера соседней группы);
- организовать взаимодействие объектов в сети технологической связи по единому протоколу SIP, в результате чего окажется возможным применение оборудования разных производителей, исключающее зависимость заказчика от одного поставщика;
- обеспечить реализацию ряда новых функций, таких как видеосвязь между диспетчером и дежурными по станциям, видеонаблюдение для диспетчера и других абонентов сети, возможность переговоров диспетчера с абонентами диспетчерского круга как по традиционному групповому каналу, так и в индивидуальном режиме;
- организовать на основе сети с коммутацией пакетов диспетчерские связи вертикали управления перевозочным процессом, обеспечивая прямые выходы диспетчеров (руководителей) центров управления к объектам регулирования соответствующих полигонов;
- обеспечить, наряду с реализацией функций оперативно-технологической и общетехнологической связи, информирование пассажиров о времени отправления (прибытия), маршруте следования поездов, о приближении подвижного состава к пассажирским платформам и оповещение работающих на железнодорожных путях на основе единого коммутационного, усилительного оборудования и транспортной сети;
- использование IP-технологии для всех видов связи дает возможность применения на рабочих местах диспетчеров центров управления, поездного диспетчера, энергодиспетчера, дежурного по станции и других руководителей

многофункционального сенсорного терминала взамен множества разнотипных переговорно-вызывных устройств, действующих в настоящее время.

Технология создания ИЦТС разработана с учетом максимального использования типовых, серийно выпускаемых изделий, применяемых в цифровых системах передачи и коммутации, системах громкоговорящего оповещения и др.

К специфическим изделиям, используемым в условиях железнодорожного транспорта, относятся только парковые переговорные устройства.

Мировая тенденция преимущественного применения в телекоммуникационных системах IP-технологии, влияющая на увеличение выпуска соответствующих комплектующих изделий (узлов), при относительном снижении их стоимости, позволяет, наряду с перечисленными выше факторами, снизить затраты на строительство и техническую эксплуатацию системы.

Принцип организации ИЦТС представлен на рис.1.

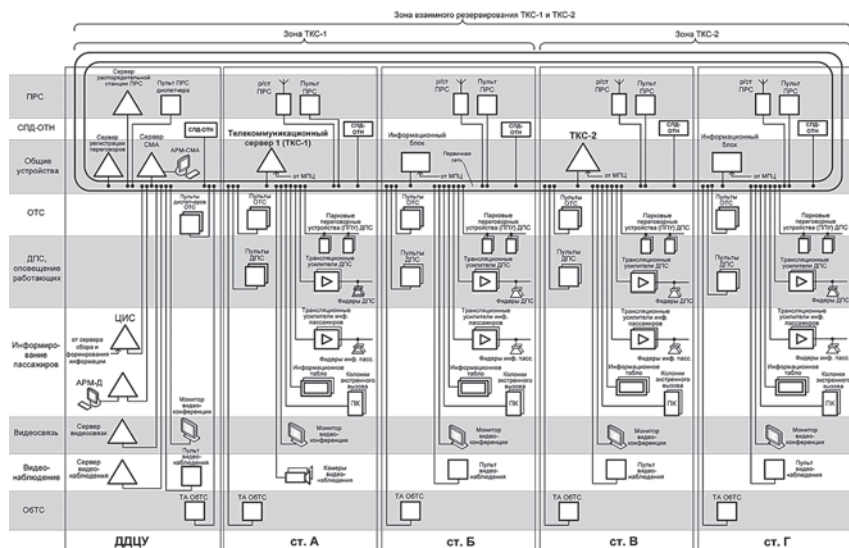


Рис.1. Принцип организации системы ИЦТС

Переговорно-вызывные устройства, усилительное и информационное оборудование каждого вида связи подключены к общей сети IP, с которой

взаимодействуют телекоммуникационные серверы ТКС-1 и ТКС-2, центральный информационный сервер, АРМ диспетчера системы информирования пассажиров, серверы видеосвязи и видеонаблюдения, оборудование СМА и сервер централизованной регистрации переговоров.

Телекоммуникационный сервер ТКС-1 обслуживает в штатном режиме центр управления и станции А и Б, сервер ТКС-2 – станции В и Г, причем при отказе сервера ТКС-2 обслуживание станций В и Г автоматически принимает сервер ТКС-1, а при отказе ТКС-1 центр управления, станции А, Б, В и Г обслуживаются сервером ТКС-2.

Структурная схема фрагмента ИЦТС представлена на рис.2.

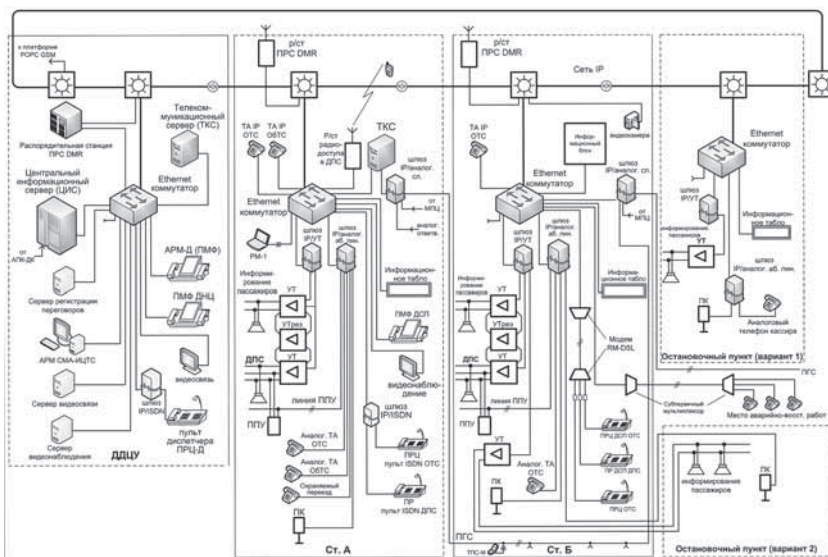


Рис.2. Структурная схема фрагмента ИЦТС

В состав интегрированной цифровой системы технологической связи входят:

- транспортная сеть IP;
- оперативнотехнологическая связь (ОТС);
- двухсторонняя станционная парковая связь (ДПС);

- подсистема информирования пассажиров на станциях и остановочных пунктах;
- подсистема оповещения работающих на железнодорожных путях;
- поездная радиосвязь (ПРС);
- общетехнологическая связь (ОбТС);
- видеосвязь;
- видеонаблюдение.

В системе организованы мониторинг и администрирование (СМА-ИЦТС), взаимодействующие с ЕСМА, централизованная регистрация переговоров и рабочее место диспетчера системы информирования пассажиров (АРМ-Д).

Транспортная сеть IP организована по ВОЛС кольцевой структуры с применением коммутаторов-маршрутизаторов T-Marc 3312SCMPLS и ядра сети на базе коммутатора T-Metro 7224MPLS, рассчитанного на взаимодействие с аналогичным оборудованием Cisco. Возможна организация транспортной сети на другом оборудовании аналогичного назначения. На нижнем уровне транспортной сети обеспечивается скорость передачи не менее 1 Гбит/с, максимальная задержка в передаче речевых сообщений не превышает 120–150 мс.

Функционирование транспортной сети организовано по технологии MPLS. В результате применения технологии MPLS эффективно обеспечивается возможность поддержки требуемой для каждого вида связи категории обслуживания QoS.

В транспортной сети ИЦТС предусмотрена возможность одновременно формирования IP и TDM технологий, используемой для получения необходимого количества ПЦК (Е1), для организации GSM-R, систем ДЦ, ТУ-ТС и других. TDM технология функционирует независимо от IP технологии занимая большую часть общей пропускной способности транспортной сети.

В дорожном центре диспетчерского управления размещены Центральный информационный сервер (ЦИС), переговорно-вызывные устройства диспетчеров, оборудование АРМ-СМА-ИЦТС, сервер дистанционной регистрации переговоров, сервер видеосвязи и автоматизированное рабочее

место диспетчера системы информирования пассажиров (АРМ-Д), подключенные к транспортной сети через Ethernet-коммутатор.

На станциях предусмотрены телекоммуникационный сервер, переговорно-вызывные устройства ОТС, ДПС, ОБТС, трансляционные усилители, нагруженные на фидеры ДПС и фидеры информирования пассажиров, парковые переговорные устройства (ППУ), информационные табло и колонки экстренного вызова для пассажиров, оборудование видеосвязи и видеонаблюдения. Все эти устройства подключены к транспортной сети IP через Ethernet-коммутатор.

На станциях, на которых отсутствует телекоммуникационный сервер, обеспечение функционирования подсистемы информирования пассажиров и оповещения работающих выполняет информационный блок.

Переговорно-вызывные устройства ISDN, трансляционные усилители, линии перегонной связи, линии аналогового ответвления и другие объекты, не имеющие интерфейсов Ethernet, подключаются к Ethernet-коммутатору через соответствующие шлюзы.

Для большинства абонентов применены переговорно-вызывные пульта и телефоны IP, имеющие Ethernet-интерфейсы. В связи с тем, что взаимодействие подобных устройств с сетью IP при использовании кабельной линии с металлическими жилами возможно на расстоянии не более 100 м, организация связи при больших расстояниях (до 4–6 км) осуществляется с применением модемов, например типа EMXN04-E, включаемых по схеме на рис.3.

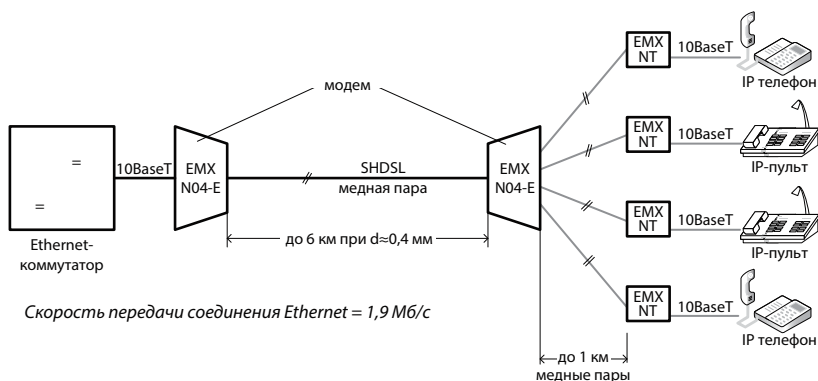


Рис.3. Организация связи с использованием xDSL модемов

Функционирование подсистем ОТС, ДПС, ОБТС, ПРС осуществляется в соответствии с установленной на российских железных дорогах технологией. В групповом канале диспетчерской связи, организованном в сети IP, обеспечивается принцип переговоров «каждый с каждым и каждый с диспетчером» с правом перебоя диспетчером каждого абонента.

Функционирование группового канала осуществляется способом, представленным на рис. 4. Речевые сообщения диспетчера передаются по сети IP ко всем абонентам диспетчерского круга в режиме «Multicast». Речь каждого абонента (например, абонента 3 на рис.4) передается диспетчеру в режиме «Unicast» и от аппаратуры диспетчера автоматически передается в режиме «Multicast» ко всем абонентам круга, кроме, в данном случае, абонента 3.

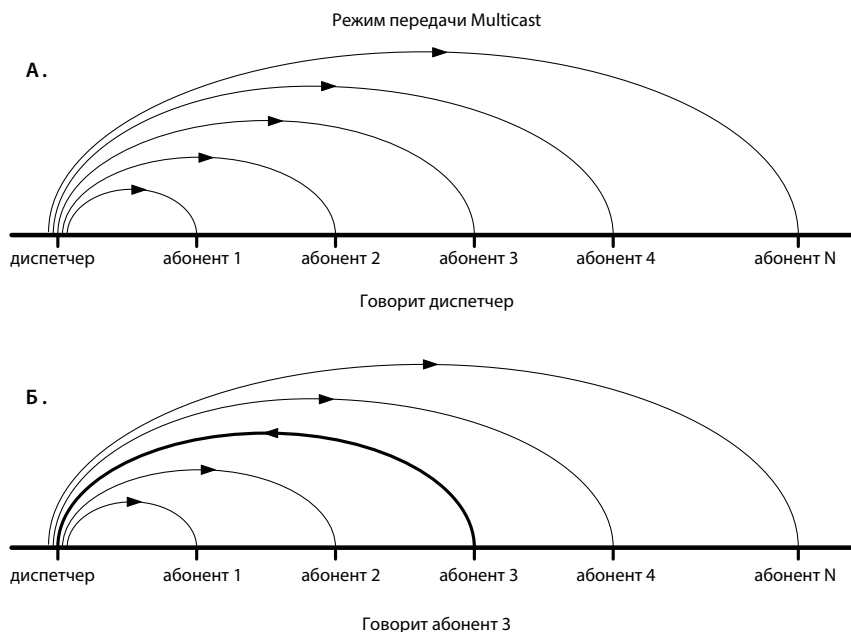


Рис.4. Способ функционирования диспетчерской конференц-связи

Поездная радиосвязь в ИЦТС может быть организована как с применением аналоговых радиостанций с линейным интерфейсом Ethernet (2 и

160 МГц), при этом функции распорядительной станции ПРС выполняет телекоммуникационный сервер ИЦТС, так и с применением цифровой системы технологической радиосвязи стандарта DMR, также ориентированной на использование в линейном тракте IP сети.

В подсистеме ДПС, предназначенной для передачи громкоговорящих команд и ведения переговоров в парках железнодорожной станции между руководителями и исполнителями технологических процессов, предусмотрен выход поездного диспетчера в сети двухсторонней парковой связи станций своего круга и дежурного по опорной станции в сети ДПС управляемых станций.

В качестве источника исходных данных для подсистемы информирования пассажиров могут использоваться информационно-управляющие системы железнодорожного транспорта (ИУС), такие как «Автодиспетчер», АСУ-Д или другие.

В настоящее время наиболее эффективным источником исходных данных является разработанный компанией «Компьютерные информационные технологии» (г. Санкт-Петербург), сервер сбора и формирования информации о движении поездов, взаимодействующий с оборудованием ДК (ДЦ), ГИД «Урал» и ГВЦ.

Информация о времени отправления (прибытия), маршруте следования поезда и о приближении подвижного состава к пассажирской платформе, поступающая в ЦИС от сервера сбора и формирования информации, передается им адресно по транспортной сети IP на телекоммуникационные серверы (информационные блоки) и воспроизводится на соответствующих станциях визуально с помощью информационных табло и в виде речевых сообщений, формируемых ТКС или информационным блоком.

Контроль за работой подсистемы информирования пассажиров осуществляется диспетчером или другим ответственным лицом с помощью автоматизированного рабочего места (АРМ-Д), выполненного на основе многофункционального пульта с сенсорным монитором (ПМФ). Пульт может быть дополнен жидкокристаллической информационной панелью.

На пульте АРМ-Д предусмотрены экранные формы контроля за функционированием подсистемы информирования на всем участке (рис.5) и контроля за воспроизведением информации для пассажиров на конкретной станции или остановочном пункте (рис.6).

На экранной форме рис.5 отображен контроль за информированием пассажиров в направлении движения поездов от ст.А к ст.Г в период времени от 00 ч 00 мин до 00 ч 20 мин. По достижении 00 ч 20 мин автоматически включается временной интервал 00 ч 20 мин – 00 ч 40 мин и так далее. исполненное информирование отображается зеленым цветом, отказ – красным.

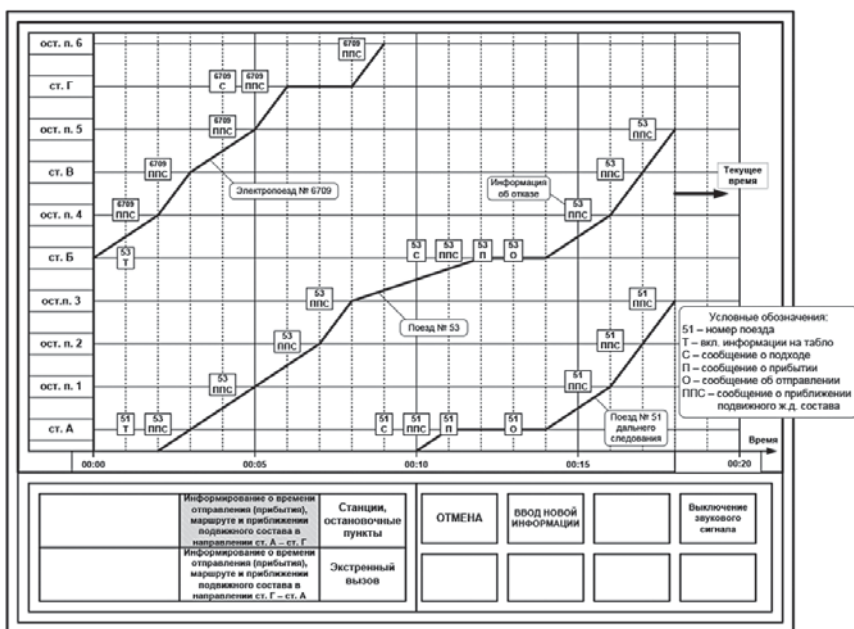


Рис.5. Экранная форма контроля за информированием пассажиров на участке железной дороги

Для контроля работы устройств информирования на конкретной станции должна быть нажата клавиша «Станции, остановочные пункты» на пульте, а затем клавиша конкретной станции, например Б (рис.6). На экранной форме при этом отображается информация на табло и воспроизводится

речевое сообщение, передаваемое в данный момент времени по громкоговорящей связи платформы станции Б.

Ст.Б

Московское время
00:10

Информационное табло пл. 1

Номер и категория поезда	Начальный и конечный пункты следования	Время отправления		Остановочные пункты	Номер платформы отправления	Сведения о задержке отправления
		часы	мин			
Скорый М55	Ст. А – Ст. Г	00	14	Без остановок	пл. №1	

Прослушивание		
Ф2А		
Передача сообщений		
Ф2А		
ОТМЕНА		ОТБОЙ
Информация на табло		
ОТМЕНА	Ввод новой информации	1 2

		Наименование станций на участке			
		ст. А	ост.п.1	ост.п. 2	ост.п. 3
	Информирование о времени отправления (прибытия), маршруте и приближении подвижного состава в направлении ст. А – ст. Г	Станции, остановочные пункты Экстренный вызов			
	Информирование о времени отправления (прибытия), маршруте и приближении подвижного состава в направлении ст. Г – ст. А				
		ст. Б	ост.п.4	ст. В	ост.п. 5
		ст. Г	ост.п.6		

Рис.6. Экранная форма контроля за информированием пассажиров на конкретной станции

Диспетчер имеет возможность при отсутствии взаимодействия ЦИС с сервером сбора и формирования информации изменить или ввести на АРМ-Д соответствующую визуальную или речевую информацию для конкретного объекта.

Оповещение работающих на железнодорожных путях станции о приближении подвижного состава, осуществляется с помощью фидерных линий двухсторонней парковой связи (ДПС) на основании информации, поступающей в ТКС или информационный блок, от микропроцессорной электрической централизации (МПЦ).

Для функционирования системы оповещения работающих в МПЦ должна быть предусмотрена разбивка станций на зоны оповещения, в пределах каждой из которых располагаются конкретные объекты обслуживания (ремонта) – стрелки, сигналы и другие объекты. В системе ИЦТС зоны оповещения привязаны к конкретным фидерным линиям.

При вводе в МПЦ дежурным по станции разрешения на выполнение работ на конкретном объекте в телекоммуникационный сервер (информационный блок) ИЦТС от МПЦ поступает сигнал разрешения работ в конкретной зоне оповещения. В результате приёма сигнала разрешения по фидеру (фидерам) ДПС данной зоны осуществляется передача контрольных тональных сигналов длительностью 1–2 секунды с периодом повторения 12–15 секунд, воспроизводимых громкоговорителями. Наличие контрольных тональных сигналов подтверждает разрешение на проведение работ в данной зоне и свидетельствует о исправном функционировании системы оповещения.

При обнаружении МПЦ приближающегося к месту работ железнодорожного подвижного состава, передача тональных контрольных сигналов прекращается и в фидерной линии (линиях) данной зоны воспроизводится формируемое в ИЦТС по команде МПЦ соответствующее речевое сообщение о приближении подвижного состава к конкретному объекту, повторяющееся каждые 10 секунд до прохода подвижного состава.

При отсутствии на станции МПЦ, сигналы контроля и оповещения работающих могут быть подключены ко входам усилителя ДПС от релейной системы ЭЦ или от контролируемого пункта ДЦ по схемам, принятым для системы СДПС-Ц.

В устройствах, используемых в ИЦТС для формирования и воспроизведения сигналов контроля и оповещения, предусмотрены меры по обеспечению функциональной безопасности.

Контроль за функционированием и информация об отказе подсистем оповещения работающих и информирования пассажиров осуществляется на пульте ДПС дежурного по станции и на АРМ-СМА-ИЦТС.

Дежурный по станции имеет возможность передачи экстренных сообщений на пассажирские платформы своей станции и прикрепленных остановочных пунктов.

Экстренная связь пассажира с диспетчером системы информирования, с МЧС, полицией и скорой медицинской помощью осуществляется с помощью колонок экстренного вызова (ПК), установленных на платформах и в помещении вокзала.

Многофункциональный пульт (ПМФ), использование которого предполагается у диспетчеров центров управления перевозками, ДНЦ, ЭЦЦ, диспетчера подсистемы информирования пассажиров и дежурных по станциям 1–3 классов, выполнен на основе 15” сенсорного монитора Touch-screen.

На пульте предусмотрены экранные формы (страницы) радио и проводных видов связи. Проводные виды связи включаются при нажатии клавиши, обозначенной буквой «П», радиосвязи – буквой «Р» в служебном окне экранных форм.

Для обеспечения надежности на рабочем месте ДНЦ предполагается применять два ПМФ – один для проводных связей (нажата клавиша «П»), другой для радиосвязи (нажата клавиша «Р»), при этом на каждый из пультов должны быть заведены как проводные связи, так и радиосвязь. В случае отказа одного из пультов на другом должны быть нажаты обе клавиши «П» и «Р», в результате чего на нем до восстановления отказавшего пульта окажется возможным работать по проводным связям и по радиосвязи.

ПМФ снабжен двумя микротелефонными трубками, обеспечивающими, в случае необходимости, сохранение переговоров, установленных в предыдущей экранной форме, при переходе на новую экранную форму.

В служебном окне экранных форм введена информационная строка, на которой при поступлении вызова с закрытой в данный момент экранной формы указывается наименование вызывающего абонента.

Вариант экранной формы ОТС пульта ПМФ поездного диспетчера приведен на рис.7. На рис.8 представлен внешний вид многофункционального пульта.

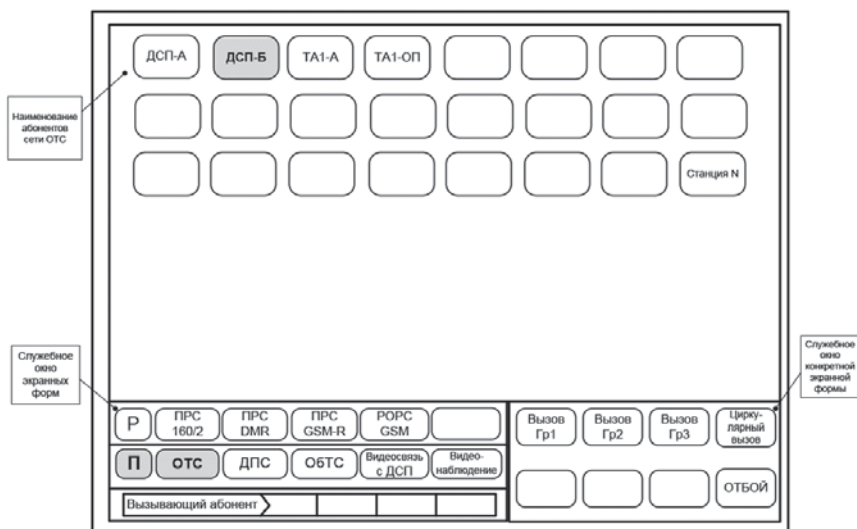


Рис.7. Экранная форма пульта ПМФ ДНЦ
«Оперативно-технологическая связь» (ОТС)

Видеосвязь и видеонаблюдение осуществляются с использованием видеокамер на соответствующих рабочих местах и на объектах. Включение видеосвязи и видеонаблюдения осуществляется на соответствующей экранной форме ПМФ, на которой воспроизводится изображение абонентов видеосвязи. Изображение абонентов видеосвязи при организации видеоконференции воспроизводится на дополнительном плазменном экране. Передача информации видеосвязи и видеонаблюдения осуществляется по общей транспортной сети IP.



Рис.8. Многофункциональный пульт связи (ПМФ)

Эксплуатационные и приемочные испытания ИЦТС были проведены на Западно-Сибирской железной дороге на базе аппаратных и программных средств ЗАО «ИскраУралТЕЛ». Приемочной комиссией ОАО «РЖД» система ИЦТС рекомендована к применению на российских железных дорогах.

В соответствии с планом научно-технических работ ОАО «РЖД» в 2014 г. институтом ведется работа по расширению функциональных возможностей ИЦТС в части интеграции с перспективной системой поездной радиосвязи по стандарту DMR.

Васильев О.К., Вериго А.М., Черников А.А.

Цифровая система поездной радиосвязи и передачи данных в радиочастотном диапазоне 160 МГц (ПРСЦ-160)

Ключевые слова:

поездная радиосвязь, стандарт DMR, цифровая система поездной радиосвязи (ПРСЦ-160)

Существующая поездная радиосвязь, организованная на сети железных дорог ОАО «РЖД», включает в себя линейные и зонные сети радиосвязи. Линейные сети предназначены для организации связи поездного диспетчера с машинистами подвижных объектов, зонные – для организации связи машиниста с дежурными по станциям и другими абонентами, оснащенными радиостанциями. При этом, для линейных сетей используются гектометровый, а для зонных – метровый диапазон волн.

К недостаткам существующей системы поездной радиосвязи относятся:

- неудовлетворительное качество связи из-за высокого уровня помех в диапазоне 2 МГц (помеховая обстановка в этом диапазоне частот продолжает ухудшаться из-за внедрения современного подвижного состава с асинхронным тяговым приводом, увеличения токов в тяговой сети и т.п.)
- работа на одной несущей частоте в линейных сетях;
- отсутствие индивидуального вызова;
- отсутствие идентификации вызывающего и вызываемого абонентов;
- отсутствие организации непрерывных каналов связи с подвижными объектами;
- отсутствие возможностей организации систем передачи данных.

В настоящее время в мировой практике основной тенденцией развития поездной радиосвязи является внедрение цифровых систем радиосвязи. В наибольшей степени требования поездной радиосвязи реализуют на осно-

ве применения цифровых систем связи, например, систем стандарта GSM-R. Однако, их применение, по экономическим критериям, может быть целесообразно лишь на участках скоростного и высокоскоростного движения, где на базе системы радиосвязи реализуются системы управления, обеспечивающие безопасность движения и информационные системы различного назначения.

ETSI в 2006 году принят стандарт DMR, который позиционируется как открытый стандарт, т.е. предполагается, что оборудование различных производителей совместимо. Уже сейчас оборудование серийно выпускается зарубежными компаниями Motorola, Hytera, Selex и отечественными – компанией «Уральские радиостанции», г. Ижевск («ЭРИКА»).

Существует три уровня (Tier) стандарта DMR:

- DMR Tier I – простейший вариант технологии, ориентированный на работу без сетевой инфраструктуры и без использования технологии множественного доступа с разделением по времени TDMA (от англ. Time Division Multiple Access) в не лицензируемом диапазоне 446 МГц с максимальной мощностью оборудования – 0,5 Вт. Оборудование по технологии DMR Tier I ориентировано на частных пользователей и малые предприятия, которым не требуются большая зона покрытия и расширенные возможности радиосвязи.
- DMR Tier II – стандарт конвенциональной связи, охватывающий лицензируемые частоты от 66 до 960 МГц. Оборудование этого стандарта предназначено для тех пользователей, которым необходимы качественная передача голоса, интегрированная возможность передачи данных и более эффективное использование спектра. Для DMR Tier II определена двухслотовая технология TDMA в канале 12,5 кГц.
- DMR Tier III описывает транкинговую связь в диапазонах 66–960 МГц. Здесь также используется двухслотовая TDMA в канале 12,5 кГц. DMR Tier III призван заменить стандарт аналоговой транкинговой связи MPT-1327.

Основными преимуществами цифровой системы поездной радиосвязи стандарта DMR по сравнению с аналоговыми системами радиосвязи являются:

- организация функционирования системы в соответствии с требованиями открытого европейского стандарта, обеспечивающего возможность использования аппаратуры различных отечественных и зарубежных производителей;
- более эффективное использование частотного ресурса – стандарт DMR с сохранением рабочих характеристик физического канала с шагом сетки частот 12,5 кГц. Два логических канала позволяют, например, передавать одновременно два самостоятельных вызова или использовать один из каналов для передачи данных. Необходимо отметить, что для организации двух логических каналов в технологии DMR необходимо наличие репитера, синхронизирующего тайм-слоты;
- повышение качества передачи голоса на краю зоны покрытия за счет улучшенных механизмов шумоподавления и технологии коррекции ошибок;
- увеличение дальности радиосвязи для носимых станций за счет использования репитеров;
- увеличение времени автономной работы носимых радиостанций за счет снижения энергопотребления при работе в двухслотовом режиме ориентировочно на 20-25%;
- наличие аварийного вызова;
- возможность использования стандартных и разработки собственных приложений, использующих стандартные структуры канала передачи данных (IP протоколы);
- организация мониторинга состояния сети (для подключения к ЕСМА необходимо использовать специальное ПО);
- совместимость с существующим аналоговым оборудованием (аппаратура стандарта DMR обеспечивает работу в аналоговом и цифровом режимах).

Применение цифрового стандарта DMR создает возможность расширения функциональности системы поездной радиосвязи:

- введение индивидуального вызова;
- использование цифрового кодирования передаваемых сигналов, обеспечивающее защиту от несанкционированного прослушивания передаваемой информации;
- передача коротких сообщений в канале передачи речи;
- организацию каналов передачи данных со скоростью до 2 кбит/с (передача текстовых сообщений, данных ГЛОНАСС/GPS, сигналов телеметрии).

Сферой применения цифровой системы поездной радиосвязи по стандарту DMR могут быть участки, где не планируется строительство систем GSM-R.

Стандарт DMR. предусматривает, кроме базовых функций применение различных приложений, которые в дальнейшем позволят расширить функциональные возможности системы радиосвязи

В связи с этим институтом разработаны требования и технические решения по построению на основе рекомендаций стандартов DMR. цифровую систему поездной радиосвязи и передачи данных в радиочастотном диапазоне 160 МГц (ПРСЦ-160) для обеспечения::

- поездной радиотелефонной связи;
- передачи данных по радиоканалу в информационно – управляющих системах.

Системные вопросы по построению ПРСЦ-160 отрабатывались сначала на опытном участке Владимир – Петушки Горьковской ж.д. и затем Пермь – Чепца Свердловской ж.д.

Эксплуатационно-технические возможности использования технологии ПРСЦ-160 на сети железных дорог ОАО «РЖД»

Система ПРСЦ-160 предназначена для работы в метровом диапазоне волн в полосах частот 151,7-154,0; 155,0-156,0 МГц (шаг сетки частот 12,5 кГц).

Система ПРСЦ-160 обеспечивает двустороннюю связь машинистов поездных локомотивов, мотор-вагонных поездов, специального самоходного подвижного состава с:

- поездным диспетчером в пределах всего диспетчерского участка (ДНЦ);
- дежурными по железнодорожным станциям, ограничивающим перегон (ДСП);
- машинистами встречных и вслед идущих локомотивов, мотор-вагонных поездов, специального самоходного подвижного состава, находящихся на одном перегоне;
- дежурными по переездам и локомотивных депо;
- начальником (механиком-бригадиром) пассажирского поезда и помощником машиниста при выходе его из кабины на расстояние, необходимое для ограждения поезда и при удалении его от оси пути следования поезда в пределах действия носимой.

При установлении связи между перечисленными абонентами в системе ПРСЦ-160 используются индивидуальный, групповой, аварийный и общий вызовы.

Система ПРСЦ-160 в радиотелефонном режиме обеспечивает организацию двух независимых каналов связи за счёт применения протокола TDMA и передачу данных по ним о координатах местоположения объектов и текстовых сообщений. Один канал преимущественно используется для связи ДНЦ с подвижными единицами, второй – для ДСП с подвижными единицами.

Технические средства системы ПРСЦ-160 обеспечивают электромагнитную совместимость с цифровыми и аналоговыми радиосредствами в выделенном диапазоне частот и возможность формирования сайтов сетей передачи данных на основе одной антенны при помощи развязывающих устройств.

Локомотивные радиостанции телефонной связи, возимые и носимые радиостанции, обеспечивают прямое взаимодействие друг с другом в цифровом и аналоговом режимах.

Система ПРСЦ-160 обеспечивает работу радиосредств в режимах двух-частотного симплекса (цифровой режим через ретранслятор) и одночастотного симплекса (аналоговый или цифровой режим), переход системы с одного режима на другой происходит автоматически на стороне локомотивной радиостанции.

В системе ПРСЦ-160 предусмотрен прямой режим (связь между абонентами осуществляется без использования базовой станции) в одночастотном симплексе на выделенном отдельно настраиваемом канале.

На мобильных, возимых и портативных радиостанциях предусмотрен встроенный ГЛОНАСС/GPS приемник для передачи данных о местонахождении и скорости подвижного объекта на уровень диспетчера ДНЦ или дежурного по станции ДСП.

При установлении соединений абонентов машинистов локомотивов и поездов с ДНЦ и ДСП в системе предусматривается выбор стационарной базовой станции (ретранслятора), обеспечивающей лучшее качество связи (активный роуминг).

При перемещении мобильных радиостанций между зонами базовых радиостанций (ретрансляторов) осуществляется автоматическое переключение мобильной радиостанции на частотные каналы базовых радиостанций, т.е. обеспечивается непрерывная радиосвязь (пассивный и активный роуминг).

При использовании группового вызова от машинистов к ДСП связь обеспечивается с любым ДСП, прилегающим к данному перегону.

Система ПРСЦ-160 позволяет обеспечить в пределах одного диспетчерского участка работу до 50 базовых радиостанций, количество пультов различного назначения не ограничивается.

В составе локомотивной и портативной радиостанций предусмотрено включение приемника ГЛОНАСС/GPS и передача данных о местоположении поезда на радиосервер с периодичностью 1 раз в 30 секунд или 1 раз в 1 минуту (устанавливается не оперативно).

В системе ПРСЦ-160 обеспечивается возможность проведения администрирования и контроля параметров базовых станций, (ретрансляторов)

и локомотивных радиосредств, контроля уровня полезного сигнала вдоль перегонов железной дороги и параметров радиосредств с использованием вагона-лаборатории и соседних базовых радиостанций, а также:

- возможность передачи на железнодорожных станциях от информационных устройств различного назначения (например, ЦСИОП, речевого информатора) сообщений в радиоканал;
- возможность введения приоритетов и ограничений при пользовании базовых радиостанцией (репитером) поездным диспетчером и дежурным по станции;
- возможность организации конференц-связи для переговоров ДСП и ДНЦ с машинистом.

Технология построения системы ПРСЦ-160

Круг поездной радиосвязи (рисунок 1) содержит радиосервер, пульта диспетчерского центра (ДНЦ, ТНЦ, ЭЧЦ), пульта дежурных по станциям, АРМ администратора связи и базовые радиостанции (базовая радиостанция, обеспечивающая радиопокрытие в определенной географической зоне, именуется также сайтом). Для соединения элементов системы ПРСЦ-160 используется ресурс IP сети или строится выделенная для этой цели локальная сеть IP.

Радиосервер обеспечивает функционирование системы ПРСЦ-160. Один радиосервер может обслуживать одновременно несколько сайтов (до 50 сайтов).

С пультов диспетчерского центра (ДНЦ, ТНЦ, ЭЧЦ), пультов дежурных по станциям обеспечивается посылка вызова, установление соединений, переговоры, разъединение и другие функции. Пульта системы ПРСЦ-160 устанавливаются на рабочих местах независимо от места расположения базовых радиостанций.

Базовые радиостанции устанавливаются вдоль линий железных дорог на железнодорожных станциях или других стационарных объектах и обеспечивают необходимое радиопокрытие, радиосвязь в пределах сайта между

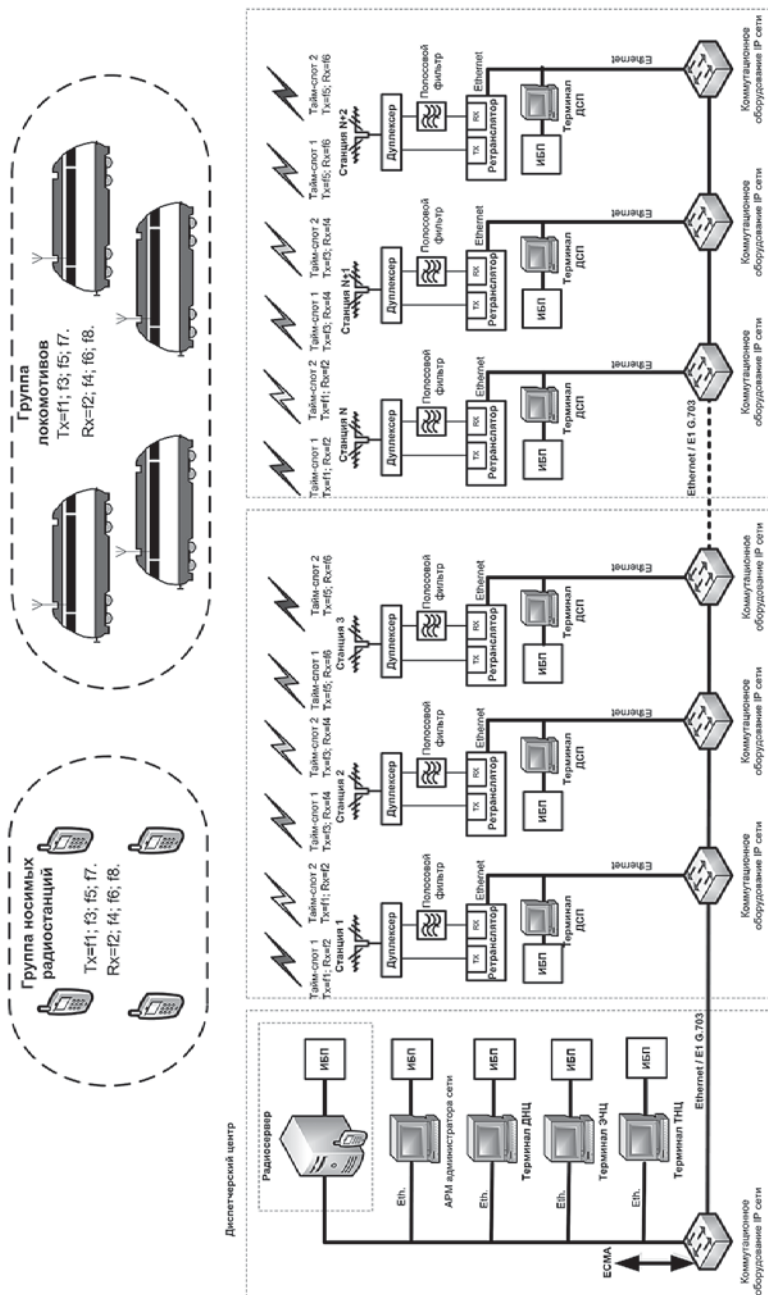


Рис.1. Круг поездной радиосвязи на базе ПРСЦ-160

подвижными и стационарными объектами и включают ретрансляторы; антенно-фидерные устройства и устройства бесперебойного электропитания.

Базовые радиостанции могут содержать один или несколько ретрансляторов, каждый ретранслятор обеспечивает организацию двух тайм-слотов (двух самостоятельных каналов). Для поездной радиосвязи выделяется один ретранслятор.

Для функционирования системы ПРСЦ-160 используется программный комплекс для конфигурирования ретрансляторов, локомотивных, возимых и носимых радиостанций, а также специализированное ПО для радиосервера и пультов диспетчерского центра и дежурных по станциям.

Введен в эксплуатацию участок Болдино – Ундо́л – Колокша Горьковской ж.д.

Передача данных в системе ПРСЦ-160

Система ПРСЦ-160 поддерживает передачу данных в цифровом режиме и для той информации, которая предусмотрена в дополнение к голосовой связи.

Для передачи данных используется встроенный в радиостанцию модем, работающий в полосе 12,5 кГц по стандартному UDP/IP протоколу. Адресация в сети обеспечивается согласно протоколу IPv4.

В режиме передачи данных обеспечивается следующая функциональность:

- шаблоны сообщений (до 140 символов);
- заранее запрограммированные сообщения (до 10 сообщений);
- передачу данных с мобильных и носимых радиостанций через встроенный ГЛОНАСС/GPS приемник о местонахождении и скорости подвижного объекта на АРМ администратора сети или на пульт ДНЦ или ДСП;
- передачу текстовых сообщений от радиостанций на пульта АРМ администратора сети или на пульта ДНЦ или ДСП.

Передача текстовых сообщений обеспечивается на носимые и возимые радиостанции от внешних управляющих устройств через радиостанции, установленных у внешних управляющих устройств. Все соединения между радиостанциями и внешними управляющими устройствами осуществляется через стык USB.

Передача данных так же может осуществляться по сети радиосвязи в информационно- управляющие системы.

Передача информации в различных информационно- управляющих системах (АБТЦ-М, АСУЖТ, МАЛС, КЛУБ-У и др.) организуется по выделенным для этой цели техническим средствам, которые используются в системе ПРСЦ-160.

Заключение

1. Проведенные испытания цифровой системы ПРСЦ-160 на участке Владимир — Петушки Горьковской ж.д. подтвердили возможность реализации поездной радиосвязи на основе стандарта DMR.
2. Технические решения для опытного участка, разработанные ОАО «НИИАС», позволили определить структуру построения системы ПРСЦ-160 и ее элементов, отвечающим требованиям отраслевой специфики ОАО «РЖД».
3. Результаты проведенной работы ОАО «НИИАС» позволили приступить к разработке цифровых систем радиосвязи для железнодорожного транспорта отечественными производителями для поездной радиосвязи, станционной радиосвязи, передачи данных в информационно-управляющих системах, системах управления тормозами тягловесных поездов и в других системах.

*Системы управления
транспортной
инфраструктурой
и имущественным
комплексом*

УДК654.165

Розенберг Е.Н., Ададунов А.С.

Экспериментальное определение характеристик волоконно-оптического датчика для определения загрузки грузовых вагонов

Ключевые слова:

безопасность движения поездов, системы диагностики, колесная пара, вертикальные динамические нагрузки, система контроля вертикальных динамических нагрузок (СКВДН), волоконно-оптический датчик

В рамках выполнения планов ежегодных Программ повышения безопасности ОАО «РЖД» и на основании Программы оснащения сети железных дорог системами диагностики подвижного состава, утверждённой Старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В.А. Гапановичем, ОАО «НИИАС» произвел внедрение на Октябрьской железной дороге Систему контроля вертикальных динамических нагрузок (СКВДН).

Аппаратура СКВДН включает в себя набор специально установленных волоконно-оптических датчиков и программное обеспечение, позволяющее определять реальное техническое состояние поверхности катания колесной пары на ходу поезда и даёт возможность в режиме реального времени следить за изменением технического состояния поверхности катания, что при наличии правильно отобранных критериев позволит принимать своевременное решение об изъятии наиболее опасных дефектных колесных пар.

Прохождение колеса вагона над волоконно-оптическим датчиком (ВОД) приводит к уменьшению светового потока лазерного излучения, проходящего через ВОД. Структурная схема ВОД представлена на рис.1.

Излучение полупроводникового лазера или светодиода (ПЛ) проходит через оптическое волокно(ОВ), часть которого размещается в силоизмерительной панели(СИП). СИП является аналогом подрельсовой прокладки, внутри которой находится ОВ. Второй конец ОВ подключен к оптико-элек-

тронному преобразователю (ОЭП), предназначенному для формирования электрического сигнала, амплитуда которого пропорциональна мощности светового потока на входе ОЭП.

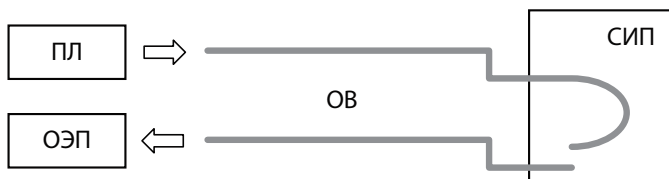


Рис. 1. Структурная схема волоконно-оптического датчика

В общем случае можно считать, что значение выходного сигнала ВОД определяется изменением коэффициента пропускания светового потока ОВ при этом значение пропорционально силе, приложенной к СИП и приводящей к изменению оптических свойств ОВ.

Компания Sensor Line GmbH приводит следующую зависимость выходного сигнала ВОД от прилагаемой силы (Рис.2)

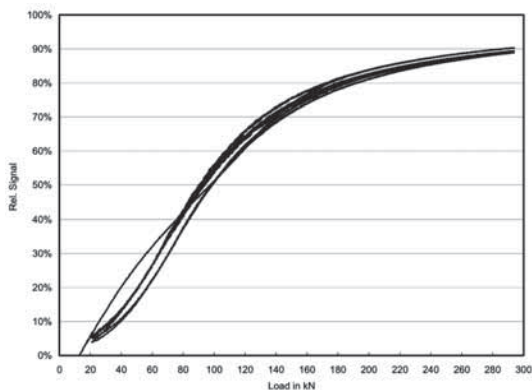


Рис. 2

Следует отметить, что характеристика ВОД на рис.2 имеет иллюстративный характер, демонстрирующий возможности ВОД, и не может быть использована для калибровки ВОД.

Для определения зависимости выходного сигнала ВОД от прилагаемой статической нагрузки был проведен лабораторный эксперимент путем приложения к СИП калиброванной нагрузки с использованием комплекса для калибровки силоизмерительных датчиков (рис. 3а, 3б).



Рис. 3а

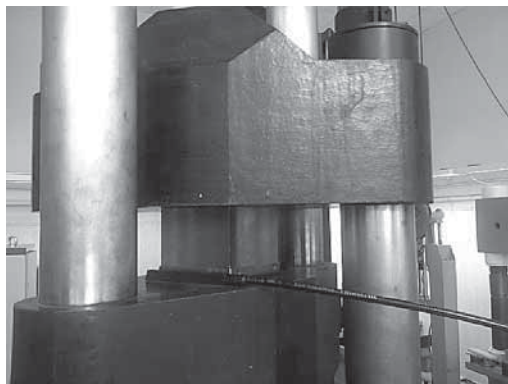


Рис. 3б

Установка позволяет изменять усилие, прикладываемое к СИП, в диапазоне от 2 до 2000 кН с относительной погрешностью 0,001. Для калибровки ВОД усилие изменялось дискретно в диапазоне от 50 до 450 кН. На рис. 4 приведен график изменения выходного напряжения ВОД при нагружении и разгрузении СИП.

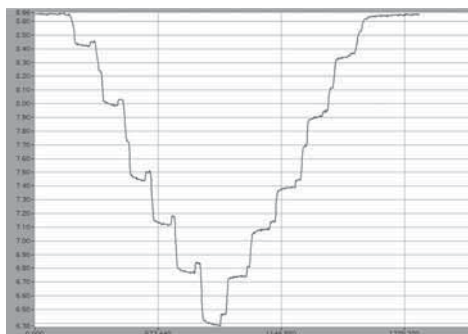


Рис. 4

По горизонтальной оси на рис. 4 отложено время в секундах, по вертикальной – выходное напряжение ОЭП ВОД в Вольтах. Максимальное отклонение выходного сигнала при нагрузке в 450 кН составило 2,28 В. Зависимость от приложенной нагрузки приведена на рис. 5.

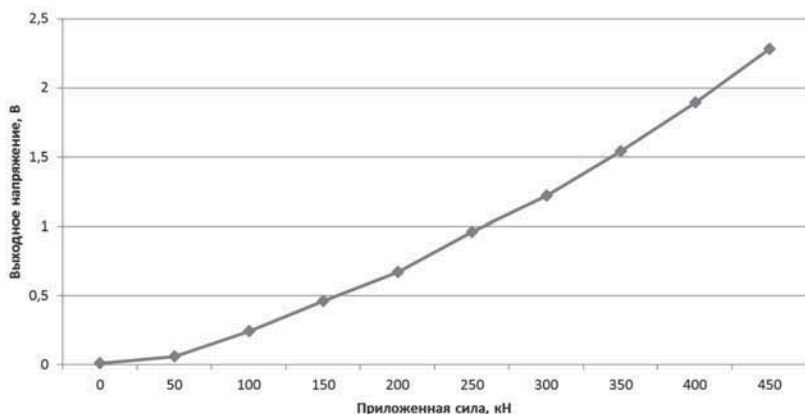


Рис. 5

Полученные данные свидетельствуют о практически линейной зависимости в диапазоне нагрузок от 50 до 450 кН, что расходится с данными, полученными от компании-изготовителя ВОД, согласно которым линейный участок выходного сигнала ВОД заканчивается при нагрузке около 100 кН.

Следует отметить, что в лабораторных условиях усилие на ВОД передавалось через толстую металлическую пластину, а сам датчик лежал на массивной плите (рис. 3б). Поэтому можно считать, что ВОД находился между двумя абсолютно твердыми телами, что существенно отличается от использования ВОД при нахождении его между рельсом и шпалой.

Одной из основных характеристик железнодорожного пути является жесткость. Под жесткостью понимается отношение приложенной к головке рельса соответствующей силы (вертикальная, горизонтальная) к возникающему в точке приложения силы прогибу в вертикальной или поперечной горизонтальной плоскости. Значение жесткости влияет на максимальную

величину прогиба рельса под нагрузкой, на характеристики колебаний, возникающих в балластном слое, а также на силу, действующую со стороны шпалы на ВОД, находящийся между шпалой и рельсом.

До того момента когда система «шпала-балластный слой» достигнет предела упругости будет существовать разность силы действующей на ВОД со стороны рельса и силы реакции опоры, определяемой жесткостью системы «шпала-балластный слой», вследствие чего выходной сигнал ВОД в реальных условиях практически всегда будет меньше, чем в условиях эксперимента. Причем чем менее жестким будет путь, тем значительнее будет эта разница.

В рамках настоящей работы не предполагалось проведение исследований жесткости железнодорожного пути, поэтому для калибровки ВОД был выбран способ с использованием состава с известными нагрузками на ось.

Для калибровки выходных сигналов ВОД был проведен натурный эксперимент с использованием тестового состава, который состоял из локомотива ТГМ-4 (количество осей – 4, общая масса – 78,6 т, нагрузка на ось – 19,65 т, средняя нагрузка на колесо – 9,82 т) и порожнего вагона (количество осей – 4, общая масса – 22,85 т, нагрузка на ось – 5,57 т, средняя нагрузка на колесо – 2,29 т).

Тестовый состав совершил четыре цикла проездов через измерительный участок СКВДН. Каждый цикл состоял из проезда в прямом направлении со скоростями (20,30,40 и 55 км/час) и проезда в обратном направлении со скоростью около 30 км/час. Причем поскольку при проезде в обратном направлении локомотив двигался позади вагона, то сторона локомотива относительно установленных ВОД не изменялась (каждое колесо при движении и в прямом, и в обратном направлении проезжало через одни и те же ВОД).

Поскольку в тестовом составе на всех колесных парах отсутствовали дефекты катания, то по результатам эксперимента предполагалось

- определить возможность общей калибровки ВОД для оценки веса вагонов и нагрузки на ось;
- оценить возможность использования ВОД для выявления неравномерной загрузки вагона;

- определить зависимость выходного сигнала ВОД от скорости движения состава.

На рис. 6 приведены выходные сигналы семи ВОД, установленных на последовательно расположенных шпалах при движении состава со скоростью около 30 км/час.

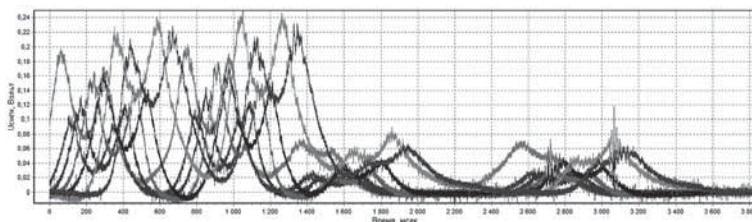


Рис. 6а.

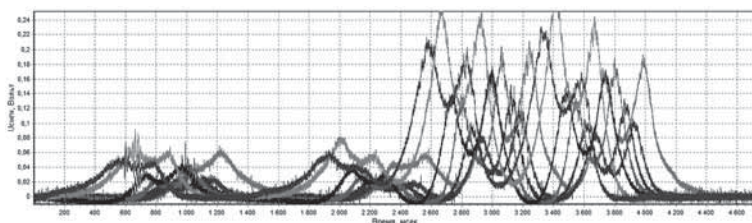


Рис. 6б.

При этом на рис. 6а состав двигался в прямом направлении (локомотив впереди), а на рис. 6б – в обратном (локомотив позади вагона).

Полученные зависимости позволяют выделить как моменты прохождения осей через каждый из ВОД, так и оценить разность сигналов от локомотива, вес которого сопоставим с весом загруженного вагона, и порожнего вагона. Однако также хорошо заметно, что максимальные значения выходных сигналов разных ВОД, соответствующие моментам прохождения оси непосредственно над ВОД, различаются по величине более, чем в два раза.

Поскольку ВОД обладают идентичными характеристиками, проверенными в лабораторных условиях на абсолютно жестком основании, причиной такой значительной разницы амплитуды сигналов могут быть только раз-

личия параметров жесткости системы «рельс-шпала-балластный слой» в месте установки каждого из ВОД. Действительно, визуально было заметно наличие упругих прогибов рельса при прохождении состава с амплитудой в десятки миллиметров. Причиной столь значительных колебаний рельса является недостаточная жесткость балластного слоя, приводящая к «гиперчувствительности» ВОД по отношению к значению максимального упругого прогиба рельса над каждой из шпал.

В соответствии с «Требованиями к месту размещения системы контроля вертикальных динамических нагрузок (СКВДН) на основе волоконно-оптических датчиков» должна производиться подбивка пути так, чтобы «отклонения от установленных размеров расстояний в профиле пути при движении поезда не превышало 10 мм, а в месте измерительных напольных устройств не более 5 мм». Невыполнение этих требований приводит к значительной разнице амплитуды ВОД.

В то же время следует признать, что добиться отсутствия отклонений в жесткости системы «рельс-шпала-балластный слой» в реальных условиях эксплуатации железнодорожного пути невозможно. Поэтому одной из задач разработки алгоритмов обработки сигналов ВОД является введение нормирующих мультипликативных коэффициентов для каждого ВОД.

На рис. 6 хорошо заметно наличие высокочастотных шумов в сигнале каждого из датчиков, поэтому для устранения их влияния при вычислении нормирующих коэффициентов было произведено сглаживание сигналов с использованием алгоритма «скользящего окна» длительностью 5 миллисекунд. Максимальные значения «сглаженных» выходных сигналов ВОД приведены в Приложении 1.

Общее количество ВОД во время эксперимента составляло 18, из них 7 ВОД с номерами 0...6 были установлены под левым рельсом, а 11 с номерами 11...21 – под правым рельсом. При этом номера ВОД на одной и той же шпале отличаются на 11, т.е. ВОД с номерами 0 и 11 расположены на шпале порядковым номером 0 под левым и правым рельсами, соответственно. В целях упрощения анализа в таблице приведены средние значения максимальных

сигналов ВОД, причем осреднение проводилось для изменения скорости с шагом 10 км/час независимо от направления движения состава.

В таблице 1 приведены максимальные значения выходных сигналов ВОД для различных осей.

Таблица 1

номер ВОД	номер оси							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,18	0,16	0,18	0,17	0,06	0,05	0,06	0,05
1	0,10	0,08	0,10	0,09	0,02	0,02	0,02	0,02
2	0,12	0,11	0,14	0,11	0,02	0,03	0,03	0,03
3	0,15	0,12	0,17	0,13	0,02	0,03	0,03	0,02
4	0,16	0,15	0,17	0,15	0,04	0,05	0,05	0,04
5	0,21	0,24	0,23	0,26	0,06	0,07	0,05	0,07
6	0,18	0,21	0,18	0,23	0,04	0,05	0,04	0,05
11	0,08	0,09	0,07	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02
12	0,09	0,10	0,09	0,09	0,02	0,02	0,02	0,02
13	0,16	0,16	0,13	0,13	0,03	0,04	0,04	0,03
14	0,10	0,10	0,09	0,09	0,01	0,02	0,01	0,02
15	0,29	0,27	0,23	0,24	0,06	0,07	0,09	0,06
18	0,06	0,09	0,06	0,08	0,01	0,02	0,01	0,02
19	0,20	0,27	0,19	0,26	0,04	0,05	0,06	0,05
20	0,16	0,21	0,15	0,20	0,04	0,05	0,04	0,05
21	0,07	0,09	0,06	0,09	0,02	0,02	0,04	0,02
Максимальный сигнал	0,29	0,27	0,23	0,26	0,06	0,07	0,09	0,07
Минимальный сигнал	0,06	0,08	0,06	0,07	0,01	0,02	0,01	0,02
Динамический диапазон (макс/мин)	4,42	3,38	3,83	3,71	6,00	3,63	9,00	3,50

Принимая во внимание одинаковую загрузку всех колес каждой подвижной единицы тестового состава, определим зависимость выходного сигнала ВОД от прикладываемой нагрузки

$$KU_{вых}^j(F_H) = \frac{U_{вых,ср}^j}{F_H}; \text{ где}$$

F_H – нагрузка, приложенная к ВОД, кН

$U_{вых,ср}^j$ – среднее значение выходного напряжения j -го ВОД.

Для тестового состава значения приведены в таблице 2.

таблица 2

номер ВОД	локомотив		вагон		KU^j
	$U_{вых_{cp}}^j$	$KU_{вых}^j(F_H)$	$U_{вых_{cp}}^j$	$KU_{вых}^j(F_H)$	
0	0,17	1,79	0,05	2,46	2,12
1	0,09	0,94	0,02	0,89	0,92
2	0,12	1,25	0,03	1,23	1,24
3	0,14	1,48	0,02	1,12	1,30
4	0,16	1,63	0,04	2,01	1,82
5	0,24	2,46	0,06	2,82	2,64
6	0,20	2,09	0,05	2,06	2,08
11	0,08	0,80	0,02	0,89	0,85
12	0,09	0,95	0,02	0,86	0,91
13	0,14	1,49	0,03	1,56	1,53
14	0,10	0,99	0,02	0,71	0,85
15	0,26	2,67	0,07	3,13	2,90
18	0,07	0,77	0,01	0,67	0,72
19	0,23	2,38	0,05	2,23	2,30
20	0,18	1,86	0,04	2,01	1,93
21	0,08	0,80	0,02	1,12	0,96

Приведенные в таблице 2 значения $KU_{вых}^j(F_H)$ вычислены для двух случаев – локомотива с нагрузкой на колесо в 96,3 кН и порожнего вагона с нагрузкой на колесо в 28,5 кН. Коэффициент KU^j вычислен как среднее этих величин.

Следует отметить, что во время проведения эксперимента состояние балластного слоя на измерительном участке не удовлетворяло требованиям, что приводило к значительным прогибам рельсов при прохождении состава. Это объясняет большую разницу в амплитудах выходных сигналов ВОД, что отрицательно сказалось на точности полученных оценок.

Одной из задач эксперимента было определение зависимости выходных сигналов ВОД от скорости движения состава, т.е. представление коэффициента K^j в виде

$$KU_{вых}^j(F_H) = \frac{U_{вых_{cp}}^j}{F_H}; \text{ где}$$

$K_{\text{стац}}^j = KU^j$ – коэффициент, учитывающий параметры размещения ВОД,
 $K(v)$ – коэффициент, учитывающий изменение выходного сигнала ВОД при изменении скорости движения колеса v .

Анализ выходных сигналов ВОД показал, что с увеличением скорости амплитуда сигнала уменьшается. Так в таблице 3 приведены средние значения сигналов для всех осей локомотива при различных скоростях движения.

Таблица 3

ВОД	20	30	40	50
0	0,173	0,168	0,160	0,150
1	0,085	0,088	0,081	0,070
2	0,115	0,117	0,115	0,103
3	0,140	0,139	0,138	0,117
4	0,152	0,151	0,150	0,132
5	0,230	0,231	0,220	0,180
6	0,200	0,193	0,179	0,163
11	0,075	0,071	0,070	0,067
12	0,090	0,089	0,088	0,080
13	0,140	0,137	0,137	0,127
14	0,095	0,091	0,090	0,082
15	0,253	0,249	0,241	0,212
18	0,072	0,072	0,069	0,063
19	0,192	0,198	0,217	0,212
20	0,175	0,152	0,164	0,162
21	0,070	0,066	0,071	0,073

Для определения $K(v)$ использовались значения 14 из 16 ВОД, так как зависимость для ВОД №19 и №21 были отбракованы из-за очевидного отличия характера зависимости других ВОД. Поскольку скорость 20 км/час является минимальной для движения составов на измерительном участке, то для каждого ВОД сначала были вычислены нормированные выходные сигналы

$$U_{\text{норм}}^j(v) = \frac{U_{\text{вых}}^j(v)}{U_{\text{вых}20}^j}, \text{ где}$$

$U_{\text{вых}20}^j$ – среднее значение выходного сигнала j -го ВОД на скорости 20 км/час;

$U_{\text{вых}}^j(v)$ – среднее значение выходного сигнала j -го ВОД на скорости v .

Значения коэффициента $K(v)$, вычисленные как средние значения по всем ВОД на данной скорости, приведены на рис. 7.

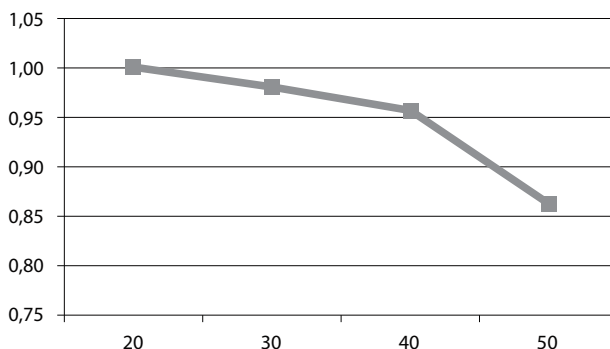


Рис. 7

Уменьшение выходного сигнала ВОД при увеличении скорости колеса можно объяснить следующим. Сокращение времени приложения нагрузки к ВОД приводит к тому, что упругий прогиб рельса не успевает достигнуть предельной величины, в то время как при малой скорости рельс прогибается до больших значений, соответственно, увеличивая силу действующую на ВОД со стороны шпалы.

Как видно из рис. 7, изменение наклона зависимости $K(v)$ происходит на скорости около 40 км/час, т.е. при величине нагрузки на колесо около 100 кН на скоростях более 40 км/час сила реакции системы «шпала-балластный слой» имеет заметно меньшее значение, чем на низких скоростях, что делает целесообразным использование данного коэффициента.

Использование тестового состава для проведения калибровки ВОД является организационно сложным мероприятием, проведение которого целесообразно перед началом зимнего или летнего периода, либо после проведения работ по укреплению балластного слоя. Длительный период между проведением калибровки с использованием тестового состава может стать причиной значительного изменения жесткости системы «рельс-шпала-балластный

слой», что приведет к существенному увеличению погрешности результатов обработки сигналов ВОД и снижению характеристик СКВДН.

В качестве альтернативного способа калибровки ВОД предложено использовать сигналы ВОД при прохождении локомотивов, особенно, электро-возов, изменение нагрузки на ось у которых относительно номинального значения составляет 2–3%. Суть предлагаемого способа заключается в том, что проведение на ВОД замеров максимальных сигналов от каждой из осей локомотивов с количеством осей 8 или даже 12, позволяет существенно снизить погрешность определения среднего значения этого сигнала и вычислить отношение номинальной нагрузки на колесо к среднему значению максимального сигнала ВОД с достаточно высокой точностью.

Достоинствами этого способа являются:

- совпадение скорости движения локомотива и вагонов, что исключает необходимость использования поправочных коэффициентов, связанных со скоростью движения вагона;
- примерное соответствие веса секции локомотива (около 100 т) и груженого вагона (60–96 т);
- регулярное прохождение через измерительный участок локомотивов с известным весом;
- возможность оперативного контроля изменений жесткости балластного слоя.

Алгоритм определения нагрузки на колеса с использованием динамической калибровки ВОД состоит из следующих операций:

1. Определение типа локомотива по количеству осей в секции, расстояниям между колесами в тележке и между тележками;
2. Вычисление для каждого ВОД максимального значения огибающей сигнала при прохождении каждой из осей локомотива – $U_{i \max}^j$, где j – номер ВОД, а $i=1 \dots N$ – порядковый номер оси локомотива;
3. Вычисление среднего по всем осям локомотива для каждого ВОД $\overline{U_{i \max}^j}$;
4. Вычисление отношения номинальной нагрузки колеса локомотива к среднему значению сигнала ВОД $K_{\text{дин}}^j = \frac{P_{\text{ном}}}{U_{i \max}^j}$;

5. Отбраковка ВОД с аномально высокими значениями $K_{дин}^j > K_{дин}^{пор}$ (малая чувствительность ВОД к нагрузкам)
6. Вычисление нагрузки от каждого колеса состава на каждый ВОД за исключением отбракованных $P_i^j = K_{дин}^j \cdot U_{i_{макс}}^j$;
7. Вычисление среднего значения нагрузки от каждого колеса состава

$$\overline{P_i^j} = \frac{\sum_{j=1}^M P_i^j}{M},$$

где M – количество ВОД после отбраковки.

Результаты расчета для трех составов, проходивших в сентябре 2013 года через СКВДН представлены в таблице 7. Состав №1 проходил 02.09.2013 в 11:48, состав №2 – 05.09.2013 в 12:07, состав №3 – 20.09.2013 в 13:44.

таблица 4

шпала	ВОД	Состав №1		Состав №2		Состав №3	
		левая	правая	левая	правая	левая	правая
1	0/11	48,08	54,08	37,17	43,86	42,57	52,28
2	1/12	85,61	89,63	62,72	70,41	72,85	93,8
3	2/13	63,23	65,76	44,96	52,22	52,31	71,61
4	3/14	192,27	143,33	134,82	117,57	154,69	157,22
5	4/15	137,68	88,85	91,49	74,47	108,78	91,86
6	5/16	79,41	нет	58,02	нет	69,43	нет
7	6/17	50,05	нет	37,14	нет	44,27	нет
8	7/18	нет	288,07	нет	238,07	нет	283,94
9	8/19	нет	3700,86	нет	4342,7	нет	4206
10	9/20	нет	3711,36	нет	3702,6	нет	3421
11	10/21	нет	88,69	нет	78,8	нет	76,55

В первых двух столбцах таблицы 4 указаны порядковые номера шпал и установленных на них ВОД. Для каждого ВОД приведены значения (тонн/Вольт) при прохождении трех составов.

ВОД установлены на 11 шпалах. Отметим, что на 5 шпалах ВОД установлены под обоими рельсами. Еще три ВОД установлены с левой стороны оставшихся, а четыре датчика с правой стороны.

По величине полученных коэффициентов ВОД можно разделить на три группы :

- *стабильные ВОД* со значением коэффициента всегда ниже порога (ВОД №№ 0, 1, 2, 5, 6, 11, 12, 13, 15, 21) ;
- *нестабильные ВОД*, значение коэффициента, которых колеблется около порогового значения (ВОД №4);
- *недостовверные ВОД* со значением коэффициента всегда выше порога (ВОД №№ 3, 14, 18, 19, 20).

Для отбраковки ВОД было выбрано пороговое значение , что соответствует выходному сигналу в 1 Вольт при нагрузке 100 тонн на одно колесо.

Значительная разница в значениях вызвана не индивидуальными характеристиками ВОД, а свойствами балластного полотна под шпалами с ВОД. Этот вывод следует из соответствия уровня сигналов (значений коэффициентов) от ВОД установленных на одной шпале с левой и правой стороны.

Из пяти шпал, на которых установлено по два ВОД, на первых трех ВОД с обеих сторон попадают в первую группу, на четвертой шпале оба ВОД относятся к недостворным, на пятой шпале – с левой стороны ВОД №4 является нестабильным, а с правой стороны ВОД №15 – стабильным, значения всех коэффициентов которого находятся около порога.

Следует отметить также синхронность изменений коэффициентов всех ВОД с течением времени. Так 5 сентября все коэффициенты уменьшились по отношению к 2 сентября, а 20 сентября увеличились по отношению к 5 сентября.

Высокая динамика и разнонаправленный характер изменения коэффициентов с течением времени делают необходимым проведение калибровки ВОД не реже одного раза в сутки. Единственным способом для этого является использование информации о весе локомотива.

Следует отметить, что в случае, когда параметры нагрузки на оси локомотива неизвестны, возможно использование результатов последней динамической калибровки ВОД. При средней интенсивности движения составов через

СКВДН в 50 составов в сутки обновление значений $\overline{P}_i^j$ будет производиться как минимум несколько раз в сутки, что позволяет построить алгоритм на базе следящего фильтра для уменьшения погрешности вычисления $\overline{P}_i^j$.

Таким образом, даже с учетом погрешности определения веса вагона можно утверждать, что СКВДН на основе ВОД может использоваться для выявления вагонов, склонных к сходу из-за неравномерности размещения груза или смещения груза в ходе транспортировки.

По имеющейся в сети Интернет информации для безопасного движения вагона критическое значение разности вертикальных нагрузок составляет 20%. Подобных значений среди рассмотренных вагонов обнаружено не было.

Выводы:

1. В статье проведен анализ лабораторных испытаний ВОД с целью определения их характеристик при нагрузках от 50 до 450 кН. Доказано, что на абсолютно жестком основании выходной сигнал ВОД представляет собой линейную зависимость от приложенной нагрузки.
2. Проанализированы экспериментальные исследования калибровки ВОД по результатам прохождения подвижного состава с известными нагрузками по осям. Доказана необходимость введение мультипликативных коэффициентов, компенсирующих различия в жесткости балластного слоя как между различными ВОД, так и изменение жесткости в процессе эксплуатации.
3. По экспериментальным данным была разработана методика и определены коэффициенты, учитывающие изменение выходного сигнала для различных скоростей движения состава.
4. Разработан алгоритм адаптивной калибровки ВОД с использованием данных о типе и весе локомотива. С использованием разработанного алгоритма получены оценки веса и неравномерной загрузки составов, прошедших через СКВДН.

Литература

1. Влияние ударных сил вибрации в балластном слое. Краснов О.Г., Акашев М.Г., Ефименко А.В., Сенча В.Н. // Путь и путевое хозяйство – 2013 – №3
2. Сладковский А.В., Погорелов Д.Ю. Исследование динамического взаимодействия в контакте колесо-рельс при наличии ползунов на колесной паре // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2008. – № 5
3. Гарипов Д.С., Кудюров Л.В. Динамика вагонного колеса, имеющего ползун // Вестник транспорта Поволжья – 2012 – №3(23)
4. НОРМАТИВЫ (КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ) пороговых значений вертикальных сил взаимодействия колес подвижного состава с дефектами на поверхности катания и железнодорожного пути // РЖД, 2012
5. А.С. Ададуров, С.В. Тюпин, А.М. Лапин Техническая диагностика колесных пар: выявление дефектов поверхности катания посредством анализа акустических сигналов // Техника железных дорог – 2014 – №1

Раков В.В., Вихрова Н.Ю., Шевцов Б.В.

Тенденции развития инфраструктуры железнодорожного транспорта

Ключевые слова:

патенты, технические решения, инфраструктура железнодорожного транспорта, динамика патентования

Инфраструктура – техническая основа перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Ей всегда, и особенно в последнее время уделяется повышенное внимание. Это связано, во-первых, с усилением конкуренции на транспортном рынке, как в мировом масштабе, так и в России, и, во-вторых, с увеличением интенсивности перевозочного процесса и скорости движения поездов. К сожалению, последние годы сохраняется тенденция роста катастроф и аварий на железнодорожном транспорте. Необходимо проведение глубоких исследований функционирования инфраструктуры, выявление тенденций её совершенствования, модификации и замены на новые, более надежные и безопасные объекты и технологии. Наиболее полно тенденции развития выявляются в процессе проведения патентных исследований [1,2,3,4] конкретных составляющих технологического комплекса, составляющего инфраструктуру железнодорожного транспорта.

Одной из таких важнейших составляющих, обеспечивающих безопасное управление перевозочным процессом на железнодорожном транспорте, является связь [5], основные направления функционирования которой включают:

- аналоговую железнодорожную связь;
- цифровую железнодорожную связь;
- мобильную железнодорожную связь;
- беспроводную связь;

- навигационную спутниковую связь;
- интегрированные сети железнодорожной связи, а также информационные и телекоммуникационные системы.

По данным патентной базы Европейской патентной организации зарегистрировано 50 технических решений по аналоговой железнодорожной связи, в том числе 24 подготовлено фирмами Китая и 16 – фирмами России. Наибольшая патентная активность зарегистрирована в 2010–2012 годах. В целом необходимо отметить, что вопросы совершенствования аналоговой связи в настоящее время не являются приоритетными [6], о чем можно сделать вывод по динамике подачи заявок в США и Японии, где за исследуемый период не было выявлено ни одного патента.

Более активно осуществляется патентование по проблеме цифровой железнодорожной связи [7]. Из 183 выявленных технических решений 90 подготовлено фирмами Китая, 56 – Россией. Однако и в этом случае количество запатентованных технических решений таких стран как США, Япония, Корея, Германия практически на порядок меньше чем в Китае и России, что говорит о снижении изобретательской активности по рассматриваемому направлению в этих странах.

В Китае и России существенно повысился интерес к цифровой связи в последнее десятилетие, когда ежегодно патентовалось от 10 до 27 технических решений.

Анализ патентования технических решений по беспроводным сетям железнодорожной связи показал, что из 95 выявленных в европейской базе технических решений 71 принадлежит китайским фирмам. По четыре патента зарегистрировано фирмами России, США и Кореи, два – Англией, одно – Японией. Среди семи зарегистрированных в Европейском патентном ведомстве и Всемирной организации интеллектуальной собственности патентов по два принадлежат Китаю и Франции, по одному Украине, Канаде и Италии. Наибольшая активность в области патентования беспроводных сетей связи выявлена в последнее пятилетие – в период 2008–2013 годы.

Аналогичное состояние наблюдается и с патентованием мобильных сетей связи на железнодорожном транспорте. Из 233 выявленных в европейской

базе технических решений 130 (56%) принадлежат фирмам Китая, за которыми следуют фирмы Японии (20 патентов), России (17 патентов), США (11 патентов), Кореи (7 патентов). Также как и в области беспроводной железнодорожной связи наиболее интенсивно мобильная связь развивалась в последние пять лет – от 12 до 30 патентов в год, что говорит о высокой заинтересованности, в основном китайских фирм, в совершенствовании мобильных систем связи на железнодорожном транспорте. В базе данных Европейского патентного ведомства (ЕПВ) зарегистрировано 4 патентных документа Германии, по одному Италии, Канады, США и Японии, а в базе данных Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) – 7 патентов Китая, 2 – Японии и по одному США, России, Италии, Франции, Германии и Англии.

Отдельно анализировались технические решения России по базе российского Федерального института промышленной собственности (ФИПС).

Согласно данным этой базы по беспроводной железнодорожной связи за исследуемый период зарегистрировано 54 технических решения, из которых только за 2012 и 2013 годы подготовлено 10 технических решений. Аналогичная ситуация наблюдается и с патентованием технических решений в области мобильной железнодорожной связи, где из 49 технических решений (45 в исследуемый период) 11 подготовлено в течение 2012 и 2013 гг.

Анализ динамики патентования технических решений по проблемам применения навигационной связи в целом показал, что из 7578 технических решений Японией подготовлено 2209 патентных документов, Китаем – 1551 патентный документ, Соединенными Штатами Америки – 1403 патентных документа. В то время как Россией за все время патентования подготовлено лишь 293 документа, что в 7,5 раза меньше, чем в Японии.

Однако в России достаточно активно патентуются технические решения в части использования навигационной связи в системах и устройствах на железнодорожном транспорте [8]. Из 25 зарегистрированных европейской патентной организацией технических решений в этой области 20 (наибольшее количество) подготовлено фирмами России.

Из 233 технических решений, связанных с повышением надежности железнодорожной связи, из которых 125 разработаны российскими фирмами и 88 китайскими, можно выделить следующие:

- создание кольцевой сети оперативно-технологической связи по волоконно-оптическим системам передачи данных (RU2289208 C1 от 10.12.2006);
- система высокоточного определения координат движущихся железнодорожных транспортных средств, обеспечивающих безопасность движения и повышение эффективности управления железнодорожным транспортом (RU2486597 от 27.06.2013);
- система интервального регулирования движения поездов на основе спутниковых навигационных средств цифрового радиоканала с координатным методом контроля (RU93766 от 10.05.2010);
- устройство для регулирования скорости движения поезда с помощью блока допустимой скорости и его надежного взаимодействия с установленными на пути формирователями сигналов локомотивной сигнализации; (RU2277051 C2 от 27.05.2006);
- система контроля за управлением локомотивом и бдительностью машиниста, контролирующая скоростной режим локомотива и определяющая координаты поезда без участия станционных устройств за счет создания системы взаимодействия между модулями цифровой радиосвязи и спутниковой навигации RU2262459 от 20102005, RU126303 от 27. 03. 2013);
- сетевой модуль связи по радиоканалу, обеспечивающий автоматическое управление поездом с распределенными по его длине локомотивами; (RU2252167 от 20. 05. 2005);
- система диагностики и удаленного мониторинга железнодорожного пути путем установки вдоль контролируемого участка волоконно-оптического кабеля, датчиков температуры, давления и деформации, выполненных на основе волоконно-оптических брэгговских решеток, передачи данных от датчиков к размещаемым на узловых станциях промежуточным концентраторам информации (RU104904 от 10.01.2012);

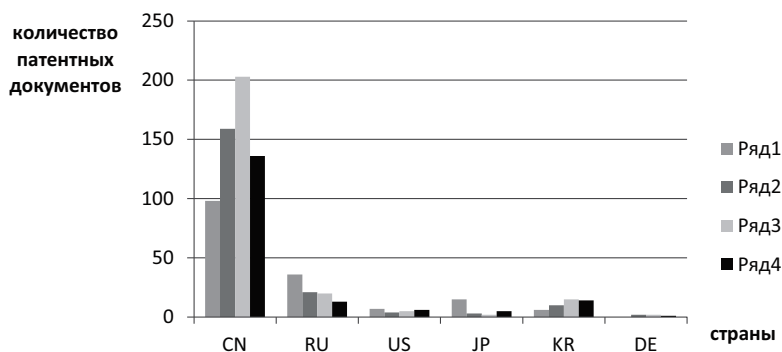
- микропроцессорная система интервального регулирования движением поездов с позиционированием подвижных железнодорожных единиц (RU104908 от 27. 05. 2011);
- устройство управления движением поездов по радио с помощью передачи сигналов по кабельному каналу, расположенному вдоль пути с передачей контрольно-управляющих сигналов от одного участка к другому. (JP2010241281 от 28.10.2010);
- высоконадежное устройство передачи данных длительного формирования с железнодорожного транспортного средства (JP 2010273379 от 02.12.2010);
- способ синхронного управления локомотивом большой мощности на базе системы автоматической защиты поезда/ автоматического управления движением поездов (АТЗ/АТО) (CN102616258 от 01.08.2012);
- устройство связи для подвижного состава, в котором надежность передачи данных повышается за счет обеспечения адаптивности к каналу передачи с низким качеством сигнала (CA 2682164 (A1) от 25.09.2008);
- система мониторинга локомотивных радиостанций цифровой системы радиосвязи с дополнительно установленным сервером служебных сообщений, введенным в локомотивную радиостанцию блока спутникового позиционирования, управляющего контроллера и блока формирования служебных сообщений (RU2407243 от 20.12.2010);
- способ организации двухуровневой системы аудиосовещаний для железнодорожного транспорта с дистанционным управлением совещанием из одного пункта, передачей информации о состоянии оборудования и возможностью конфигурирования схемы связи (RU2400938 от 27.09.2010).

Тенденции развития объектов и систем инфраструктуры железнодорожного транспорта определялись по результатам анализа объемов патентования за последние четыре года (столбики слева направо для каждой страны 2010, 2011, 2012, 2013 годы)

По данным Европейской базы данных за весь период патентования объектов железнодорожной связи выявлено 2612 патентных документов (рис. 1),

из которых: Китаем получено 968 патентных документов, в том числе за последние четыре года – 596, Россией соответственно 319 и 90 патентных документов, США 166 и 22, Японией 168 и 25, Кореей 89 и 45, Германией 36 и 5.

Динамика патентования для таких стран, как США, Германия – отрицательная, России и Японии – после скачка в патентовании 2010 года – стабильная, в Китае и Корее идет постепенное наращивание объемов патентования технических решений по железнодорожной связи.



Ряд 1 – 2010 г., Ряд 2 – 2011 г., Ряд 3 – 2012 г., Ряд 4 – 2013 г.

Рис. 1. Динамика патентования основных стран по объектам железнодорожной связи за период 2010 – 2013 годы.

В настоящее время получили широкое распространение различные системы цифровой связи [7], в том числе и на железнодорожном транспорте. В качестве таких стандартов анализировались активность и динамика патентования стандартов GSM, TETRA, GPRS и DMR [9, 10, 11].

Активность патентования этих стандартом на мировом рынке/ в том числе на железнодорожном транспорте, может быть оценена следующим следующим количеством выявленных технических решений:

GSM – 792 /143; GPRS – 343 /57; TETRA – 49/3; DMR – 5/0 технических решений.

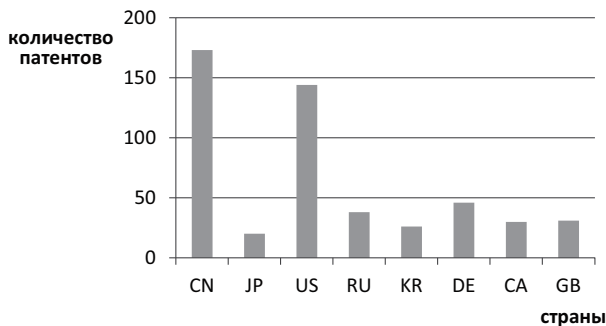


Рис. 2. Активность патентования технических решений по стандарту GSM

Из представленной на рис. 2 диаграммы активности патентования основных стран по стандарту GSM видно, что больше всего зарегистрировано технических решений Китаем (173) и США (144). Из 792 выявленных в европейской патентной базе данных этими двумя странами зарегистрировано 40% технических решений.

Анализ динамики патентования технических решений по стандарту GSM показывает что за последние пятнадцать лет ежегодно регистрировалось от 30 до 50 технических решений, в результате чего можно сделать вывод о стабильности использования стандарта GSM в объектах связи.

В области железнодорожного транспорта по данным европейской патентной организации (ЕПО) подавляющее большинство технических решений (115 из 143) с применением стандарта GSM зарегистрировано Китаем, 6 – Россией и 4 Англией. Активное применение стандарта на железнодорожном транспорте (рис. 3) началось с 2009 года, т.е. примерно пять лет назад.

Менее активно, чем GSM применяется стандарт GPRS. За последние 15 лет выявлено 274 объекта интеллектуальной собственности (рис. 4), из которых почти три четверти всех технических решений принадлежат Китаю и 14% США. По данным европейской патентной организации опубликование технических решений с использованием GPRS началось в 2006 году. Из 57 патентов с использованием этой цифровой системы подвижной радиосвязи

на железнодорожном транспорте Китая принадлежит 55 и 2, зарегистрированные в 2014 году, – России.

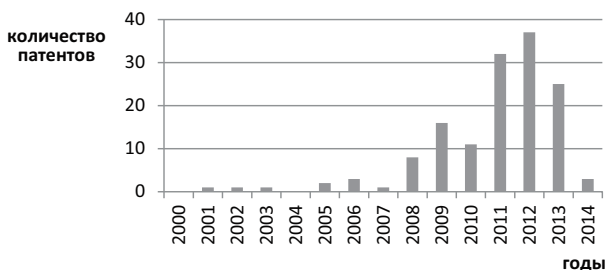


Рис. 3. Динамика патентования технических решений в области железнодорожной связи с использованием стандарта GSM

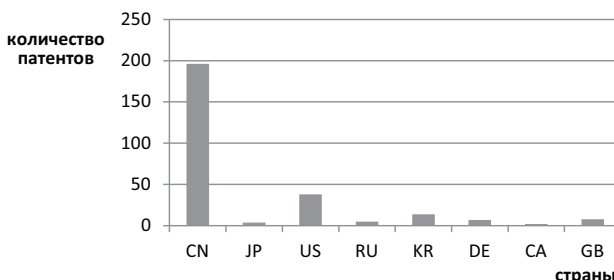


Рис. 4. Активность патентования технических решений с использованием стандарта GPRS.

Первая версия стандарта TETRA была подготовлена в 1997 году, в 2000 г. начата работа над второй фазой стандарта. Первое техническое решение с использованием стандарта TETRA приведено в базе европейского патентного ведомства в 1999 г. в патенте GB2329793(A) от 26.09.1997 г. «Контролирующее устройство радиостанции». Выявлено 48 технических решений с использованием стандарта TETRA (рис.5).

Применение стандарта TETRA на железнодорожном транспорте выявлено в следующих трех патентах базы данных ЕПО:

- Комплексное устройство контроля безопасности движения поезда (RU2475397 от 20.07.2011 г.);

- Цифровая транкинговая система передачи пакетных данных (CN102595342 от 19.03.2012 г.);
- Безопасный локомотивный объединенный комплекс (RU2474507 от 16.02.2011 г.).

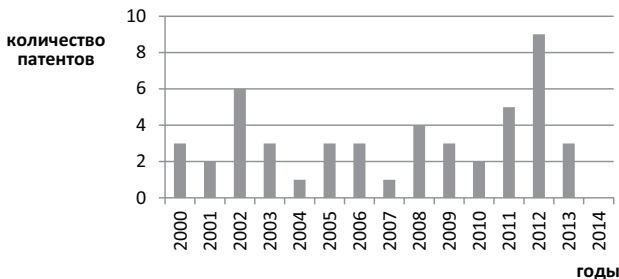


Рис. 5. Активность патентования технических решений с использованием стандарта TETRA

В базе данных ФИПС дополнительно выявлены ещё три технических решения применения стандарта TETRA на железнодорожном транспорте:

Блок автоматики и радиосвязи и каркас для блока автоматики и радиосвязи (RU 236 2279 от 21.03.2008 г.);

- Способ и устройство для установления межсетевой радиосвязи (RU2446599, конвенционный приоритет от 18.05.2007 г.);
- Система дистанционного беспроводного мониторинга состояния безопасности железных дорог (RU127983 от 25.09.2012 г.).

Первая версия стандарта DMR (Digital Mobile Radio) вышла в апреле 2005 г. , а первые серийные образцы радиостанций, удовлетворяющих требованиям стандарта, появились во второй половине 2007 г. Применение стандарта DMR выявлено в 19 технических решениях базы ЕПВ, из которых 15 зарегистрировано в Китае, два китайскими фирмами во всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) и ЕПВ, один в ВОИС Итальянской фирмой и один в России китайской фирмой Хайтера Коммьюникейшнз корп., ЛТД. (CN). Динамика использования стандарта DMR в технических решениях представлена на диаграмме (рис. 6).

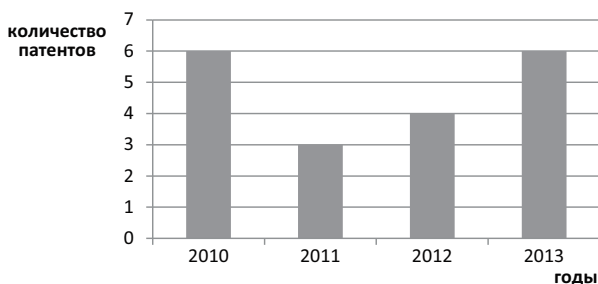


Рис. 6. Активность патентования технических решений с использованием стандарта DMR

В российской базе данных ФИПС зарегистрировано шесть технических решений китайских фирм – Шень Хайтера Коммьюникейшнз корп., ЛТД. и Чжень Хит Сайенс энд Текнолоджи КО. ЛТД.

В настоящее время в значительном количестве технических решений по связи используется система спутникового позиционирования объектов. В основном применяются две системы – GPS (глобальная система позиционирования) и ГЛОНАСС (глобальная навигационная спутниковая система). Анализ активности патентования выявил более пятисот технических решений (рис. 7), в которых используются эти системы. Ведущими странами здесь являются: США – 161 техническое решение, Китай – 94 и Россия – 95 технических решений. Всё большее внимание в последние годы уделяется вопросам определения с помощью спутниковых систем местоположения объектов позиционирования. Так за последние (2011–2013) три года зарегистрировано свыше 40% таких решений из всех, полученных за 15 лет патентов.

На мировом рынке технических решений с применением системы ГЛОНАСС на железнодорожном транспорте значительно меньше, чем GPS. В базе данных ЕПО выявлено всего 4 российских патента:

- Микропроцессорная система контроля и диагностики локомотива с системой гибридного привода (WO2013184026 от 05.06.2012 г.);
- Устройство автоматической идентификации бортового номера железнодорожного подвижного состава (RU2494904 от 26.03.2012 г., патентообладатель ЗАО «Аэрокосмические технологии»);

- Информационная система для учета электроэнергии в тяговых сетях (RU2446065 от 20.10.2010 г., патентообладатель «Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Омский государственный университет путей сообщения»);
- Система мониторинга локомотивных радиостанций цифровой системы радиосвязи на железнодорожном транспорте (RU2407243 от 21.05.2009 г., патентообладатель Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»).

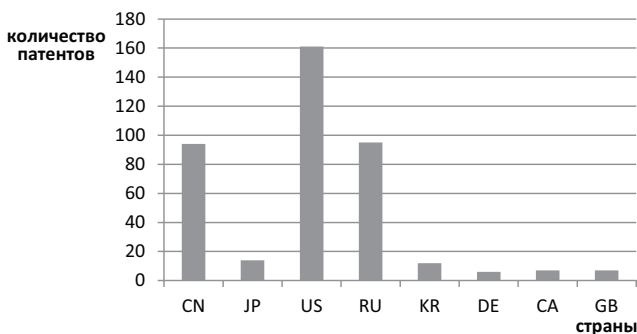


Рис. 7. Активность патентования технических решений с использованием системы GPS/ГЛОНАСС

Применение системы GPS на железнодорожном транспорте выявлено в 189 технических решениях базы данных ЕПО, из которых восемь – патентообладатели: итальянская и индийская фирмы, ОАО «РЖД», военно-морская академия им. А.Ф. Можайского, ЗАО «Центр перспективных наукоемких технологий», зарегистрировано и в российской базе данных. Активность патентования технических решений с использованием системы GPS на железнодорожном транспорте приведены на диаграмме рис. 8.

Проведение патентных исследований по каждому хозяйству инфраструктуры железнодорожного транспорта связано с анализом больших объемов патентной и научно-технической информации. Чтобы правильно выбрать направления дальнейшего инновационного развития, необходимы всесторонний анализ функционирования фирм, создающих соответствующую

щую продукцию, конъюнктуры рынка, и целый ряд других, не менее важных составляющих, однако, определяющими факторами являются объемы, активность и динамика патентования объектов инфраструктуры.

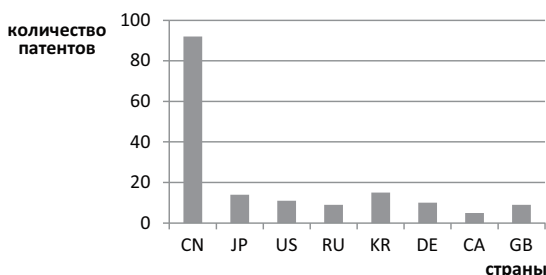
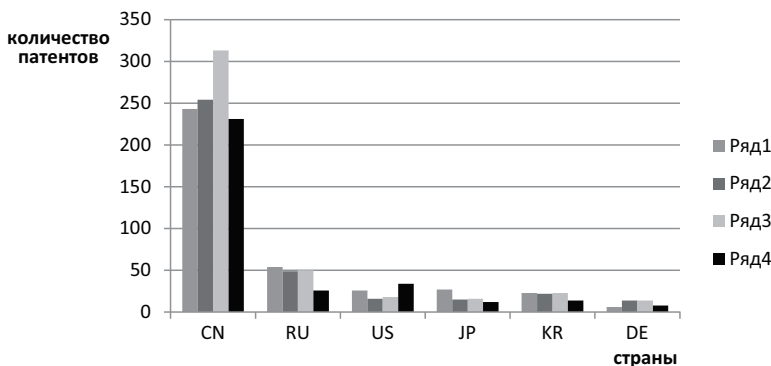


Рис. 8. Активность патентования технических решений с использованием системы GPS на железнодорожном транспорте

Так, по объектам хозяйства железнодорожного пути (рис. 9) [12] зафиксировано в общей сложности 13875 патентных документов, в том числе за 2010 – 2014 годы – 2000 технических решений. Соответственно в Китае 2104 и 1041, в России 1117 и 179, в США 1567 и 94, в Японии 625 и 70, в Корее 169 и 82, в Германии 848 и 42. Анализ активности патентования показал, что в Китае и Корее за последние четыре года получено около половины патентных документов, в то время как в России, США, Японии и Германии соответственно 16%, 6%, 11%, и 5%.



Ряд 1 – 2010 г., Ряд 2 – 2011 г., Ряд 3 – 2012 г., Ряд 4 – 2013 г.

Рис. 9. Динамика патентования основных стран по объектам пути за период 2010 – 2013 годы.

Из общего количества выявленных по проблеме СЦБ (рис. 10) 8422 патентных документов Китаем запатентовано 1914 технических решений, из которых за четыре последних года – 883, Россией соответственно 387 и 110, США 1191 и 37, Японией 562 и 57, Кореей 241 и 107, Германией – 268 и 21, что составляет соответственно для этих стран 46%, 28%, 3%, 10%, 45% и 8%. Таким образом, Китай, Россия и Корея входят в число стран с положительной динамикой патентования объектов СЦБ, а США, Япония и Германия – с отрицательной динамикой патентования.

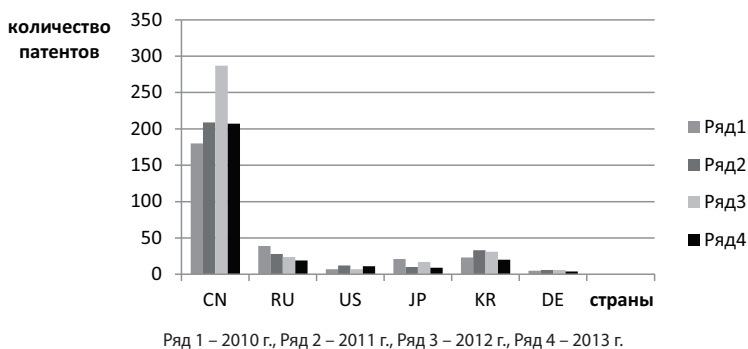
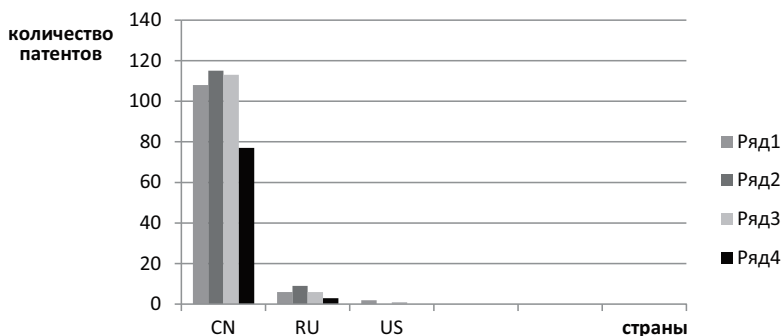


Рис. 10. Динамика патентования основных стран по объектам СЦБ за период 2010–2013 годы.

По проблеме патентования в области тягового электроснабжения (рис. 11) в Европейской базе данных выявлено 926 технических решений, причем в Корее не выявлено ни одного патентного документа. В Китае получено 725 патентов, из которых за последние четыре года 413, в России соответственно 97 и 24 патента, в США 15 и 3. Китай ежегодно патентует в 15–20 раз больше технических решений, чем Россия, с примерно одинаковой общей динамикой. Японией и Германией за весь период патентования зарегистрировано соответственно 7 и 12 технических решений, однако за анализируемый период 2010–2013 гг. в Европейской базе данных не выявлено ни одного технического решения по тяговому электроснабжению.



Ряд 1 – 2010 г., Ряд 2 – 2011 г., Ряд 3 – 2012 г., Ряд 4 – 2013 г.

Рис. 11. Динамика патентования основных стран по объектам системы тягового электроснабжения за период 2010–2013 годы.

Согласно Федеральному закону от 10.01. 2003 №18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» в число объектов инфраструктуры входят информационные комплексы. Анализ объемов и динамики их патентования [13] в основных странах показал что из 1703 выявленных по информационным системам патентных документов Китаем за весь период патентования зарегистрировано 582 технических решения, в том числе за последние 4 года 385, Россией соответственно зарегистрирован 101 патентный документ и 19 за последние 4 года, США соответственно 124 и 21, Японией 287 и 40, Кореей 142 и 76, Германией 46 и 3. Таким образом, по количеству полученных патентов впереди Китай и Япония, а по динамике патентования – Китай и Корея, соответственно запатентовавшие за последние четыре года 66% и 54% от всех запатентованных этими странами технических решений.

Основные выводы:

1. По данным патентной базы Европейской патентной организации установлено, что наиболее активно патентующими странами в области развития связи являются Китай, Соединенные Штаты Америки, Япония, Корея, Германия, Россия.

Наибольшая изобретательская активность за исследуемый период в области развития технологической связи наблюдается в период 2002–2013 годы, в области интегрированных систем железнодорожной связи – в 2008–2013 годы.

2. Основными фирмами-разработчиками технических решений в области связи являются Broadcom corp. – 472 патентных документов, Electronics inc. – 349 патентных документов, Electronics technology – 250 патентных документов, Hitachi – 768 патентных документов. General electric – 204 патентных документа, Sharp KK – 694 патентных документа, Toshiba – 422 патентных документа, Siemens AG – 265 патентных документов.
3. Выявлены следующие направления патентования в области интеграции железнодорожных систем связи.

Япония:

- повышение эффективности использования сетевых ресурсов и надежности сетевых соединений с использованием серверов управления кольцевой схемы;
- развитие комплексности и интеграции управления сеансами связи на базе клиент-серверной системы;
- развитие системы беспроводной связи путем применения базовой станции с параметрами случайного доступа к информации;
- повышение безопасности обмена информацией на железнодорожной станции путем предотвращения возможности подслушивания/фальсификации во всей сети связи.

США:

- развитие и совершенствование функций мобильной интегрированной интеллектуальной сети связи;
- совершенствование приема/передачи информации конфигурации зон уверенного приема;
- разработка устройств для управления железнодорожной автоматизированной системой с помощью датчиков и исполнительных механизмов.

Корея:

- мониторинг безопасности железнодорожных объектов на базе беспроводной локальной сети связи с чувствительными датчиками;
- совершенствование системы и способа обработки сигналов для управления железнодорожной сетью с помощью Ethernet.

Канада:

- разработка систем раннего предупреждения опасности на железной дороге методом акустического зондирования.

В России, в основном, фирмами ОАО «РЖД» и ОАО «НИИАС» созданы оригинальные, не обнаруженные в зарубежных фирмах технические решения по созданию объединенных взаимоувязанных кольцевых структур технологической связи, систем оперативно-технологической связи диспетчерских центров управления по групповому принципу формирования с двухуровневой кольцевой архитектурой, создания интегрированных систем технологической связи.

- Отмечена высокая активность следующих зарубежных фирм в патентовании технических решений в России:
 - СОНИ КОРПОРЕЙШН (Япония) и СОНИ ЭЛЕКТРОНИКС ИНК. (США)
 - ТЕЛЕСПАЦИО С.П.А. (Италия)
 - ТОМТОМ ИНТЕРНЭШНЛ Б.В. (Нидерланды)
 - СИМЕНС АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (Германия)
 - ПРЕМИУМС ПАУЭР КОРПОРЕЙШН (США)
 - АЛЬСТОМ ТРАНСПОРТ КОРПОРЕЙШН (Франция)
 - АМСТЕД РЭЙЛ СОМПАНИ (США)
- Сравнительный анализ патентования объектов основных хозяйств инфраструктуры железнодорожного транспорта за последние четыре года показал достаточно устойчивое второе после Китая место России по объемам патентования в области связи, СЦБ, пути и путевого хозяйства, системы тягового электроснабжения.

В области патентования технических решений по информационным системам Россия занимает пятое место.

Литература

1. Э.П. Скорняков, В.Р. Смирнова. Патентные исследования в Интернете. – М.:ПАТЕНТ, 2007 г.
2. ГОСТ Р 15.011-96. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения.
3. Методические рекомендации по проведению патентных исследований в ОАО «РЖД», утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 25.03.2009 г. № 616р.
4. Методические рекомендации по исследованию технического уровня, тенденций развития и конкурентоспособности создаваемых разработок в сфере железнодорожной техники на основе патентной информации, утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 30 декабря 2010 г. №2793р.
5. Г. Перотина. Инновационное развитие сетей связи, ж. Автоматика, связь, информатика, № 6, 2013 г.
6. В.В.Раков, Н. Ю. Вихрова. Перспективы развития и проблемы патентования объектов железнодорожного транспорта. Труды ОАО «НИИАС». Сборник научных трудов. Выпуск 9. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2011 г.
7. Котух В.Г., Мирошник М.А. Селевко С.Н., Развитие современных направлений цифровых телекоммуникационных систем и сетей, с. 254 – 257, 288, ж. Радиотехника, 2011 г., № 165.
8. http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru/link_resources/zarub_bd
9. Чивилев С.В., Стандарт профессиональной радиосвязи TETRA. Преимущества и возможности, <http://cit.forum/nets/articles/tetra>
10. Стандарт GSM, <http://gsmcode.narod.ru/gsm.htm>
11. Лаптев М.А. Архитектура протокола DMR, ж. Автоматика, связь, информатика, № 8, 2013 г., с. 12 – 14.
12. http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru/inform_resources/
13. <http://scbist.com/puteicy/3890-osnovy-vedeniya-putevogo-hozyaistva.html>

Тамаркин В.М., Лобанова Т.Э.

Методы построения систем класса 3G-спутник в интересах ОАО «РЖД»

Ключевые слова:

высокоскоростное движение, беспроводной доступ в интернет, сотовая подвижная радиосвязь, схема организации связи, широкополосный доступ

Технические решения по организации беспроводного доступа в Интернет, реализованные в настоящее время на высокоскоростных электропоездах «Сапсан» и «Аллегро». Недостатки данных решений.

В настоящее время задача обеспечения доступом в Интернет на высокоскоростных поездах «Сапсан» и «Аллегро» решается на основе использования технологий сотовой подвижной радиосвязи второго (2G) и третьего (3G) поколения (оператор МегаФон), а также использования внутripоездной сети беспроводного радиодоступа стандарта Wi-Fi.

Существующая организация голосовой связи и передачи данных для пассажиров высокоскоростных электропоездов «Сапсан», эксплуатируемых на участках Москва–Санкт-Петербург и Москва–Нижний Новгород предусматривает использование оборудования, обеспечивающего работу в сетях сотовой подвижной радиосвязи второго (2G) и третьего поколения (3G) и технологии Wi-Fi. В качестве технического решения используется система, разработанная компанией Nokia Siemens Networks (NSN) на основе технологии Backhaul, обеспечивающей передачу трафика при изменении среды передачи.

Для обеспечения доступа к услугам связи пассажиров на вагонах SR-B и SR-T (4 устройства) электропоезда «Сапсан» установлены специальные устройства для усиления сигнала – репитеры диапазона 900/1800 МГц.

Для обеспечения доступа к сети Интернет первый и последний пассажирские вагоны (SR-B) и вагон-ресторан (BAT-R) оборудованы точками доступа Wi-Fi (3 устройства на поезд). Промежуточные усилители линии связи Ethernet/линейные трансформаторы (Ethernet repeaters) установлены в вагонах DR-T и SR-T (4 устройства на поезд). Все устройства соединены между собой по сетевым кабелям в качестве магистральной сети, которая подключена к основному блоку, расположенному в вагоне BAT-R.

Действующая схема размещения средств доступа к сети Интернет на борту высокоскоростного электропоезда «Сапсан» представлена на рис. 1.

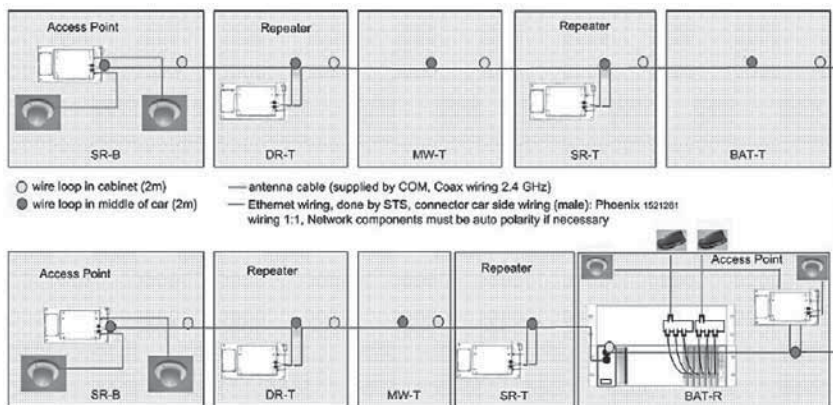


Рис.1. Схема размещения средств доступа к сети Интернет на высокоскоростных электропоездах «Сапсан».

Высокоскоростные электропоезда «Аллегро» ввели в эксплуатацию в декабре 2010 года для организации скоростного сообщения между Россией и Финляндией на маршруте Санкт-Петербург – Хельсинки. Составы оборудованы поездной радиосвязью, предназначенной для работы на железнодорожной сети как Финляндии, так и России. На поездах «Аллегро» предусматривается организация беспроводной связи (JWLAN), которая предназначена для использования различными группами пользователей: персонал поезда, технический персонал, органами государственной власти, пассажиры.

Основным компонентом системы JWLAN на поезде «Аллегро» является базовый блок, который построен на основе маршрутизатора Cisco3845, включающего поездной компьютер со специализированным ПО и обеспечивающего управление внутripоездной сетью и трафик в сети связи, аутентификацию, авторизацию и др. функции.

Организация внутripоездной беспроводной сети осуществляется на основе применения технологии Wi-Fi. В каждом вагоне предусматривается установка двух точек доступа.

В комплект базового блока системы JWLAN на поезде «Аллегро» входят сотовые модемы для соединения с сетями сотовой связи 2G/3G, одна радиостанция WLAN для соединения со стационарными сетями WLAN, реализованными на финских железнодорожных станциях, и два модема сети @450 (Flash OFDM) для соединений через оператора Digita на территории Финляндии. При въезде на территорию России данные модемы будут отключаться.

В качестве поездного оборудования для работы в сетях сотовой связи используются модемы сотовой связи Cisco HWIC-3G-HSPA-G.

В каждом вагоне также предусмотрен один репитер сотовой связи. Репитеры являются отдельными устройствами, используемыми для улучшения условий приема сигнала сотовой радиотелефонной связи в вагонах и не относятся к поездной сети JWLAN.

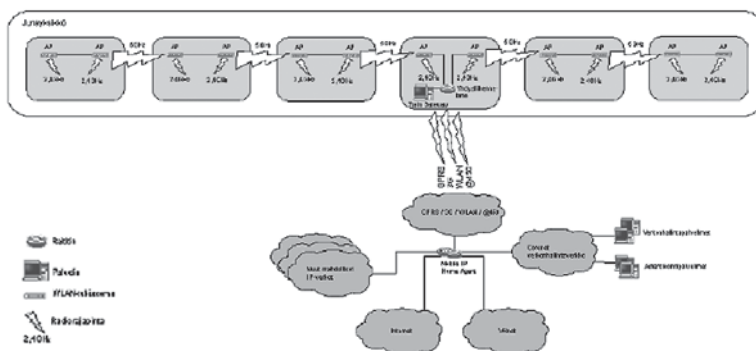


Рис.2. Структурная схема организации беспроводной связи на поездах «Аллегро»

Структурная схема организации беспроводной связи на поездах «Аллегро» представлена на рис. 2.

Недостатки данного решения

1. Операторами сотовой подвижной радиосвязи общего пользования ведется поэтапное внедрение систем широкополосного доступа третьего поколения (3G) и в перспективе четвертого поколения (4G), но в малонаселённых местностях, расположенных по маршрутам следования высокоскоростных поездов, обеспечение полного покрытия на всех существующих и перспективных маршрутах движения проблематично.
2. Вторым недостатком данного пути развития является тот факт, что использование сетей сотовой подвижной радиосвязи GSM не обеспечивает трансляцию телевизионных программ в режиме реального времени.

Работы, проводимые ОАО «НИИАС»

Данные выводы подтверждаются результатами испытаний средств спутниковой связи и сетей сотовой подвижной радиосвязи, которые проводились ОАО «ФПК» совместно с ОАО «НИИАС» в несколько этапов.

Первый этап испытаний – в период с 02.11.2009 г. по 04.11.2009 г. на маршруте Москва–Санкт-Петербург и Москва–Нижний Новгород. Испытывались следующие технологии широкополосного доступа:

- средств спутниковой связи Инмарсат (станция Explorer 250);



Рис.3. Станция спутниковой связи Inmarsat Explorer 250.

- VSAT станции спутниковой связи (антенная система RaySat SR2000);



Рис.4. Станция спутниковой связи RaySat SR2000.

- сетей сотовой подвижной связи стандарта GSM – антенны типа АКЛ-900 (операторы МТС, БиЛайн, МегаФон).

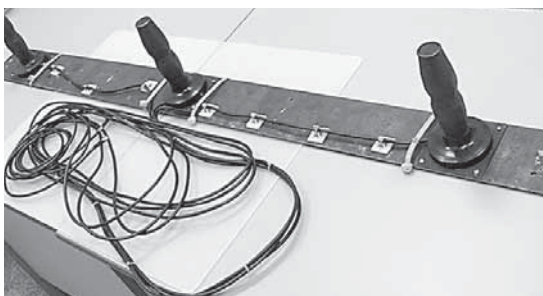


Рис.5. Антенны сотовой подвижной связи стандарта GSM АКЛ-900.

Схема размещения оборудования представлена на рис.6.

Результаты первого этапа испытаний показали:

- спутниковые системы связи Инмарсат обеспечивают низкую скорость передачи данных;
- сотовая связь с поддержкой технологии 3G незначительна, а технология 2G не дает необходимой пропускной способности в направлении к абоненту;
- спутниковая антенна RaySat SR2000 требует существенной доработки.

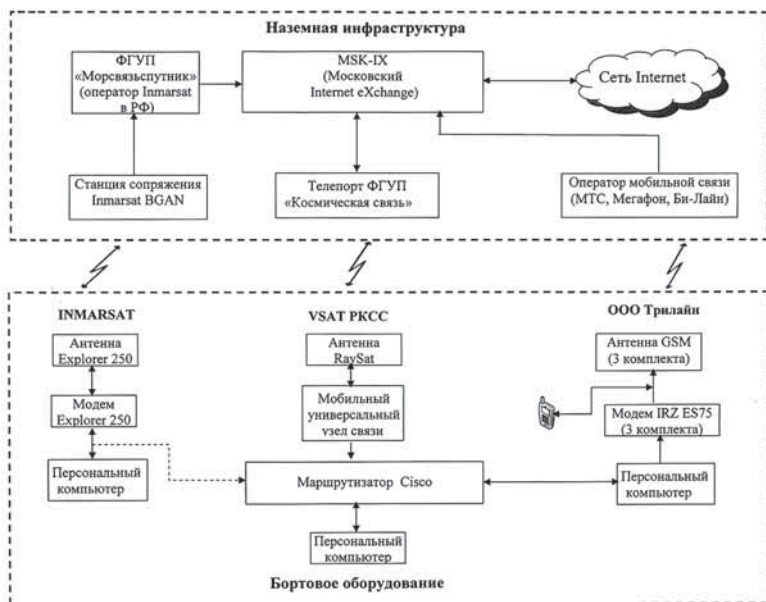


Рис.6. Схема испытаний оборудования 1-го этапа.

Второй этап испытаний – в период с 26.07.2010 г. по 01.08.2010 г. на участках Москва – Нижний Новгород, Москва – Санкт-Петербург – Мурманск и Санкт-Петербург–Бусловская испытывались следующие технологии широкополосного доступа:

- VSAT станции спутниковой связи (антенная система StarCar™ компании Starling совместно с модемом Comtech-570L через спутник «Intelsat-904» (60° в.д.);



Рис.7. Антенна спутниковой связи StarCar™

- VSAT станции спутниковой связи (антенная система AL-3602-TxRx компании OrTes совместно с модемом EASTAR UHP-1000 через спутник NSS 12 (57° в.д.));



Рис.8. Антенна спутниковой связи OrTes AL-3602-TxRx.

- на данных направлениях было измерено качество покрытия сотовыми сетями GSM (3G) компаний Мегафон и МТС.

Общая схема испытаний второго этапа представлена на рис. 9.

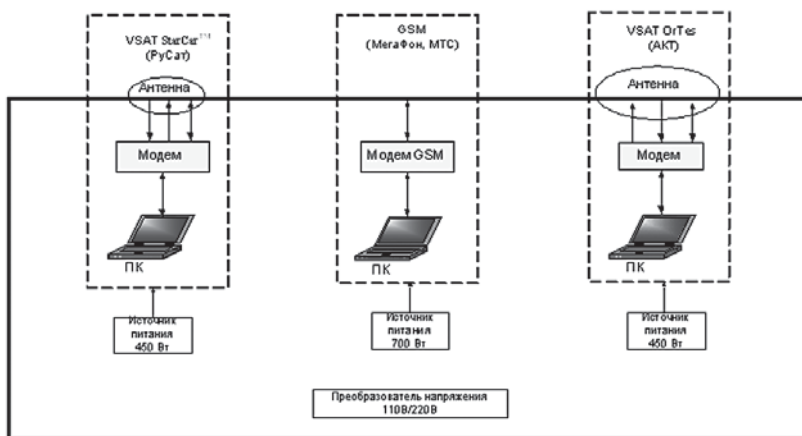


Рисунок 9. Общая схема испытаний второго этапа испытаний.

Результаты второго этапа испытаний показали:

- по покрытию сигнала операторов сотовой связи МТС и МегаФон с поддержкой технологии 3G на участке Москва–Нижний Новгород: МТС –

7.5% пути; МегаФон – 39.3% пути; на участке Москва–Санкт-Петербург: МТС – 6.4% пути; МегаФон – 97.5% пути; на участке Санкт-Петербург – Бусловская: МТС – 13.7% пути; МегаФон – 80% пути.

- в ходе проверки по устойчивому функционированию оборудования спутниковой связи были получены следующие показатели: участок Москва–Санкт-Петербург–Бусловская – до 85% покрытия; участок Москва–Нижний Новгород – до 90% покрытия.

На рисунке 10 представлена карта покрытия сетью сотовой связи GSM/UMTS оператора МегаФон (наилучший результат) на маршрутах движения Москва–Санкт-Петербург–Бусловская, Москва–Нижний Новгород. На рис. 11 – карта покрытия спутниковой связью VSAT на тех же маршрутах.



Рис.10. Карта покрытия сетью сотовой связи GSM/UMTS оператора МегаФон на маршрутах Москва–Санкт-Петербург–Бусловская, Москва–Нижний Новгород.

Анализ испытаний средств спутниковой связи показал возможность применения данной технологии для организации доступа к сети Интернет и обеспечения других приложений и функций при использовании на железнодорожном транспорте.

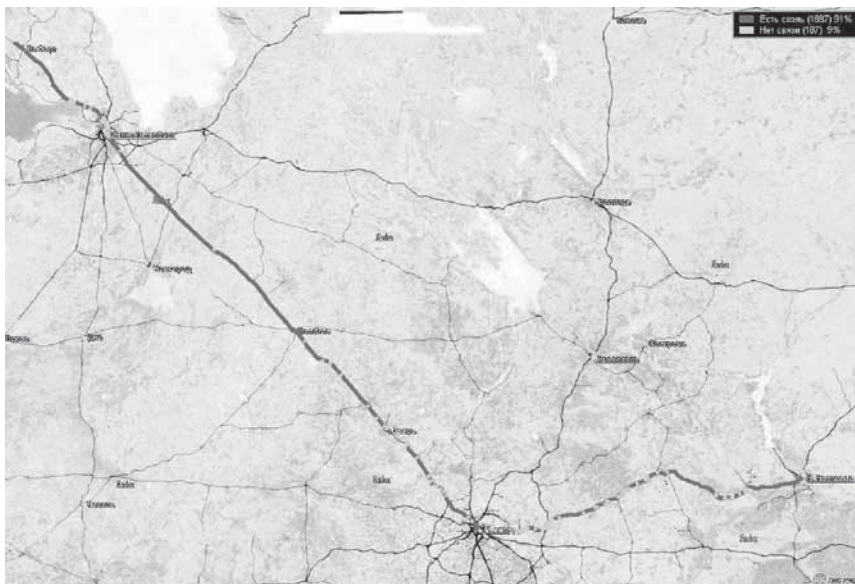


Рис.11. Карта покрытия сетью спутниковой связи (VSAT-станции StarCar и OrTes).

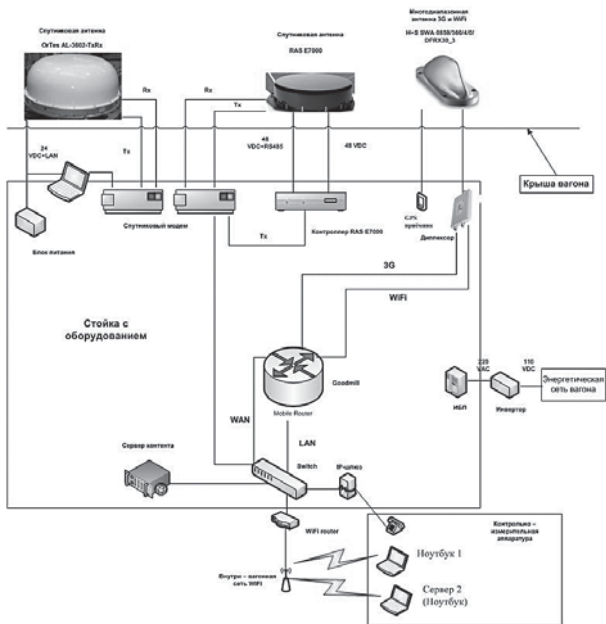


Рис.12. Схема испытаний оборудования третьего этапа.

Третий этап испытаний – в период с 09.12.2011 по 26.12.2011 г. на участках Москва – Мурманск, Москва – Адлер, Москва – Климов и Москва – Екатеринбург испытывались следующие технологии широкополосного доступа:

- VSAT станция спутниковой связи (антенная система OrTes AL-3602);
- VSAT станция спутниковой связи (антенная система RaySat E-7000). Спутниковая связь обеспечивалась через КА Intelsat-17 с пропускной способностью до 4 Мбит/с;
- приём сигналов сотовой связи организовывался через многодиапазонную антенну H+S SWA 0859/360/4/0/DFRX30_3 и модемы 3G и WiFi, входящие в состав мобильного маршрутизатора.

Схема испытаний оборудования третьего этапа представлена на рис. 12.

Результаты третьего этапа испытаний показали:

- хорошую пропускную способность каналов всего оборудования (непрерывность ТВ-трансляции, Интернет-доступа и голосовой телефонной связи);
- обеспечивалось автоматическое переключение между каналом спутниковой и сотовой связи;
- доступность услуги на всех маршрутах следования – не менее 93 %, при этом спутниковый канал обеспечивал до 80% бесперебойной работы;
- канал спутниковой связи показал скорости передачи данных – до 4 Мбит/с,
- канал 3G – до 2,5 Мбит/с.

На рисунках 13–16 представлены скоростные показатели канала спутниковой связи по направлениям.

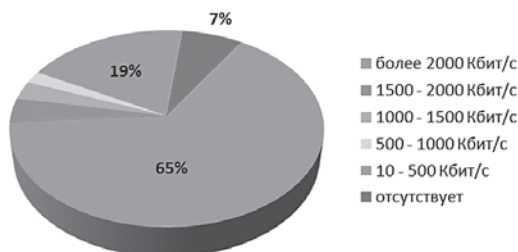


Рис.13. Скоростные показатели канала спутниковой связи на направлении Москва – Климов.

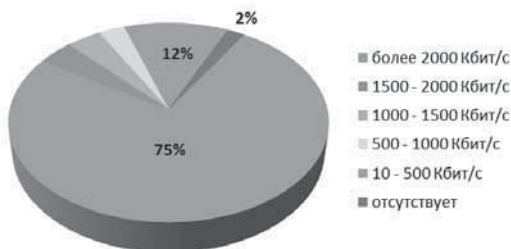


Рис.14. Скоростные показатели канала спутниковой связи на направлении Москва–Адлер.

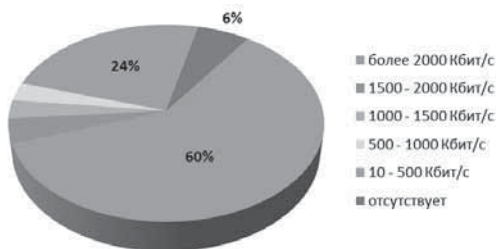


Рис.15. Скоростные показатели канала спутниковой связи на направлении Москва–Екатеринбург.

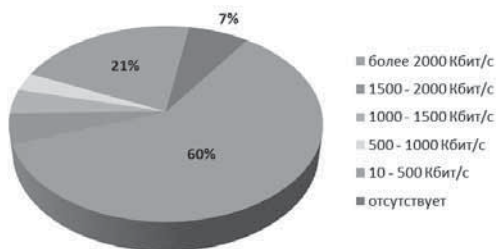


Рис.16. Скоростные показатели канала спутниковой связи на направлении Москва – Мурманск.

Основные выводы по результатам трех этапов испытаний:

1. Испытанное оборудование спутниковой связи можно эффективно использовать для организации канала доступа к сети Интернет на высокоскоростных, скоростных, международных поездках и пассажирских по-

ездах дальнего следования в условиях высоких географических широт после проведения доработки, обеспечивающей эксплуатацию при температуре до минус 40°C.

2. Оптимальными комплексами спутниковой связи для применения на железнодорожном транспорте являются антенные системы OrTes AL-3602-TxRx компании Orbit Technology Group (Израиль), RaySat E-7000 компании RaySat Inc. (Америка) и StarCarTM компании Starling (Израиль).
3. Для организации каналов доступа к сети Интернет на различных направлениях движения пассажирских поездов целесообразно использовать интегрированное применение средств спутниковой связи VSAT, сетей сотовой подвижной радиосвязи стандартов GSM/UMTS и беспроводного доступа внутрипоездной сети Wi-Fi.
4. До пополнения в 2012–2014 г.г. отечественной космической группировки высокоэнергетическими мощными КА «Экспресс-АМ4», «Экспресс-АМ8», «Ямал-300К», «Ямал-401», «Ямал-402», арендовать спутниковый ресурс на зарубежных космических аппаратах (наиболее подходящий по энергетическим характеристикам и углам места для предоставления услуг ШПД – Intelsat-904).
5. По результатам испытаний ОАО «Федеральная пассажирская компания» приняла решение о запуске в опытно-коммерческую эксплуатацию проекта по предоставлению доступа к сети Интернет и мультимедийным сервисам в пассажирских поездах и в дальнейшем – о массовом внедрении данной услуги пассажирам на различных направлениях в зависимости от угла места и зоны покрытия космических аппаратов и доступности спутникового ресурса.

Схема организации связи

Испытания, проведенные сотрудниками ОАО «НИИАС», подтверждают тот факт, что решение задачи организации широкополосного доступа к Интернет и другому мультимедийному контенту на пассажирских поездах может быть обеспечено на основе интегрированного решения – 2G/3G покрытие сети GSM, беспроводной технологии Wi-Fi и спутниковой технологии VSAT.

В общем виде архитектурная схема такого комбинированного решения представлена на рис. 17.

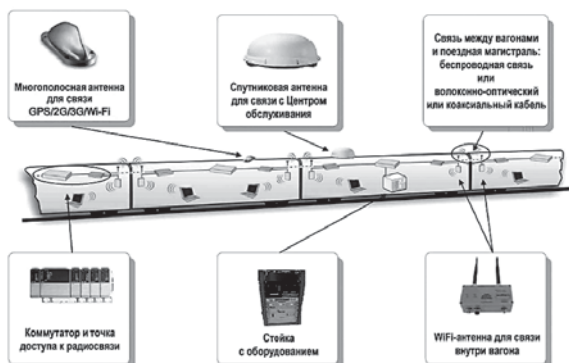


Рис.17. Архитектурная схема комбинированного решения.

Общая схема работы комплекса связи при комбинированном решении представлена на рисунках 18 и 19.

Основными элементами системы являются внутripоездная сеть, каналы связи с внешними системами и наземная инфраструктура для выхода в Интернет, ТВ-вещания и решения технологических задач ОАО «ФПК».

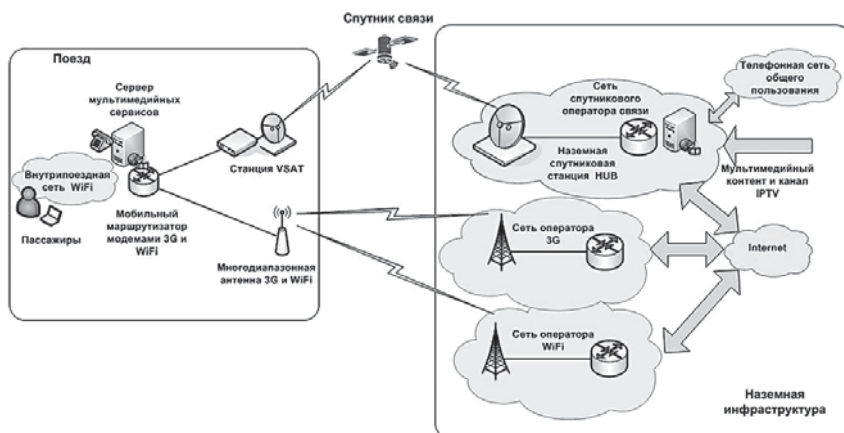


Рис.18. Общая схема работы комплекса связи комбинированного решения.

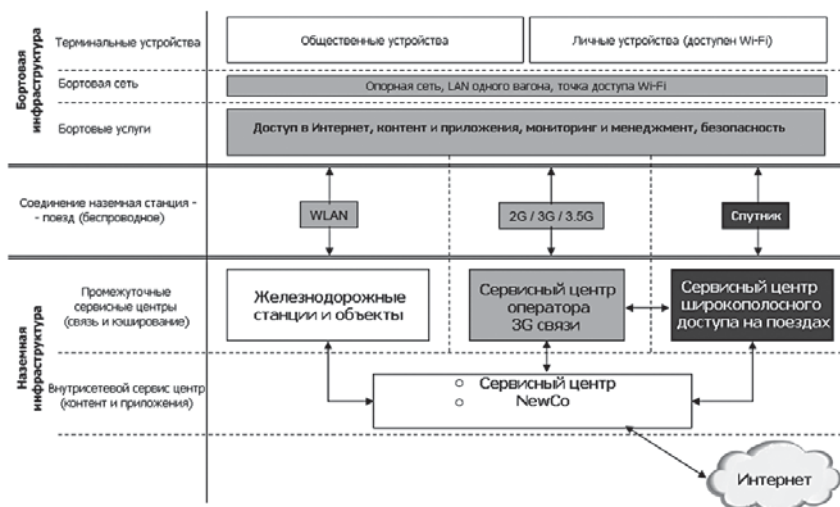


Рис.19. Общая схема работы комплекса связи комбинированного решения.

Качество и стоимость услуги для пассажира

Специалистами ОАО «ФПК» было проведено маркетинговое исследование по анализу востребованности услуги Интернет в фирменных поездах ОАО «ФПК», которое показало, что большая часть пассажиров – пользователей Интернет (81,3%) заинтересованы в пользовании данной услугой в поездах дальнего следования. Люди, занимающиеся бизнесом, предпочли бы автомобилям и самолетам поезд, если бы они были оборудованы доступом в Интернет.

Параметры услуги сети Интернет для пассажиров поездов дальнего следования следующие:

- Минимальная приемлемая скорость Интернет – от 1,5 Мбит/сек;
- Способ соединения – беспроводной;
- Тарифный план – два варианта с возможностью выбора для пассажира:
 - безлимитный тариф – до 5 % от стоимости проезда (предоплата, включенная в стоимость проезда);
 - фиксированное время – до 100 руб/час (оплата по факту картой различного номинала соответствующего провайдера, приобретенной у проводника);

- Средняя продолжительность пользования услугой Интернет в поезде – 2,5 часа;
- Средний объем скачиваемой информации – 16,25 Мб на одного пользователя (за 2,5 часа).

В 2011 году ОАО «Федеральная пассажирская компания», осуществляющая пассажирские перевозки на поездах дальнего следования в рамках холдинга ОАО «РЖД», запустила в опытно-коммерческую эксплуатацию проект по предоставлению широкополосного доступа к сети Интернет и мультимедийным сервисам в пассажирских поездах с использованием спутникового канала, беспроводной технологии Wi-Fi и 3G-сетей ведущих сотовых операторов.

Внутри состава сигнал на устройства пользователей (ноутбуки, коммуникаторы, планшетные ПК, смартфоны) передается по беспроводной технологии Wi-Fi. Таким образом, качество услуги со скоростью до 4Мб/с достигается более чем на 95% пути следования поезда.

Стоимость услуги устанавливается операторами и предоставляется пассажирам за дополнительную плату, которая составляет:

- фиксированное время – от 100 руб/час;
- безлимитный тариф на всю поездку – до 900 рублей.

Перспективы тиражирования на основных железнодорожных направлениях.

На сегодняшний день данная услуга предоставляется пассажирам в следующих поездах: № 9/10 Москва–Самара, № 23/24 Москва–Париж, № 5/6 Москва–Астрахань, № 104/103 Москва–Адлер, № 3/4 Москва–Санкт-Петербург, № 146/145 Москва–Назрань, № 45/46 Москва–Воронеж.

Также в ближайшее время широкополосным беспроводным доступом в Интернет планируется оборудовать следующие поезда формирования ОАО «Федеральная пассажирская компания»: № 101/102/103/104/105/106 Москва–Ярославль, № 167/168 Москва–Санкт-Петербург, № 31/32 Москва–Хельсинки, № 111/112 Москва–Смоленск, № 9/10 Москва–Брянск, № 125/126 Москва–Белгород и № 18/19 Москва–Ницца.

По оценке ОАО «НИИАС» такая услуга будет востребована и на других международных направлениях, таких как Варшава, Прага, Пекин, Будапешт, Улан-Батор, что составит еще 10 международных поездов, а также для пассажиров на направлениях XXII Олимпийских зимних игр-2014 в Сочи и Чемпионата мира по футболу-2018 (Москва – Казань, Екатеринбург, Саратов, Ростов-на-Дону), на дальних направлениях фирменных поездов (Владивосток, Барнаул, Уфа, Красноярск, Калининград, Пермь, Кемерово, Саранск, Оренбург, Новосибирск, Челябинск, Новый Уренгой, Сыктывкар, Екатеринбург, Кисловодск, Новороссийск) и на основных по заполняемости маршрутах скорых поездов.

Общий объем потенциального рынка по оснащению поездов ОАО «ФПК» услугой широкополосного доступа, по оценке ОАО «НИИАС», составит:

- ▶ 20 составов международных поездов;
- ▶ 56 составов фирменных поездов;
- ▶ 78 составов скорых поездов (купейные вагоны).

Реализация задачи предоставления широкополосного доступа к мультимедийному контенту и Интернету для предоставления услуги пассажирам и для технологических нужд ОАО «РЖД» позволит достичь следующих результатов:

- обеспечит возможность предоставления услуг широкополосного доступа мультимедийному контенту и Интернет с гарантированным качеством;
- обеспечит дополнительные сервисные услуги на платной основе;
- обеспечит привлекательность железнодорожного транспорта за счёт расширения предоставляемых сервисов;
- обеспечит рост экономической эффективности использования собственности ОАО «РЖД»;
- обеспечит развитие высокотехнологичных направлений в отрасли;
- создаст условия для расширения возможностей информационно-управляющих систем, эксплуатируемых в ОАО «РЖД»;
- обеспечит сокращение отставания ОАО «РЖД» от мировых перевозчиков на железнодорожном транспорте в области информационно-коммуникационных технологий.

Экономический эффект от внедрения услуги широкополосного доступа для пассажиров поездов и технологических нужд ОАО «РЖД» достигается за счет следующих факторов:

- ♦ Увеличение уровня пассажирских перевозок и повышение конкурентно-способности железнодорожного транспорта.
- ♦ Предоставление широкой номенклатуры услуг пассажирам на возмездной основе.

Соколова Н.А., Васюкова Е.А., Давыдов Д.О., Горчакова Р.Л.

Комплекс мер по определению общего коэффициента теплопередачи изотермических вагонов и контейнеров методов СПС¹ без использования специальной изотермической камеры

Ключевые слова:

перевозка скоропортящихся пищевых продуктов, испытания, специальные транспортные средства, коэффициент теплопередачи кузова.

Общие положения

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 16.09.2013 г. № 807, на железнодорожном транспорте Российской Федерации должна быть введена система периодического контроля и освидетельствования специальных транспортных средств (далее – СТС), предназначенных для перевозок скоропортящихся пищевых продуктов (далее – СПГ), на соответствие нормам и требованиям СПС, одной из 48-ми договаривающихся сторон которого является Российская Федерация.

В связи с необходимостью выполнения требований Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации Д.А. Медведевым от 30 января 2010 г. № 120), федеральных законов «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ, «О качестве и безопасности пищевых продуктов» от 02 января 2000 г. № 29-ФЗ, санитарных правил по организации грузовых перевозок на железнодорожном транспорте. СП 2.5.1250 03, соответствующими решениями Минтранса России и ОАО «РЖД» (Протокол со-

¹ СПС – Соглашение о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок (принято Комитетом по внутреннему транспорту Европейской Экономической Комиссии Организации Объединенных Наций и вступило в силу 21 ноября 1976 г., действующая редакция СПС от 23 сентября 2013 г.)

вещания в Минтрансе России от 30 июля 2007 г. № 1, утвержден Директором Департамента государственной политики в области железнодорожного транспорта Х.Ш. Зябировым 30 августа 2007 г., письма ОАО «РЖД» № Исх.-23741 от 22.12.2010 г., № Исх.-10291/ЦТЕХ от 03.11.2011 г.) планируется распространение норм и требований СПС на СТС, используемые во внутреннем железнодорожном сообщении. Для СТС, используемых во внутреннем железнодорожном сообщении, могут быть использованы дополнительные требования к проведению испытаний в соответствии с местной спецификой, которые регулируются национальным законодательством.

Один из контролируемых параметров СТС в соответствии с требованиями СПС – теплоизоляционные качества СТС, характеризующиеся определенными значениями общего коэффициента теплопередачи кузова СТС (далее – коэффициент К). Использование оригинальной методики СПС по определению значения коэффициента К сопряжено с необходимостью размещения СТС в специализированной изотермической камере на весь период испытаний в соответствии с п.2.1.1 добавления 2 к приложению к СПС (далее – камера). При этом, в соответствии п.п.2.1.4, 2.1.5 и 2.1.7 добавления 2 к приложению к СПС, камера при определении коэффициента К, например, методом внутреннего обогрева² должна обеспечивать:

- равномерную и постоянную среднюю температуру в диапазоне от +6°C до +9°C³ с отклонением $\pm 0,5$ К;
- движение воздуха на расстоянии 10 см от стенок кузова СТС со скоростью от 1 м/с до 2 м/сек;
- равномерное температурное поле, чтобы разница между значениями температуры в любых двух точках снаружи СТС не превышала 2 К.

² В соответствии с СПС, кроме метода внутреннего обогрева может применяться метод внутреннего охлаждения. В нашем случае метод внутреннего охлаждения практически малоприменим, т.к. при его использовании необходимо поддерживать снаружи кузова СТС точку росы воздуха на уровне $+25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, что возможно только при проведении испытаний в камере

³ Получено методом обратного пересчета на основании требований, изложенных в п.2.1.4 добавления 2 к приложению к СПС. В СПС нормируется разница средних температур кузова СТС внутри и снаружи на уровне $25 \text{ K} \pm 2 \text{ K}$, а также средняя температура стенок кузова СТС на уровне $+20^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \text{ K}$. Допустимый диапазон температур кузова снаружи СТС составляет, таким образом, $+7,5^{\circ}\text{C} \pm 1,5 \text{ K}$

Поскольку в настоящее время в Российской Федерации нет камеры, удовлетворяющей всем требованиям СПС, с возможностью размещения в ней железнодорожных вагонов, потребовалась разработка комплекса дополнительных мер, выполнение которых гарантировало бы определение коэффициента K у СТС методами СПС с соблюдением требований к их точности. Настоящая статья посвящена разработке этих дополнительных мер при определении значения коэффициента K у СТС с кузовом в форме параллелепипеда ⁴ в ходе испытаний методом внутреннего обогрева (далее – испытания).

Задачей настоящего исследования является:

- переработка существующей методики СПС по определению значения коэффициента K в условиях проведения испытаний без размещения СТС в камере;
- разработка соответствующих методик учета основных погрешностей, возникающих в ходе измерений и вычислений физических величин, их колебаний;
- выработка практических рекомендаций по уменьшению влияния негативных факторов от проведения испытаний без размещения СТС в камере.

Разработанные и представленные ниже практические рекомендации учитывают специфику проведения испытаний в температурно-климатических условиях, характерных для различных регионов Российской Федерации, параметры отечественных промышленных электросетей, а также параметры СТС, эксплуатируемых на железных дорогах России.

Дополнительные погрешности, возникающие при определении значения коэффициента K без размещения СТС в камере

Размещение СТС в камере способствует не только выполнению всех требований СПС к испытаниям, но и достижению требуемой точности опреде-

⁴ Количество СТС с формой кузова в виде цистерны в настоящее время в Российской Федерации очень мало, и они обращаются, в основном, на замкнутых полигонах

ления коэффициента K . В п.2.3.2 указано значение максимальной погрешности при определении значения коэффициента K методом внутреннего обогрева, равное $\pm 5\%$.

Более подробно о погрешности определения коэффициента K разъяснено в комментариях к п.2.3.2 Справочника СПС. Из разъяснений следует, что указанная погрешность включает в себя:

- приборную погрешность определения физических величин, необходимых для расчета коэффициента K (теплопроизводительность электронагревательных приборов, значения температур кузова СТС снаружи и внутри, площадь теплопередающей поверхности кузова СТС);
- так называемые «неучтенные» погрешности (латентные неточности при допустимых колебаниях температуры кузова СТС снаружи и внутри, термическая инерция стенок кузова СТС, колебания скорости воздушных потоков, омывающих СТС, и их воздействие на тепловое сопротивление кузова).

При этом величина «неучтенных» погрешностей оценивается экспертами СПС в нормальных условиях (при проведении испытаний в камере) в 2%. Проведение испытаний без размещения СТС в камере значительно увеличивает погрешность определения коэффициента K .

Перечень факторов, приводящих к дополнительной погрешности определения коэффициента K при проведении испытаний без размещения СТС в камере, включает:

- невозможность поддержания стабильной средней наружной температуры кузова СТС. Согласно п.1.7 добавления 2 к приложению к СПС колебания средней наружной температуры кузова не должны превышать $\pm 0,3$ К в течение периода устойчивого состояния⁵ продолжительностью не менее 12 часов и не должно превышать $\pm 1,0$ К в течение шести часов, предшествующих вышеуказанному периоду устойчивого состояния;

⁵ В отечественной литературе чаще используется аналогичный по смыслу термин «режим теплового баланса», означающий такое состояние тепловых процессов в системе «наружный воздух – кузов СТС – воздух внутри СТС», при котором наблюдается равенство в приходе и расходе тепловой энергии

- значительные изменения и колебания средней наружной температуры кузова СТС оказывают дополнительное влияние на изменение и колебания средней внутренней температуры кузова СТС (в соответствии с п.1.7 добавления 2 к приложению к СПС, также не более $\pm 0,3$ К). Однако чем теплоизоляционные свойства кузова СТС выше, тем это воздействие слабее и происходит с большим временным лагом;
- невозможность обеспечения равномерного температурного поля снаружи СТС и трудности с его обеспечением внутри кузова СТС;
- сложность обеспечения и поддержания в соответствии с требованиями п.2.1.4 добавления 2 к приложению к СПС постоянной средней температуры стенок кузова СТС во время периода устойчивого состояния на уровне $+20^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ К;
- невозможность обеспечения движения воздушных потоков на расстоянии 10 см от наружных стенок кузова СТС с постоянной скоростью от 1 м/с до 2 м/с.

Комплекс мер по учету и уменьшению воздействия факторов, приводящих к дополнительным погрешностям при определении значения коэффициента К без размещения СТС в камере

1. Обеспечение требуемых температурных условий в помещении, в котором проводятся испытания

Обеспечить соответствие фактических температурных условий требуемому диапазону значений наружных температур кузова без использования камеры возможно путем проведения испытаний в определенные периоды года. Такие периоды года могут быть определены для конкретного географического положения места проведения испытаний путем решения неравенства вида:

$$6 \leq f(T) \leq 9, \text{ где } T = 1..366 - \text{шкала времени годового периода};$$

$f(T)$ – регрессия фактических показаний среднесуточной температуры наружного воздуха в месте проведения испытаний, аппроксимированной за расчетный период (не менее 30-ти последних лет).

Решением будут являться найденные интервалы годового цикла, удовлетворяющие условиям приведенного неравенства.

Наиболее удобно выбор благоприятных периодов для проведения испытаний производить графоаналитическим способом. На рисунках 1 и 2 приведен выбор таких построений для Москвы и Санкт-Петербурга.

Границы пересечения кривой регрессии аппроксимированных за 30-летний период значений среднесуточной температуры наружного воздуха с границами допустимого диапазона наружных температур кузова СТС при проведении испытаний определяют периоды года, во время которых естественные температурные условия максимально приближены к требуемым по СПС.

Для рассматриваемых примеров видно, что в течение года благоприятными периодами для проведения испытаний являются:

- для *Москвы* – вторая половина апреля, а также последняя декада сентября и первая половина октября;
- для *Санкт-Петербурга* – последняя декада апреля и первая половина мая, а также последняя декада сентября и первая половина октября.

Причем осенний период в обоих рассмотренных случаях более предпочтителен, так как ожидания суточных колебаний температуры несколько ниже, чем в весенний период. Выбор благоприятных периодов для испытаний в местах с другими географическими положениями требует проведения аналогичных построений с использованием соответствующей выборки метеоданных.

Выбор конкретных календарных дат проведения испытаний производится на основании прогноза погоды на ближайшие 5–10 суток в пределах установленного благоприятного периода. Испытания следует начинать в случае, если к предполагаемому выходу на режим теплового баланса (примерно через 3–4 суток с момента запуска электронагревательных приборов внутри СТС) ожидается:

- среднесуточная температура воздуха снаружи СТС в пределах от +6°C до +9°C;
- установление пасмурной погоды.

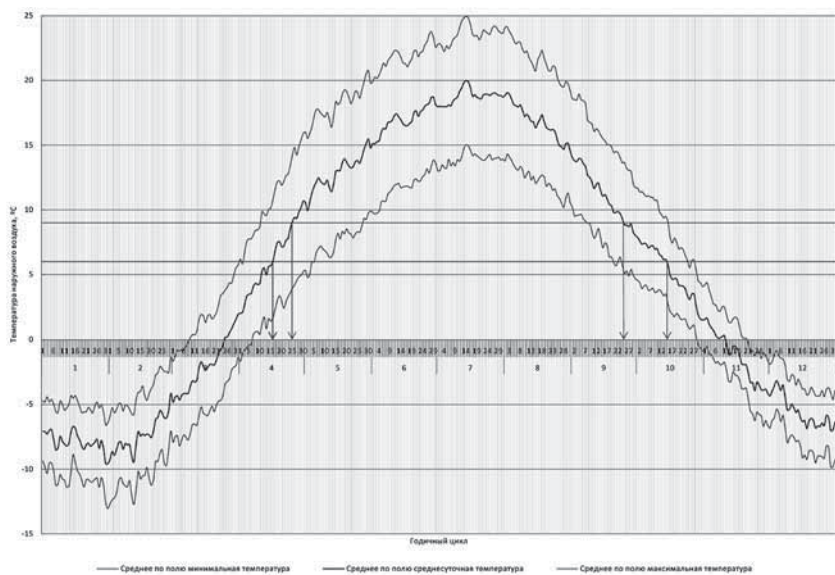


Рис.1. Ход температуры в Москве за годовой период
(метеоданные за 1982–2011 г.г.)

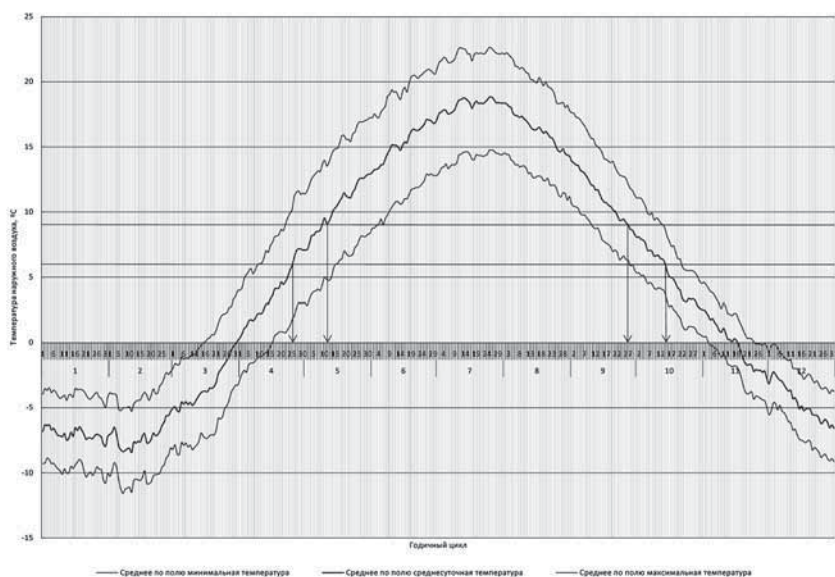


Рис.2. Ход температуры в Санкт-Петербурге за годовой период
(метеоданные за 1982–2011 г.г.)

При оценке возможности достижения таких условий следует экспертно оценивать и учитывать тепловую инерцию помещения, в котором проводятся испытания. Так, если прогнозируется устойчивый рост/снижение температур наружного воздуха, внутри помещения, где располагается СТС, температура будет расти/снижаться, но с некоторым (зависящим от величины тепловой инерции стен указанного помещения) отставанием. В случае если в течение нескольких дней не прогнозируется существенных колебаний температуры наружного воздуха, ожидаемую температуру воздуха снаружи СТС следует принять на несколько градусов выше в связи с наличием в помещении дополнительных факторов в виде смежных отапливаемых бытовых помещений, производственной деятельностью, выполняемой людьми, и прочими факторами, учет которых также производится на месте экспертно.

2. Меры по уменьшению колебаний наружной и внутренней температур кузова СТС, а также теплопроизводительности электронагревательных приборов в течение периода устойчивого состояния

К числу таких мер можно отнести выбор помещения для проведения испытаний. Испытания необходимо проводить внутри крытых, имеющих высокий потолок помещений, желательно с теплоизолированными стенами, без остекления, чтобы исключить прямой доступ солнечного излучения внутрь помещения.

СТС внутри помещения должен размещаться в зоне, не подверженной действию сквозняков.

В случае наличия незначительного остекления стен или крыши помещения, в котором проводятся испытания, финальную стадию испытаний следует проводить только в пасмурную погоду и желательно без осадков.

Ворота, через которые СТС будет устанавливаться внутрь помещения, должны плотно закрываться, препятствуя прямому доступу наружного воздуха в помещение.

Доступ в помещение, в котором проводятся испытания, должен быть ограничен руководителем испытаний.

3. Учет погрешности определения коэффициента К

На значение коэффициента К оказывают влияние значительные колебания наружной и внутренней температур кузова СТС, а также теплопроизводительности электронагревательных приборов в течение той части периода устойчивого состояния, которая используется для определения коэффициента К⁶.

Максимальная относительная погрешность (в совокупности: приборная, прямых многократных равноточных измерений, косвенных измерений) при определении значения коэффициента К может быть вычислена по формулам:

$$\delta_K = \frac{\left| \frac{\Delta_{\bar{W}}}{\bar{F} \cdot (\bar{T}_e - \bar{T}_i)} \right| + \left| \frac{\bar{W} \cdot (\Delta_{\bar{T}_i} + \Delta_{\bar{T}_e})}{\bar{F} \cdot (\bar{T}_e - \bar{T}_i)^2} \right| + \left| \frac{\bar{W} \cdot \Delta_{\bar{F}}}{\bar{F}^2 \cdot (\bar{T}_e - \bar{T}_i)} \right|}{\bar{K}} \cdot 100 + \delta_K^H,$$

$$\bar{K} = \frac{\bar{W}}{\bar{F} \cdot (\bar{T}_i - \bar{T}_e)},$$

$$\bar{W} = \frac{\sum_{k=1}^n W_k}{n}, \quad \Delta_{\bar{W}} = \frac{t_{\gamma, n-1} \cdot \sigma_{\bar{W}} + \gamma \cdot \frac{\varepsilon_W}{100} \cdot \bar{W}}{\sqrt{n}},$$

$$\bar{T}_i = \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^l T_{i,k}}{n \cdot l}, \quad \Delta_{\bar{T}_i} = \frac{t_{\gamma, n-1} \cdot \sigma_{\bar{T}_i} + \gamma \cdot \frac{\Delta_{T_i}}{\sqrt{l}}}{\sqrt{n}},$$

$$\bar{T}_e = \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m T_{e,j,k}}{n \cdot m}, \quad \Delta_{\bar{T}_e} = \frac{t_{\gamma, n-1} \cdot \sigma_{\bar{T}_e} + \gamma \cdot \frac{\Delta_{T_e}}{\sqrt{m}}}{\sqrt{n}},$$

$$\bar{F} = f(\bar{L}_i, \bar{L}_e, \bar{B}_i, \bar{B}_e, \bar{H}_i, \bar{H}_e)^7,$$

$$\Delta_{\bar{F}} = \left| \frac{\partial \bar{F}}{\partial L_i} \cdot \Delta_{\bar{L}_i} \right| + \left| \frac{\partial \bar{F}}{\partial L_e} \cdot \Delta_{\bar{L}_e} \right| + \left| \frac{\partial \bar{F}}{\partial B_i} \cdot \Delta_{\bar{B}_i} \right| + \left| \frac{\partial \bar{F}}{\partial B_e} \cdot \Delta_{\bar{B}_e} \right| + \left| \frac{\partial \bar{F}}{\partial H_i} \cdot \Delta_{\bar{H}_i} \right| + \left| \frac{\partial \bar{F}}{\partial H_e} \cdot \Delta_{\bar{H}_e} \right|,$$

где $\bar{K}$ – среднее значение коэффициента К, Вт/(м²К);

$\bar{W}$, $\bar{T}_i$, $\bar{T}_e$, $\bar{F}$ – средние значения (за часть периода устойчивого состояния, которая используется для определения коэффициента К), соответственно,

⁶ Согласно п.1.7 добавления 2 к приложению к СПС продолжительность этого периода должна составлять не менее шести последних часов периода устойчивого состояния

⁷ Существуют разные способы определения площади теплопередающей поверхности кузова СТС. В настоящей статье указано общее решение. Набор переменных также может быть иным

теплопроизводительности электронагревательных приборов, Вт, внутренней и наружной температур кузова СТС, °С, площади теплопередающей поверхности кузова СТС, м²;

$\Delta_{\overline{W}}, \Delta_{\overline{T_i}}, \Delta_{\overline{T_e}}, \Delta_{\overline{F}}$ – абсолютные погрешности прямых равноточных измерений средних величин, соответственно, теплопроизводительности электронагревательных приборов, Вт, внутренней и наружной температур кузова СТС, К, площади теплопередающей поверхности кузова СТС, м²;

W_k – значение теплопроизводительности электронагревательных приборов, измеренное при k -м замере (всего за часть периода устойчивого состояния, которая используется для определения коэффициента K , произведено n замеров), Вт;

$T_{i,k}, T_{e,j,k}$ – значения температур, измеренных при k -м замере, соответственно, i -м термодатчиком внутри кузова СТС (всего в одном замере участвует одновременно l термодатчиков), °С, и j -м термодатчиком снаружи кузова СТС (всего в одном замере участвует одновременно m термодатчиков), °С;

$\overline{Li}, \overline{Le}, \overline{Bi}, \overline{Be}, \overline{Hi}, \overline{He}$ – соответственно, внутренние (индекс i) и наружные (индекс e): длина, ширина и высота СТС, м;

$\Delta_{\overline{Li}}, \Delta_{\overline{Le}}, \Delta_{\overline{Bi}}, \Delta_{\overline{Be}}, \Delta_{\overline{Hi}}, \Delta_{\overline{He}}$ – абсолютные погрешности прямых равноточных измерений $\overline{Li}, \overline{Le}, \overline{Bi}, \overline{Be}, \overline{Hi}, \overline{He}$ м;

$t_{y, n-1}$ – значение коэффициента Стьюдента для доверительной вероятности и числа степеней свободы $(n-1)$;

$\sigma_{\overline{W}}, \sigma_{\overline{T_i}}, \sigma_{\overline{T_e}}$ – среднеквадратические отклонения величин $\overline{W}$ Вт, $\overline{T_i}$ и $\overline{T_e}$, К;

ε_w – относительная или приведенная⁸ приборная погрешность единичного измерения теплопроизводительности электронагревательных приборов, %;

$\Delta_{\overline{T_i}}, \Delta_{\overline{T_e}}$ – абсолютные приборные ошибки единичного измерения температуры, соответственно, внутри и снаружи кузова СТС, К;

$\delta_K^H = 2$ – величина «неучтенных» погрешностей, %.

В случае значительного колебания наружных температур кузова СТС (основная причина погрешностей на практике), прекращать испытания сле-

⁸ Обычно погрешность измерения электрических величин выражается в относительных единицах

дует только в том случае, если установлены следующие признаки за период не менее суток:

- зафиксирован хотя бы один интервал стабильной и/или снижающейся средней температуры воздуха внутри СТС;
- одинаковая величина временного лага и характера изменения средней температуры кузова снаружи и внутри СТС;
- одинаковая пропорция между изменениями средней температуры кузова снаружи и внутри СТС.

Значение коэффициента K должно быть увеличено на величину максимальной погрешности, рассчитанную по формуле, приведенной выше.

Поиск части периода устойчивого состояния, данные которого используются при определении коэффициента K , должен производиться методом полного последовательного перебора всех возможных вариантов, начиная с момента первой зафиксированной стабилизации внутренней температуры кузова СТС, с интегральной оценкой всех параметров. В ОАО «НИИАС» разработаны соответствующие алгоритмы и их программные реализации для автоматизации данного процесса и возможности осуществления его в режиме реального времени. В качестве расчетного должен быть принят вариант наиболее полно соответствующий требованиям СПС.

4. Меры по уменьшению влияния на значение коэффициента K температуры стенок кузова СТС и скорости движения воздушного потока снаружи кузова СТС, не соответствующих требованиям СПС

При различных температурах стенок кузова теплопроводность материалов, из которых выполнена теплоизоляция СТС, будет иметь разные значения. Следовательно, разные значения будет иметь и коэффициент K . Также величина коэффициента K зависит от скорости воздушного потока снаружи кузова СТС вследствие изменения теплоотдачи наружной поверхности кузова СТС.

Приведение фактического значения коэффициента K к нормируемым в СПС температуре стенок кузова СТС и скорости движения воздушного по-

тока снаружи кузова СТС может быть осуществлено при помощи поправочного коэффициента, вычисляемого следующим образом:

$$\Delta K = \frac{K_n}{K_\phi} = \frac{\frac{1}{\alpha_s} + \sum_{q=1}^p \frac{d_q}{\lambda_{\phi q}} + \frac{1}{\alpha_n^0}}{\frac{1}{\alpha_s} + \sum_{q=1}^p \frac{d_q}{\lambda_{nq}} + \frac{1}{\alpha_n''}},$$

K_n – теоретическое значение коэффициента теплопередачи при нормируемом в СПС температуре стенок кузова СТС и скорости движения воздушного потока, Вт/(м²К);

K_ϕ – то же, при фактической температуре стенок кузова СТС и скорости движения воздушного потока равной нулю, Вт/(м²К);

p – количество слоев теплоизоляции (одного или нескольких материалов) кузова СТС;

d_q – средняя толщина q -го материала теплоизоляции кузова СТС;

α_s – расчетный коэффициент теплоотдачи внутренних стен кузова СТС;

α_n^H, α_n^0 – то же, наружных стен кузова СТС при скорости движения воздушного потока снаружи кузова СТС равной, соответственно, 2 м/с и в состоянии покоя;

$\lambda_{nq}, \lambda_{\phi q}$ – расчетный коэффициент теплопроводности q -го материала теплоизоляции кузова СТС при температуре стенок кузова, соответственно, нормируемой в СПС и фактической.

Значения теплопроводности материалов теплоизоляции кузова СТС при различных температурах, а также теплоотдачи при различных скоростях движения воздушного потока снаружи СТС могут быть приняты по информации производителей соответствующих материалов или справочным данным.

5. Меры по уменьшению воздействия на значение коэффициента K прочих факторов

В соответствии с п.2.1.2 добавления 2 к приложению к СПС при использовании метода внутреннего обогрева электронагревательные приборы

должны быть оснащены вентиляторами, в которых расход воздуха должен быть достаточным для обеспечения часовой кратности воздухообмена 40–70 единиц с учетом объема кузова СТС; распределение воздуха около всех внутренних поверхностей испытываемого кузова СТС должно быть достаточным для обеспечения того, чтобы максимальная разница между температурами в любых двух точках ее измерения не превышала 2 К после установления режима устойчивого состояния.

Если электронагревательные приборы не оснащены вентиляторами, должны использоваться электронагревательные приборы с низкой теплоотдачей на единицу их площади. Выполнение этого требования ОАО «НИИАС» обеспечивает используя пленочные электронагреватели площадью от 1,5 м² до 3,0 м² с удельной теплоотдачей 200–250 Вт/м², развеска которых внутри кузова СТС осуществляется равномерно по длине и ширине (комплект на каждую половину длины кузова СТС) на высоте примерно от четверти до трети высоты кузова от пола.

Особо следует отметить меры по устранению нежелательных эффектов, связанных со значительной тепловой инерцией теплоизолированного кузова СТС. Практически это достигается за счет предварительного выдерживания СТС в условиях, приближенных к условиям испытания до тех пор, пока температура стенок кузова по всей толщине не сравняется с температурой воздуха снаружи СТС. На основании ранее проведенных исследований (К.В. Иванов «Оценка точности определения коэффициента теплопередачи ограждения рефрижераторного вагона»), это время составляет в среднем 1,0–1,5 суток. Также в процессе испытания электронагревательные приборы должны постоянно работать в одном режиме теплопроизводительности.

При проведении испытаний в промышленных помещениях с большой долей вероятности можно ожидать резких и значительных скачков напряжения в течение суток. Это вызывает значительные колебания теплопроизводительности электронагревательных приборов. Для снижения погрешности определения коэффициента К, накладываемой этим обстоятельством,

необходимо использовать стабилизатор напряжения точностью не ниже 3% для нормализации подаваемого к электронагревательным приборам напряжения.

Выводы и предложения

Определение коэффициента K кузова СТС без использования камеры характеризуется появлением значительных дополнительных погрешностей, которые могут быть уменьшены применением комплекса дополнительных мер:

- выбором места, периода и времени проведения испытаний;
- особыми требованиями к электронагревательным приборам;
- оптимальным выбором той части периода устойчивого состояния, которая используется при расчете коэффициента K ;
- приведением фактического значения коэффициента K к нормируемым в СПС температуре стенок кузова СТС и скорости движения воздушного потока снаружи кузова СТС.

Остающаяся после применения указанных мер погрешность определения коэффициента K должна быть посчитана и учтена в итоговом значении коэффициента K .

С учетом вышесказанного, значение коэффициента K должно определяться как:

$$K = \left(1 + \frac{\delta_K}{100} \right) \cdot \bar{K} \cdot \Delta K.$$

Дмитриев В.Н.

Об одном подходе к разработке единой технологии материального учета компании совместно с внедрением технологии управления единой нормативно-справочной информацией

Ключевые слова:

унификация бизнес-процессов, материально-техническое обеспечение, единая технология материального учета, единая нормативно-справочная информация, справочники и классификаторы, модель данных

Введение

В результате реализации структурной реформы на железнодорожном транспорте возник ряд новых задач, касающихся экономической эффективности процессов материально-технического обеспечения (МТО) на железнодорожном транспорте и способов их решения с использованием современных информационных технологий.

Целью МТО, как известно, является обеспечение деятельности компании материально-техническими ресурсами (МТР) в необходимом количестве, надлежащего качества, в установленные сроки и с минимальными затратами. Для успешного осуществления МТО в холдинговой компании типа ОАО «РЖД», имеющей территориально разобщенную филиальную сеть и сеть дочерних и зависимых обществ, необходимо применение единой технологии материального учета компании совместно с внедрением технологии управления единой нормативно-справочной информацией (ЕНСИ МТО).

Оба направления должны рассматриваться целостно и во взаимосвязи, что является важной и достаточно сложной методологической задачей.

Для реализации данной концепции требуется определить подходы к формированию ЕНСИ и единой технологии материального учета.

Эти подходы зависят от специфических особенностей, присущих компании и определяются:

- наличием большого числа и разнообразием потенциальных пользователей автоматизированной системы МТО (АС МТО), зависящих, в свою очередь, от специфики производственных процессов (управленческие и организационные аспекты, планирование и контроль рабочих процессов, система отчетов и пр.);
- необходимостью учёта особенностей, существующих в сфере МТО железных дорог, бизнес-процессов и установлением взаимосвязей между ними;
- характером используемых для материального учёта автоматизированных систем, их интеграции и взаимосвязей между этими системами;
- принципами организации работ специалистов, имеющих отдельные бизнес-процессы или работающих с несколькими бизнес-процессами.

Таким образом, работы по подготовке и внедрению ЕНСИ МТО и единой технологии материального учета – это комплекс работ и необходимых мероприятий, разбитых на этапы.

При организации работы в проекте в структурах Росжелдорснаб – филиала ОАО «РЖД» автор использовал требования стандартов, как ранее известных в практике построения автоматизированных информационных систем на территории СНГ [1,2] так и стандартов последнего времени [3,4], воспринимаемых международным сообществом.

Основные работы, выполненные в ходе проекта:

1. Проведение комплексного анализа АС МТО и действующей нормативно-справочной информации (НСИ) МТО;
2. Формирование требований к справочникам и классификаторам и к технологии управления ЕНСИ МТО;
3. Разработка моделей данных компонентов ЕНСИ МТО;
4. Разработка общих принципов учета МТР в учетной системе компании;
5. Разработка правил перехода от используемой системы НСИ к единой НСИ МТО (включая разработку тестового образца одного из компонентов ЕНСИ МТО).

Каждая из указанных выше работ характеризуется относительной самостоятельностью. В рамках работ проводится детализация элементов и процедур МТО. Каждая процедура имеет собственные критерии для оценки результатов, а их последовательность и взаимосвязь определяются логикой процесса в целом и уточняются в ходе мониторинга проекта. Целостность проекта обеспечивается взаимной обусловленностью, содержательной и логической преемственностью работ.

Рассмотрим ключевые этапы формирования единой НСИ МТО, используемой в целях единой технологии материального учета.

Комплексный анализ АС МТО и НСИ МТО

Для определения текущего состояния автоматизированной системы МТО и ее нормативно-справочной части необходимо:

- Проанализировать отчетные формы (выявить соотношение полей каждой формы, содержащих нормативно-справочную информацию, полям классификаторов и справочников НСИ);
- Проанализировать классификаторы и справочники, используемые в АС МТО (определить методы идентификации, классификации и кодирования содержащихся в классификаторах и справочниках объектов);
- Установить порядок функциональных связей действующих информационных систем (выявить механизм обмена данными между подсистемами АС МТО);
- Согласовать перспективы развития системы МТО компании в части использования НСИ (в т.ч. путем непосредственных консультаций со специалистами функциональных подразделений предприятия).

В результате собирается достоверная и однозначная информации, сопоставляются действующие системы и НСИ и намечаются пути упорядочения имеющихся информационных ресурсов. В результате оценивается текущее состояние системы нормативно-справочной информации в сфере МТО и выявляются «узкие» места, мешающие качественному выполнению рабочего процесса. Алгоритм реализации задачи представлен в виде схемы на рис.1.



Рис.1. Краткий алгоритм выполнения задачи комплексного анализа АС МТО и НСИ МТО

В ходе *анализа эксплуатируемых автоматизированных систем МТО*, принимается во внимание разнородность автоматизированных систем МТО, как правило имеющая место в крупных территориально-распределённых компаниях.

В силу потребности в общем информационном пространстве решение задачи его тесно увязывается с формированием унифицированной технологии материального учета в АС МТО на базе единой нормативно-справочной информации.

По результатам анализа эксплуатируемых АС МТО:

- Устанавливаются ключевые пользователи АС МТО и используемая ими информация;
- Выявляется контур процессов материального учета в учетной системе предприятия и определяются основные бизнес-процессы МТО;
- Намечается комплекс мер по обеспечению информационной совместимости ЕНСИ МТО с эксплуатируемыми АС МТО.

Анализ существующей системы НСИ МТО позволяет сформулировать требования к единой системе НСИ МТО. Подходы к построению систем НСИ корпоративного уровня отрабатываются достаточно давно, и накоплен определённый положительный опыт (например, [5,6]). Но лишь на основании данных детализированного анализа классификаторов и справочников

в сфере МТО, что очень часто не выполняется в силу трудоёмкости работ, предприятие может получить их полное описание, установит применяемые методы идентификации, классификации и кодирования элементов НСИ, сформулирует действующий механизм ведения НСИ, а также определит структуру информационных связей между компонентами НСИ. Итогом выполнения данной задачи выражается в:

- Перечнях замечаний по ведению и использованию действующей НСИ;
- Идентификации процессов материального учета в учетной системе предприятия;
- Разработке основ модели данных компонентов (справочников и классификаторов) ЕНСИ МТО.

Анализ применяемой системы отчетности в области МТО позволяет определить состав информации, фактически используемой ключевыми пользователями, а также обеспеченность требуемой информации существующими справочниками. По результатам анализа формируется таблица соответствия полей отчетных форм объектам классификации действующей НСИ.

Кроме того, данная задача дает возможность:

- Установить ключевых пользователей нормативно-справочной информации;
- Определить функциональность действующей НСИ;
- Сформировать периметр фактического использования процессов МТО в учетных системах предприятия;
- Разработать основу системы показателей, обеспечивающих принятие управленческих решений в сфере МТО.

Функциональные требования к справочникам в системе ЕНСИ МТО

Следующим этапом внедрения на предприятии единой НСИ для целей ведения единообразного материального учета является формулирование функциональных требований к справочникам и классификаторам проектируемой единой системы, которые разрабатываются на основании результатов комплексного анализа АС МТО и НСИ МТО, полученной оценки текущего состояния системы нормативно-справочной информации и выяв-

ленных «узких» мест в технологическом процессе МТО, а также результатов интервью.

Схема входов/выходов выполнения задачи получения функциональных требований к ЕНСИ МТО представлена на рис.2.



Рис.2. Краткий алгоритм выполнения задачи формирования функциональных требований к ЕНСИ МТО

Итоги выполнения задач данного этапа:

- требования к технологии управления НСИ в рамках унифицированной технологии материального учёта;
- уточнённые потребности подразделения снабжения и приоритетные задачи;
- границы технологии создания и ведения ЕНСИ;
- подходы, необходимые для решения задач МТО;
- область решения задачи создания ЕНСИ МТО (вкл. постановку задачи).

В ходе выполнения работ требования к ЕНСИ МТО могут неоднократно уточняться. Также они могут быть изменены после завершающего этапа по согласованию участников проекта.

В ходе выполнения задачи *определения ключевых пользователей АС МТО* такие пользователи группируются в категории, отражающие их причастность или интерес к системе МТО. Для каждой категории однозначно определяются роли, обязанности и полномочия. Основным итогом *анализа*

информации, используемой ключевыми пользователями АС МТО, должны быть сформированные требования к составу и структуре классификаторов и справочников новой единой НСИ МТО.

Результаты выполнения данной задачи используются в общем описании системы ЕНСИ МТО и в описании ее автоматизированных функций.

Анализ функциональности действующей НСИ является одной из основных отправных точек, а результаты, полученные по её прохождению, являются необходимыми при прогнозировании будущей стоимости проекта.

Основным итогом анализа функциональности действующей НСИ должны быть сформированные требования к содержанию и предназначению полей справочников и классификаторов новой единой НСИ МТО.

На основании их в дальнейшем можно получить:

- Описание модели данных компонентов (справочников и классификаторов) ЕНСИ МТО, их свойств, значений, атрибутов, а также взаимосвязей между ними;
- Предложения по совершенствованию структуры данных НСИ;
- Рекомендации по организации системы ЕНСИ МТО;
- Предложения по интегрированному построению справочников для автоматизированных систем компании.

Анализ технологии ведения и использования действующей НСИ. Требования к процессам ведения справочников и классификаторов в ЕНСИ МТО формируются на основании информации об участниках процесса и их роли, методах синхронизации основных данных с локальными системами, а также на основании требований к документационному обеспечению ведения нормативно-справочной информации (созданию записей, их изменению, блокированию и пр.).

В результате анализа системы ведения действующей НСИ будут сформированы требования пользователей к регламенту и способу ведения ЕНСИ МТО, которые в дальнейшем могут использоваться при формировании рекомендаций по обеспечению и информационной совместимости ЕНСИ МТО с прочими эксплуатируемыми системами.

Разработка моделей данных компонентов ЕНСИ МТО

Краткий алгоритм выполнения этой задачи представлен на рис.3.



Рис.3. Краткий алгоритм выполнения задачи разработки модели данных ЕНСИ МТО

Разработка моделей данных компонентов ЕНСИ МТО включает в себя описание компонентов, их свойств и атрибутов, взаимосвязей между ними, а также описание рекомендуемой системы классификации и кодирования информации.

Формирование архитектуры ЕНСИ МТО. Единая НСИ МТО представляется в виде совокупности информационно совместимых словарей, справочников, классификаторов, элементы которых используются при решении задач МТО на предприятии вне зависимости от организационных и иерархических структур. Автоматизированные функции единой системы НСИ должны быть направлены на достижение установленных целей в процессах управления МТО. Они включают в себя совокупность средств, позволяющих осуществлять работу с данными при оставлении за человеком права выбора вариантов решения.

На основании описаний и требований к НСИ, а также сформированной архитектуры системы, разрабатывается *модель данных компонентов (спра-*

вочников и классификаторов) ЕНСИ МТО, т.е. регламентируются их свойства и атрибуты, прописываются взаимосвязи между компонентами системы.

В дальнейшем результаты данного этапа работ используются при:

- Формировании требований к техническому и программному обеспечению;
- Подготовке предложений по интеграции справочников и классификаторов;
- Разработке регламента формирования и наполнения справочников и классификаторов ЕНСИ МТО;
- Разработке тестового образца компонента ЕНСИ МТО.

Разработка системы классификации и кодирования (ЕСКК) ЕНСИ МТО необходима для обеспечения информационной совместимости данных, используемых в смежных задачах АС МТО, а также при обмене данными как внутри предприятия, так и с внешними организациями.

ЕСКК представляет собой систему, включающую множество классификаторов, применяемых для решения задач корпоративного уровня управления, саму автоматизированную систему ведения и использования ЕСКК, средства администрирования процесса формирования и ведения ЕСКК, а также методологию применения ЕСКК в прикладных задачах. ЕСКК обеспечивает консолидацию и группировку данных, единообразие различных выборок (отчетов). Основой ЕСКК может служить тезаурус – словарь, содержащий единые корпоративные формулировки и определения ключевых терминов и понятий.

ЕСКК позволит решить вопросы работы с объектами классификации в части:

- Выделения объектов классификации, учитываемых на уровнях интеграции данных, в системах обмена данными между разными подсистемами и в среде внешнего информационного обмена;
- Определения состава классификационных признаков, значения которых должны одинаково восприниматься всеми пользователями;
- Оценки множества значений классификационных признаков;

- Необходимости гармонизации объектов классификации и их классификационных признаков с внешними АС;
- Определения способов информационной совместимости действующих задач с формируемыми компонентами ЕНСИ.

При разработке модели данных компонентов ЕНСИ МТО, как следствие, должны быть сформированы *требования к техническому и программному обеспечению единой НСИ МТО*. Это требования к ресурсам (операционные системы, СУБД, средства защиты информации, дополнительное программное обеспечение), к качеству программных средств (функциональность, надёжность, лёгкость применения и обслуживания) и к характеристикам средств технического обеспечения системы. При подготовке требований формулируются предложения по интегрированному построению справочников, используемых на предприятии для автоматизированного материального учета, и правил перехода от используемой НСИ к ЕНСИ.

Результатом выполнения общей задачи на данном этапе, в том числе, должна стать разработка *регламента формирования и наполнения компонентов ЕНСИ МТО*, устанавливающего общие правила (общий регламентированный порядок) формирования и наполнения классификаторов и справочников в составе единой системы НСИ МТО непосредственно используемого при формировании правил перехода от действующей системы НСИ к единой.

Общие принципы учета МТР в учетной системе компании

Теперь отвлечемся от задач гармонизации нормативно-справочной информации и перейдем к задачам учета материально-технических ресурсов.

Для разработки общих принципов учета МТР в учетной системе компании необходимо выделить основные бизнес-процессы поставки МТР и исследовать периметр автоматизации этих процессов. Для этого надо сформировать комплекс задач, решаемых в рамках единой технологии материального учета, и выявить задачи, содержащие проблемные зоны, а также проанализировать и «привязать» основные характеристики процессов учета МТР к количественным и качественным показателям деятельности компании.

Краткий алгоритм выполнения задачи представлен на рис.4.

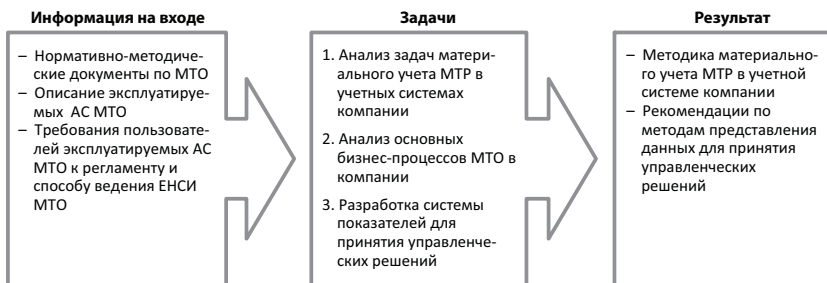


Рис.4. Краткий алгоритм выполнения задачи разработки общих принципов учета МТР в учетной системе компании

Анализ задач материального учета МТР в компании неразрывно связан с анализом самих бизнес-процессов в этой сфере. Во всех подразделениях предприятия учетные процессы должны быть унифицированы, исходя как из задач материального учета, так и из задач детализации показателей отчетности [7] по основным объектам инфраструктуры. Унификация также необходима для обеспечения информационной совместимости данных, используемых в материальном учете в разных локальных системах компании. На основании полученных результатов анализа вырабатывается единая методика материального учета МТР во всех учётных системах компании.

На данном этапе, большое значение придается возможности сформировать подходы к построению *системы показателей*, позволяющей разработать методы представления данных для принятия управленческих решений в области МТО таким образом, чтобы, с одной стороны, они базировались на интегрированных автономных первичных данных из разных систем учета, а с другой – использовали объединенные данные в необходимых аспектах при принятии управленческих решений или при подготовке отчетов.

При этом, с учётом современных подходов к формированию системы показателей [8] автор статьи считает необходимым рассматривать не результаты механистического выполнения функциональных операций, а, в целом, систему корпоративных взаимоотношений между всеми заинтересованными лицами, соотнесённых с задачами мониторинга развития компании, от-

слеживанием выполнения стратегии развития компании. Таким образом, осуществляется недопустимость манипулирования одной группой показателей за счет других. Например, краткосрочного улучшения финансовых показателей за счет экономии на качестве услуг.

Разработка системы показателей, относящихся к финансово-хозяйственной деятельности, обусловлена выявлением идентификаторов процесса и основных характеристик процессов и хозяйственных операций (операции хранения, отпуск в производство и т.д.)[9], что непосредственно перекликается с моделью данных справочников и классификаторов ЕНСИ МТО. Лишь имея систему результативных показателей компании в части МТО и методику учета МТР, можно разработать модель данных компонентов НСИ, которая будет удовлетворять потребностям ключевых пользователей и предприятия в целом.

Разработка правил перехода к единой НСИ МТО

Формирование правил перехода от использования действующей системы НСИ к единой необходимо начинать еще на этапе разработки регламента формирования и наполнения компонентов ЕНСИ МТО. Исходя из данных правил, может быть сформулирован порядок управления ЕНСИ МТО при использовании компонентов и данных нормативно-справочной информации в эксплуатируемых АС МТО. Алгоритм решения задачи представлен на рис.5.

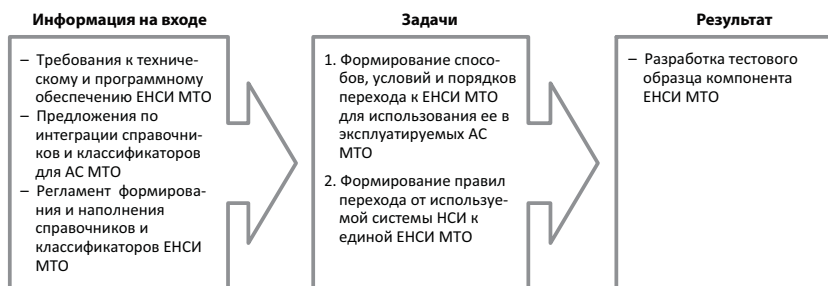


Рис.5. Алгоритм решения задачи разработки правил перехода к ЕНСИ МТО

Вся применяемая в компании система НСИ представляет собой множество справочников, в том числе и с централизованным администрированием. При этом только один из справочников НСИ должен являться носителем первичных значений определенного поля. Другие справочники синхронизируют значения имеющихся у них аналогичных полей с полем справочника-первоисточника. Таким образом, создаётся сложная многоступенчатая система взаимосвязей между справочниками, управление которой представляет непростую задачу, а допущенные ошибки по принципу цепной реакции автоматически распространяются по всем взаимосвязанным задачам. Для перевода действующей системы НСИ на ЕНСИ МТО необходимо учитывать индивидуальные особенности использования каждого компонента НСИ. Поэтому и подход к адаптации задач материального учета должен быть индивидуальный.

В зависимости от особенностей действующего программного обеспечения и имеющихся возможностей его доработки на предприятии производится:

- Разработка вариантов перевода задач АС МТО на ЕНСИ МТО;
- Регламентация последовательности работ по переходу действующих АС МТО на ЕНСИ МТО;
- Определение условий разработки и внедрения новых прикладных задач после перехода АС МТО на базу ЕНСИ МТО;
- Закрепление принципов взаимодействия ЕНСИ с АС МТО в процессе эксплуатации в части синхронизации и обслуживания систем.

Для наглядности и демонстрации принципов применения ЕНСИ МТО создаётся тестовый образец компонента ЕНСИ МТО. Он представляет собой элемент НСИ, предлагаемый в качестве одного из справочников (классификаторов) единой системы. Тестовый компонент разрабатывается в соответствии с общими требованиями ЕСКК.

Заключение

Внедрение единой информационной среды на основе унификации бизнес-процессов, создания ЕНСИ и покрытия сфер деятельности компании системой сбалансированных показателей обеспечит повышение качества поставок и услуг в сфере обеспечения МТР, а также эффективность ис-

пользования материальных ресурсов в целом. Большое значение при этом имеет определение правильных подходов к формированию единой НСИ и унифицированной технологии материального учета. Как было указано выше, они зависят от отраслевых особенностей компании и уровня информационной оснащенности.

Литература:

1. ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.
2. РД 50-34.698-90 Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов.
3. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Fourth Edition. Project Management Institute 2008. – 459 с.
4. A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge® (BABOK® Guide) Version 2.0. International Institute of Business Analysis 2009. – 259 с.
5. А.Колесов. Технология управления НСИ корпоративного уровня. <http://www.pcweek.ru/idea/article/detail.php?ID=70392> (дата обращения 12.04.2013).
6. Д. Мартыненко. Построение систем НСИ: какой подход выбрать? http://www.navicongroup.ru/news/info_letters/04_11/lsi.php (дата обращения 12.04.2013).
7. В.Н. Дмитриев, Е.В. Поспелова, И.М. Акиншина. Единый регистр основных средств – инструмент оперативного управления и получения достоверной отчетности. Экономика железных дорог. 2011 №12. С. 89-90.
8. Роберт С. Каплан, Дейвид П. Нортон. Сбалансированная система показателей. От Стратегии к Действию. ЗАО «Олимп-Бизнес», Москва, 2003.- 259 с.
9. Г.И. Намазалиев Экономический анализ хозяйственной деятельности в материально-техническом обеспечении. Москва. Финансы и статистика. 1990. – 320 с.

Дмитриев В.Н., Поспелова Е.В., Акиньшина И.М.

Стратегия управления основными средствами на базе взаимоувязки объектов инфраструктуры в разных системах учета

Ключевые слова:

автоматизация учета на предприятии, патенты, сложные объекты, сбор сведений, сопоставление данных, инфраструктура железнодорожного транспорта.

В чем состоит сущность любого учета на предприятии? Прежде всего, учет – это составная часть управления экономическими процессами или объектами, в том числе, основными средствами предприятия. Учет позволяет фиксировать состояние и параметры экономических объектов и процессов, обеспечивает сбор и накопление сведений о них, а также отражение этих сведений в различной обязательной, отраслевой и иной отчетности.

Сущность различных видов учёта на предприятии

Различают несколько видов учета – статистический, оперативный, бухгалтерский, налоговый, финансовый, управленческий и пр.

Как показывает практика, в оперативно-техническом и статистическом учете, в планировании, прогнозировании широко используется бухгалтерская информация. В идеале систему бухгалтерского учета можно представить в виде трехуровневой схемы, изображенной ниже (см. рис. 1):

Как видно, в данной схеме отсутствуют одноуровневые (горизонтальные) связи. Наиболее важной, по нашему мнению, была бы связь между производственным учетом и финансовым учетом для внутреннего управления.

Например, в первой части баланса по строке «Основные средства» отражается стоимость основных средств на отчетную дату. А в производствен-

ном отделе формируется отчет показателей износостойкости имущества или статистика отказов в работе оборудования (отказ – нарушение нормальной работы или повреждение оборудования, приведшее к вынужденному перерыву в работе или ограничению работоспособности). В данном примере баланс и отчет о техническом состоянии основных средств лежат в разных плоскостях интересов. Если экономисту необходимо определить в балансе долю стоимости имущества, которое имеет высокую степень износа, то сделать это ему не удастся. Причина проста: сведения об актуальных стоимостных характеристиках объектов и их техническом состоянии слишком обособлены друг от друга.

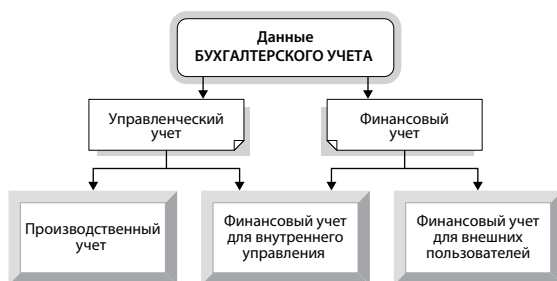


Рис. 1. Схема бухгалтерского учета

Такой подход закономерен. Каждый видит в учетных данных то, что его интересует, один и тот же факт может интерпретироваться по-разному.

Как соединить информацию о балансовой стоимости основного средства и проценте изношенности этого объекта? Вариантов ответов на этот и иные аналогичные вопросы может быть несколько:

- Дополнить информационные данные в каждом учете недостающими сведениями;
- Объединить данные бухгалтерского и технического учетов в один виртуальный блок;
- Установить связи для конкретных объектов имущества между каждым блоком учета с целью последующего оперативного и надежного извлечения необходимой информации.

Во всех указанных случаях потребуется идентификация объектов в обеих системах на уровне экземпляров. Иными словами, необходимо сопоставить конкретный объект основных средств с конкретным техническим объектом.

Что отражается в бухгалтерском учете

Для организации учета и обеспечения контроля за сохранностью основных средств каждому объекту ОС присваивается инвентарный номер. Записи в инвентарных карточках (инвентарной книге) производятся на основании актов о приеме-передаче объектов основных средств и иных документов на приобретение, сооружение, перемещение и списание объектов. Информация содержит данные о первоначальной и остаточной стоимости объекта, амортизационной группе, переоценке и пр. Помимо первичной бухгалтерской информации в карточки заносятся некоторые сведения из технической документации на объект, а также данные, необходимые для налогообложения и составления отчетности по международным стандартам (например, величина курсовых разниц, учтенных до принятия объекта к учету).

Что отражается в техническом учете

Технические системы учета объектов предусматривают специальные сведения, имеющие прямое отношение к производственному процессу. К такой информации относятся типы объектов, технические характеристики, сроки эксплуатации, дефекты, неисправности, данные о нарушениях в работе, о закреплении объектов за персоналом или ответственным подразделением, рабочие задания на техобслуживание и ремонт объектов, графики ремонтно-предупредительных работ, информация о том, где и какое оборудование установлено и т.п.

Учетные системы производственного характера отличаются от финансовых еще и способами отражения учетных данных. Например, в ОАО «РЖД» используют графический учет технических объектов имущества в виде их схемного территориального расположения путепровода (см. рис. 2).

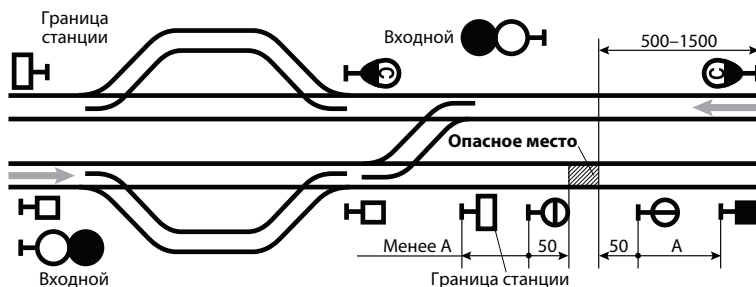


Рис. 2. Схемное расположение светофоров

Для чего нужно связывать объекты

Как видно, системы финансового и технического учетов совершенно разные, и каждая решает свои собственные задачи.

Алгоритм установления связей между объектами в разных учетных системах напрямую зависит от поставленных целей, технологий организации систем учета в соответствии с деятельностью предприятия, а также от структуры и типов самих объектов.

Как показывает практика, без автоматизированного учета достаточно трудоемко обеспечить корректный и достаточный учет территориально разобщенных объектов ОС и сформировать консолидированную отчетность.

Например, по правилам МСФО затраты на капитализированные ремонты включаются в стоимость основного средства. Как правило, в карточке основного средства находит отражение лишь общая сумма, затраченная на ремонт. Деталей затрат (виды и количество заменяемых узлов, их стоимость, расходы на оплату труда персонала и пр.) в карточке учета объекта не видно.

Отсутствие достоверной и автоматически поддерживаемой взаимосвязи между информацией об объектах учета в РСБУ и в технических системах не позволяют адекватно идентифицировать один и тот же объект во всех используемых системах.

Создание единой информационной среды в разноплановом учете основных средств особенно важно для принятия управленческих решений, улучшения контроля за техническим состоянием и обслуживанием устройств,

снижения эксплуатационных расходов за счет четкого планирования работ, облегчения формирования отчетно-учетной документации, повышения оперативности ее обработки и продвижения по всем уровням управления.

Сложности сопоставления

Для сопоставления объектов основных средств необходимо различать два типа объектов: простой и сложный.

Простые объекты – это локальные или точечные объекты, они привязаны к какому-то конкретному месту или другому объекту. Например, трансформатор, здание, вакуумная электропечь и пр. По таким объектам при сопоставлении трудностей не возникает.

К сложным объектам можно отнести, например, линейные (протяженные) объекты. Физически они не имеют привязки к одному территориальному месту или единственному объекту и имеют такую характеристику, как длина (линия электропередач, контактная сети, подъездной путь и т.д.).

Сложный объект выступает одним инвентарным номером со всеми устройствами, составляющими с ним единое целое, и имеет многоуровневую структуру. Для примера представим воздушную линию электропередачи (ЛЭП) в виде четырехуровневой системы (см. рис. 3).

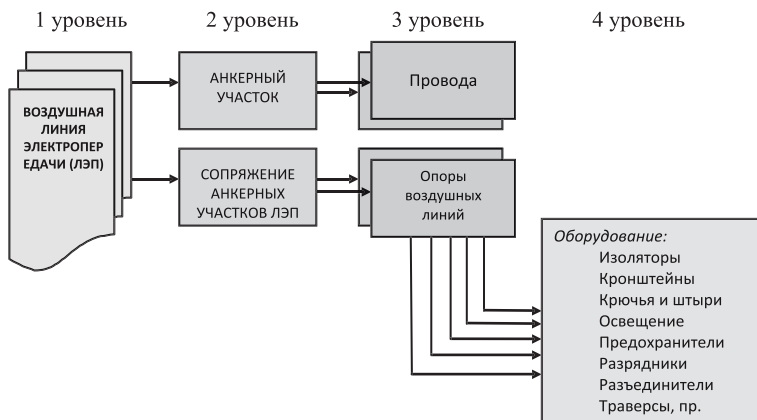


Рис. 3. Пример сложного объекта ОС

ЛЭП как протяженный объект состоит из некоторого количества анкерных участков и сопряжений между ними. Каждый анкерный участок имеет определенную длину, длина трассы ЛЭП будет равна совокупной длине всех анкерных участков. Анкерный участок состоит из опор воздушных линий и проводов. На опорах установлено различное оборудование.

Как правило, сложные объекты имеют несколько уровней вложения (подчиненных объектов или узлов). В финансовом и техническом учете эти уровни, чаще всего, не совпадают.

Виды сочетаний

Для простых объектов тип взаимосвязи будет «ОДИН объект БУ – ОДИН объект ТУ». Этот тип связи также подойдет для сложных объектов в случае, если в техническом учете основное средство идентифицируется на первом уровне. Такими объектами могут быть трансформаторная подстанция, система охранно-пожарной сигнализации, персональный компьютер и пр.

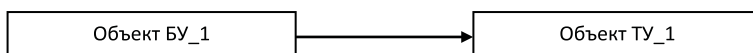


Рис. 4. Схема взаимосвязи «1:1»

Вернемся к нашему примеру на рисунке 3 и рассмотрим, как учитывается воздушная линия электропередачи в бухгалтерском учете и в техническом учете.

В бухгалтерском учете согласно правилам РСБУ (единый объект со всеми приспособлениями и принадлежностями) имеем основное средство «Воздушная линия электропередач (ЛЭП)», т.е. первый уровень иерархии.

В техническом учете объектами будут выступать анкерные участки и сопряжения, т.е. самостоятельные объекты второго уровня (см. рис. 3).

В этом случае, нужно говорить, что бухгалтерскому объекту «ЛЭП» будут соответствовать в системе технического учета объекты «Анкерный участок» и «Сопряжение» (в том количестве, которое фактически установлено на трассе линии электропередачи в заранее установленных границах).

Данный пример свидетельствует о таком типе взаимосвязи между объектами в разных системах, как «ОДИН объект БУ – МНОГО объектов ТУ».

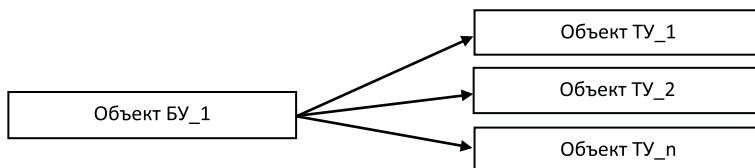


Рис. 5. Схема взаимосвязи «1:много»

Существует ситуация, в которой вероятно установление связей между объектами по типу «МНОГО объектов БУ – МНОГО объектов ТУ».

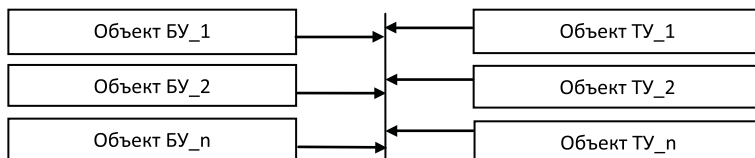


Рис. 6. Схема взаимосвязи «много:много»

Итак, сопоставление объектов основных средств в бухгалтерском учете и техническом учете возможно по следующим схемам:

- «ОДИН объект БУ – ОДИН объект ТУ»;
- «ОДИН объект БУ – МНОГО объектов ТУ»;
- «МНОГО объектов БУ – МНОГО объектов ТУ».

Принципы и этапы сопоставления

Прежде чем приступать к физическому «связыванию» объектов бухгалтерского учета и объектов технического учета, необходимо выработать алгоритм сопоставления, который подойдет конкретным типам объектов.

Для этого необходимо:

- 1) Провести анализ архитектуры объектов в каждой учетной системе;
- 2) Установить уровень сопоставимости (на каком уровне в каждой системе объекты могут соответствовать друг другу);
- 3) Выявить тип связи (один к одному, один ко многим, много ко многим);

- 4) Определить критерии для каждого типа объектов, по которым можно будет сопоставить объекты между собой;
- 5) Разработать методику связывания объектов для каждого типа связи;
- 6) Закрепить требования к ведению учета объектов в дальнейшем во всех используемых системах.

Основными характеристиками, по которым объект идентифицируется – это наименование, местоположение и дополнительные сведения из описания объекта.

Исходить надо из достаточности сведений об объекте, которые позволили бы идентифицировать его верно и однозначно.

Чтобы получить актуальные взаимосвязи между объектами в разных учетных системах, необходимо иметь достаточную и структурированную информацию об объекте. Учетные данные, описанные в текстовых полях, необходимо четко структурировать.

Например, в поле местонахождения указано «ст. Светлополянск 153 км 3 пк чет» – это как минимум четыре вида данных:

- ст. Светлополянск – название станции,
- 153 км – номер километра, на котором расположен объект,
- 3 пк – номер пикета, на котором расположен объект,
- чет – указание четности пути.

Если нет возможности структурирования информации, необходимо установить требование об ограничении в применении обозначений и наименований. Единообразное внесение данных возможно только через использование единых справочников и классификаторов.

Отдельно следует рассмотреть связи, когда несколько объектов одной системы сопоставляются нескольким объектам в другой системе.

Возможна ситуация, когда установить в системе множественность связей для таких объектов не удастся. В этом случае рекомендуется создать (или назначить из имеющегося перечня) условный главный объект, который объединит найденное множество, и который позволит установить связь по типу «один к одному».

Например, на предприятии установлена система телефонии с большим числом аппаратуры. В бухгалтерском учете для каждой линии, расположенной в отдельном здании, числится собственный инвентарный номер. Чтобы не вносить в базу данных связи с бухгалтерским объектом для каждого телефонного аппарата, кабелей и прочего оборудования, целесообразно в системе технического учета создать условный объект, который будет иметь непосредственную привязку ко всему оборудованию на заданном участке производства. Этот условный объект свяжется с объектом бухгалтерского учета один к одному (см. рис. 7).

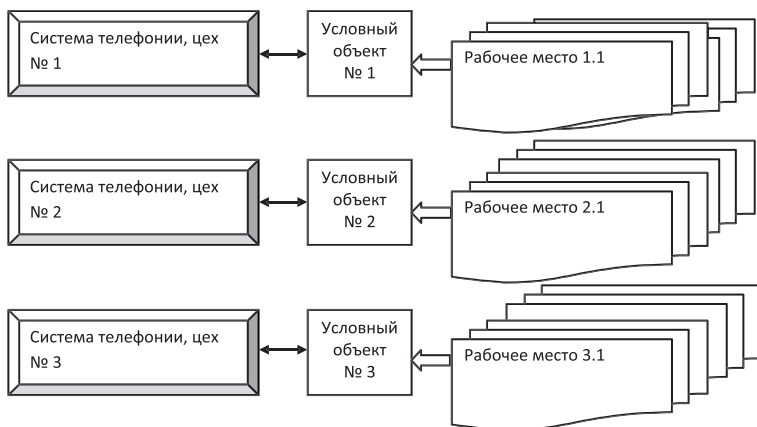


Рис. 7. Взаимосвязь объектов через условный номер

На практике при всей продуманности алгоритма сопоставления объектов в системах бухгалтерского и технического учетов может оказаться некоторое количество объектов, которым соответствие будет не определено.

Это связано в первую очередь с ненадлежащим учетом. Однотипные объекты могут содержать в базе данных идентичные наименования (например, пять объектов с наименованием «Домкрат ДЖА-20П160» или три объекта с наименованием «Кран мостовой КР-2»). И если нет каких-либо связующих реквизитов, способных идентифицировать объект более конкретно, то для сопоставления будет недостаточно информации. Надежными опознавательными реквизитами могли бы служить серийный или заводской номер.

К сожалению, иногда из-за утери первичной документации не удастся восстановить сведения об объекте в достаточном объеме.

Кроме того, трудности при сопоставлении объектов могут возникнуть в результате различного подхода к тем или иным показателям.

Для примера, возьмем объекты «Кабельные сети». В бухгалтерском учете участок кабельной сети имеет адрес местоположения в виде названия города, поселка, улицы и пр. В техническом же учете в поле «Местоположение» заносится не адрес, а район электроснабжения (ЭЧЭ). Поэтому, прежде чем сопоставить кабельные сети в бухгалтерском и техническом учете, необходимо получить дополнительную информацию по соответствию районов ЭЧЭ географическому местонахождению.

В заключение отметим, что описанный алгоритм сопоставления объектов в разных учетных системах имеет общий подход, но может отличаться деталями в зависимости от организации учетных процессов на предприятии, особенностей применяемых автоматизированных систем, а также от сложности типа объекта учета.

Дроздов А.В., Зуев Д.В.

Использование автоматизированного нейросетевого программного комплекса как способ повышения эффективности перевода технической документации с бумажных носителей в электронный вид

Ключевые слова:

инфраструктура железнодорожного транспорта, электронный документооборот, автоматические средства распознавания, монтажные карточки, нейросетевой программный комплекс

На сегодняшний день в хозяйстве автоматики и телемеханики ОАО «РЖД» внедрена система ведения электронного документооборота технической документации АРМ-ВТД. Основной проблемой для получения полного эффекта от использования АРМ-ВТД является наличие огромного количества технической документации, представленной на бумажных носителях. Значительная часть этой документации является «старой», созданной без применения компьютера. При этом, основная часть новой технической документации хоть и выполняется средствами автоматизированного проектирования, но передается в группы технической документации дорог на бумажных носителях. Переводом в электронный вид на сегодняшний день занимаются сотни сотрудников групп технической документации дорог и сторонние бюро по переводу. Ввиду того что документация переводится вручную, на перевод тратится большое количество времени, и этот процесс является экономически затратным.

Очевидным способом значительно ускорить и удешевить перевод технической документации является разработка автоматизированных средств распознавания. Существующие средства не достаточно эффективно решают задачу распознавания именно рукописной технической документации автоматики и телемеханики.

В настоящий момент на рынке представлено относительно небольшое количество готовых систем распознавания образов (Abby Fine Reader, Cuneiform и некоторые другие). Эти системы, в основном, направлены на распознавание текстов, созданных на компьютере. В хозяйстве автоматики и телемеханики существуют семь основных типов документов: схематический план станции, двухниточный план станции, принципиальная схема, монтажная схема, кабельный план, таблица взаимозависимостей, схема аппаратов управления. Проведенные авторами исследования показывают, что существующие готовые системы не подходят для распознавания этих типов документов. Приведем результат распознавания монтажной карточки ЖАТ, применяя такие средства как Abby Fine Reader и Cuneiform (рис. 1).

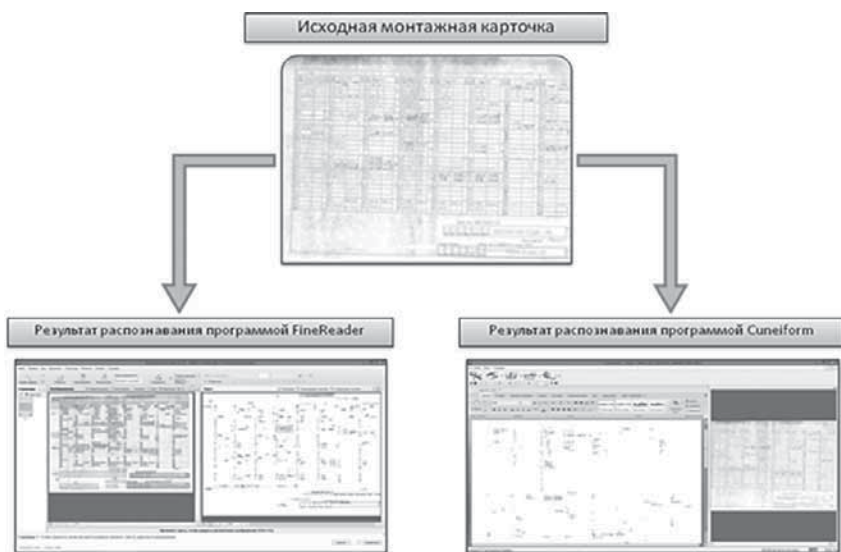


Рис.1. Результаты распознавания монтажной карточки существующими программными средствами

Обе представленные системы распознают не более 5% монтажной карточки среднего качества. Другие виды технической документации ЖАТ приведенными системами не распознаются в принципе.

Требования к методу распознавания ТД ЖАТ

Графические элементы технической документации железнодорожной автоматики и телемеханики имеют различную природу. В то время как монтажные карточки состоят из таблиц с буквенно-числовыми элементами, принципиальные электрические схемы содержат графические изображения реле, контактов и других элементов. Одноточный и двухточечный планы станций содержат графические изображения стрелок, светофоров и прочих элементов путевого развития. Для реализации возможности распознавания всех типов технической документации автоматики и телемеханики естественно потребовать, чтобы создаваемая модель не зависела от природы распознаваемых образов. По причине «ветхости» подлежащей распознаванию технической документации, естественно потребовать, чтобы модель минимальным образом «реагировала» на наличие «шумов» в распознаваемых образах. Часть графических элементов, представленных на документах железнодорожной автоматики и телемеханики представляют собой несвязные графические компоненты. Большая часть методов распознавания на этапе предобработки данных требует центрирования образов, что в данном случае представляется затруднительным. Для избегания проблем, связанных с поиском центральных точек образов, естественным будет потребовать, чтобы результат распознавания не существенно зависел от положения распознаваемого образа в области распознавания. Благодаря достаточному количеству имеющихся в наличии технических документов, представляется возможным получить достаточно «объемную» базу данных эталонных образов. Для корректной обработки объемной базы данных, естественным будет потребовать, чтобы поддерживаемые моделью алгоритмы обработки имели возможность не работать со всеми элементами базы одновременно. В противном случае, конкретной реализации модели может не хватить ресурсов вычислительной системы (памяти) для обработки данных.

Таким образом, для успешного решения задач распознавания технической документации железнодорожной автоматики и телемеханики, естественно потребовать, чтобы система распознавания удовлетворяла следующему набору требований:

1. Инвариантность относительно классифицируемых образов.
2. Минимальность предобработки образов.
3. Инвариантность относительно «небольших» сдвигов, поворотов, масштабирования образов.
4. Поддержка возможности использования «online» версий алгоритмов обучения.

Выбор метода распознавания ТД ЖАТ

Основными подходами для решения задачи распознавания образов в настоящее время являются следующие:

1. Сравнение с шаблоном [1, 2, 3, 4];
2. Машина опорных векторов [5, 6];
3. Нейронные сети [7, 8, 9, 10].

Каждый подход предполагает наличие так называемой «обучающей выборки», которая представляет из себя расклассифицированные наборы образов, считающиеся эталонами. Проверка эффективности метода распознавания образов производится статистическими способами. Помимо обучающей выборки рассматривают «тестовую выборку», также представляющую собой расклассифицированный набор образов. Метод распознавания применяется к каждому образу из тестовой выборки, а затем анализируется количество корректно распознанных образов, некорректно распознанных образов и нераспознанных образов.

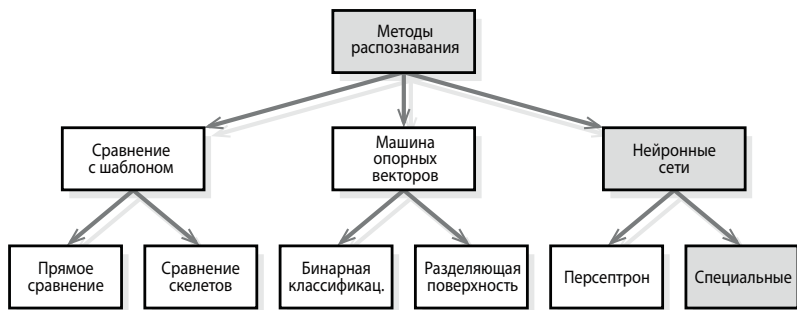


Рис.2. Классификация существующих методов распознавания образов

Каждый из приведенных основных методов распознавания в свою очередь также классифицируется. Классификация представлена на рис. 2.

Исследуя достоинства и недостатки приведенных методов распознавания образов, авторы установили, что наиболее полно выдвинутым требованиям к модели распознавания ТД ЖАТ удовлетворяют методы, использующие специальные виды нейронных сетей – сверточные нейронные сети.

Классическая сверточная нейронная сеть (Lenet-5), предложенная Яном Лекуном [11], представлена на рис 3.

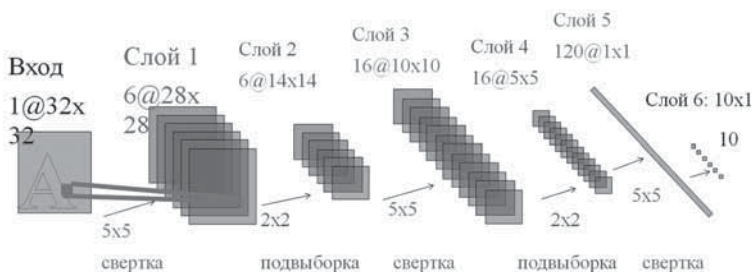


Рис.3. Структурная схема Lenet-5

Данная сеть состоит из слоёв. Каждый слой содержит одну или несколько карт нейронов. Слои делятся на так называемые слои свёртки и слои подвыборки. Основная задача слоёв свёртки заключается в извлечении локальных признаков изображения, таких как углы, завороты, переходы и т.п. Задача слоёв подвыборки состоит в усреднении информации слоёв свёртки предыдущего слоя. В рамках одной карты поддерживается технология «общих весов», которая заключается в том, что наборы весов синапсов, входящих в нейроны одной карты, являются идентичными.

Достоинствами применения сверточной нейронной сети для решения задач распознавания образов являются:

1. Отсутствие необходимости предобработки образов;
2. Инвариантность к небольшим сдвигам, поворотам и растяжениям образов;
3. Скорость классификации не зависит от размера обучающей выборки;

Разработка нейросетевого программного комплекса распознавания МК ЖАТ.

Инженерами ОАО «НИИАС» совместно с учеными НТЦ-САПР ПГУПС разрабатывается программный комплекс распознавания монтажных карточек ЖАТ. Ядром программного комплекса является использование модификаций сверточных нейронных сетей, совместно с разработанными авторами алгоритмами логического распознавания. Общая схема применения создаваемого программного комплекса приведена на рис. 4.

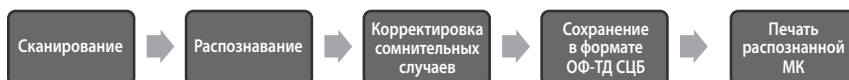


Рис.4. Общая схема применения программного комплекса

На опытном образце программного комплекса были проведены эксперименты по распознаванию монтажных карточек ЖАТ. Для проведения эксперимента было выбрано 100 монтажных карточек различного происхождения. Монтажные карточки классифицировались на: созданные на ПК, созданные на ПК с внесенными ручными вставками, сформированные вручную. Количество монтажных карточек для каждого класса было соответственно 34, 33, 33. Монтажная карточка считалась распознанной, если количество необходимых корректировок символов не превышало 0,5% от общего числа символов, содержащихся на монтажной карточке. Результаты распознавания приведены на рис. 5.

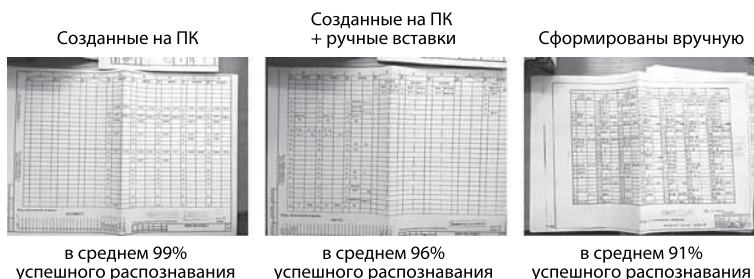


Рис.5. Результаты распознавания монтажных карточек

Для повышения качества распознавания предусмотрена возможность переобучения программного комплекса в режиме реального времени. На этапе проверки результата распознавания, пользователь имеет возможность дополнять обучающую выборку теми образами, которые программный комплекс распознал не верно, но которые, по мнению пользователя, имеют вполне конкретные особенности, отражающие принадлежность образа к тому или иному классу. Полная схема работы программного комплекса для решения задачи распознавания монтажных карточек систем железнодорожной автоматики и телемеханики, представлена на рис. 6.

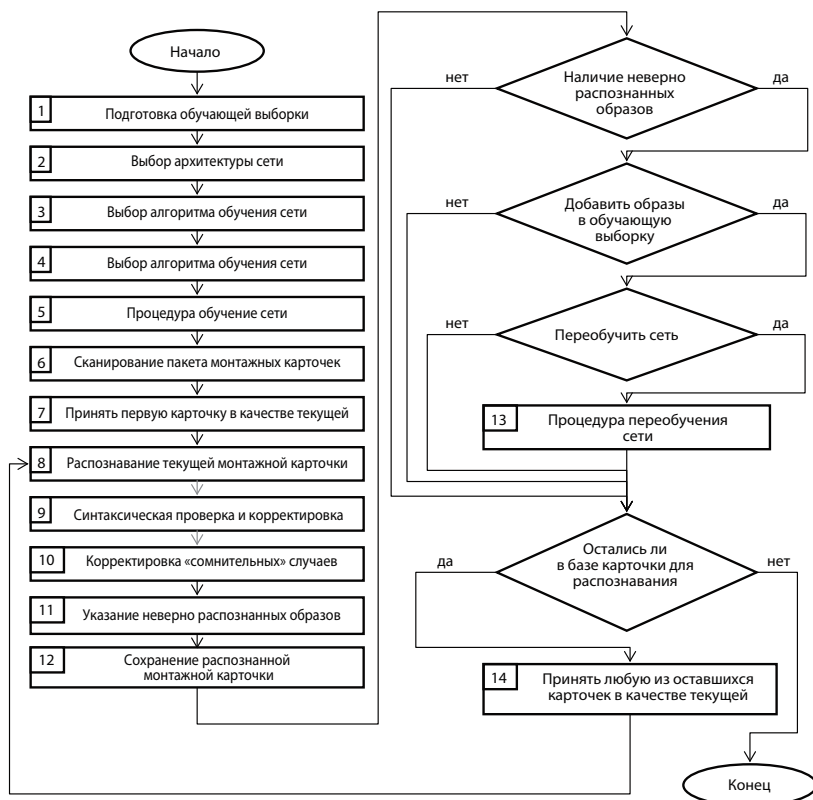


Рис.6. Схема работы программного комплекса

В блоке 9 представленной на рисунке 6 схемы работы алгоритма пользователю предоставляется возможность задать набор формальных синтаксических правил, позволяющих выявлять и, если это возможно, корректировать данные в распознанной монтажной карточке. При создании программного комплекса, с целью повышения процента верности распознавания, была создана и формализована база данных синтаксических правил для монтажных карточек.

Литература

1. Бурсиан Е. Ю. Алгоритмы распознавания чертежных рукописных символов. // Приборостроение. Известия ВУЗов. № 7. 2008.
2. Бурсиан Е. Ю. Распознавание железнодорожной документации. // Известия Санкт-Петербургского университета путей сообщения. Выпуск 3. 2007.
3. Грановская Р.М., Березная И.Я. Целостное представление формы в виде скелета // Сб.: Проблемы бионики. – Харьков: Изд. ХГУ, 1983. Вип. 30. С. 30-25.
4. Садыков С.С. Самандров И.Р. Скелетизация бинарных изображений // Зарубежная радиоэлектроника, М.: Радио и связь. Вып. 11, 1985. С. 30-35.
5. Bartlett P., Shawe-Taylor J. Generalization performance of support vector machines and other pattern classifiers // Advances in Kernel Methods. – 1998 — MIT Press, Cambridge, USA.
6. Platt J. C. Fast training support vector machines using sequential minimal optimization // Advances in Kernel Methods / Ed. by B. Scholkopf, C. C. Burges, A. J. Smola. — MIT Press, 1999. — pp. 185–208.
7. Вапник В. Н., Червоненкис А. Я. Теория распознавания образов. — М.: Наука, 1974. — 416 с.
8. Гузик В. Ф. и др. Нейрокомпьютеры в системах обработки сигналов. – М.: Радиотехника, 2003. – 224 с.
9. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. – М.: Мир, 1976. – 511 с.
10. Кочладзе З.Ю., Оганезов А.Л. Использование двухслойной нейронной модели в процессах распознавания образов // Научно-технический журнал «Энергия» №4 (36) I. Тбилиси, 2005. стр. 78.
11. Yann LeCun, Leon Bottou, Yoshua Bengio, Patrick Haffner. Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition // Proc. IEEE. 1998.

Розенберг И.Н., Дулин С.К.

О перспективах географической интероперабельности в геопространственной Semantic WEB

Ключевые слова: *геоданные, геоинтероперабельность, онтологии, Semantic Web*

1. Введение

В работе обсуждается необходимость реализации интероперабельности географической информации (ГИ). Область ГИ должна основываться на немногих согласованных и хорошо продуманных стандартах и действиях. Причем, это цель не академического исследования, ведь именно рынок информационных услуг заинтересован в интероперабельности, что подтверждается недавними совместными действиями ведущих организаций по стандартизации – Консорциума Геопространственной информации (Open Geospatial Consortium (OGC)) и Технического Комитета Международной организации по стандартизации 211 (ISO's Technical Committee 211 (Geomatics, Geographic Information)).

Преграды для реализации интероперабельности серьезно ограничивают деятельность многих фирм и пользователей в области ГИ из-за увеличивающейся потребности в интеграции большого количества компонентов в информационных системах предприятий. Стандартизация протоколов, форматов и особенно интерфейсов может помочь преодолеть эти преграды, но это не все, что нужно сделать. Интероперабельность будет достигнута только в результате скоординированного усилия разнообразных участников: провайдеров данных, технологов и поставщиков услуг, организаторов стандартов и группы пользователей рынка ГИ.

Возможность совместного использования геопространственных данных было одним из основных требований, начиная с разработки первой ГИС. Существующие геоданные были получены независимо друг от друга разными

организациями с помощью различных систем и используются во множестве приложений также независимо друг от друга. Характерны в этом смысле топографические данные, которые лежат в основе пространственного анализа, используемого для экологических исследований, критического положения оползней, размылов, управления транспортными потоками, безопасности, сельского хозяйства и т.д.

Несмотря на то, что прошлые два десятилетия были очень продуктивными с точки зрения развития географической интероперабельности (геоинтероперабельности), облегчающей совместное использование географических данных, геоинтероперабельность пока еще не стала общезначимой. Хотя стандарты, разработанные ISO/TC 211 и Open Geospatial Consortium (OGC) Inc. обеспечили основу для ее развития, и в международных организациях (Canadian Geospatial Data Infrastructure (CGDI), National Spatial Data Infrastructure (NSDI), Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE), Global Spatial Data Infrastructure (GSDI) возникли пространственные инфраструктуры данных, реализация геоинтероперабельности все же находится в критическом состоянии.

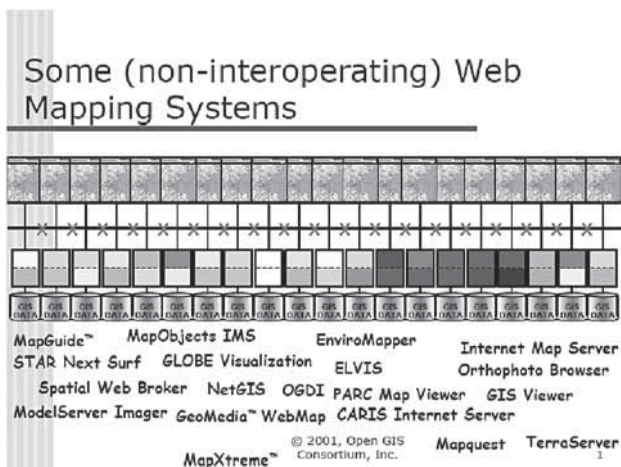


Рис.1. Текущее состояние сети, отображающей не взаимодействующие системы (рисунок взят из отчета OGC Inc (www.Opengis.org))

Текущее состояние нехватки геоинтероперабельности проиллюстрировано на диаграмме (рис. 1), изображающей сеть невзаимодействующих систем.

Фактически, эта диаграмма является немного оптимистической в том смысле, что на ней все обращения к изображениям карт на верхнем уровне идентичны; в действительности они все могут быть различными, потому что большинство технологий не обеспечивает общих представлений платформ ГИС. Символы «х» указывают, что нет никакой интероперабельности ни данных, ни сервисов. Рис. 1 – достаточно точное изображение ситуации, в которой геоинтероперабельность находится в настоящее время.

С другой стороны, за эти два десятилетия произошло внушительное развитие Интернета и Web. Организация Web началась с очень простой публикации соединенных между собой Web-страниц. Теперь Web составлена из порталов, сервисов, данных, документов, видео, музыки, перманентно пополняясь коллекциями данных различных видов типа wikis, карты Google, OpenStreetMap и т.д. В настоящее время Web совершенствуется до Semantic Web (или Web 3.0), эволюционируя от Web документов до Web данных, превращаясь в международную открытую базу данных. Все это внушает определенный оптимизм в отношении реализации геоинтероперабельности.

Статья состоит из восьми разделов. Первый – введение. Раздел 2 посвящен понятию интероперабельности. В разделе 3 представлены уровни интероперабельности. В разделе 4 обсуждается понятие онтологии, являющееся основополагающим понятием в исследовании семантической геоинтероперабельности. Раздел 5 вводит основные понятия, связанные с семантической геоинтероперабельностью. Далее в разделе 6 рассматриваются стандарты семантической интероперабельности в контексте ГИ, которые поддерживают геоинтероперабельность для географических информационных и пространственных инфраструктур данных. Раздел 7 посвящен Semantic Web, которая обеспечивает важную поддержку семантической геоинтероперабельности применительно к пространственным инфраструктурам данных и представляет собой симбиоз семантической геоинтероперабельности и семантической сети. Раздел 8 содержит заключительные замечания.

2. Понятие интероперабельности

Существительное "интероперабельность" означает способность одной системы использовать части другой системы (Словарь Merriam-Вебстера, <http://www.m-w.com>) без специального усилия со стороны клиента; то есть она превышает возможности коммуникации (<http://www.dictionary.com>). Здесь с позиции информатики основная суть определения – это способность использовать информацию, полученную в результате обмена. Международная организация по стандартизации ISO 19119 предлагает следующее определение (http://www.wmo.int/pages/prog/www/TEM/ET-WISC-I/ISO_191xx.doc):

- «Интероперабельность представляет собой способность соединяться, выполнять программы или передавать данные среди различных функциональных модулей способом, который не требует, чтобы пользователь имел знания о характеристиках этих модулей».
- Два компонента А и В (рис. 2) могут взаимодействовать (являются интероперабельными), если А может послать основанные на взаимном понимании А и В запросы Q для использования сервисов, находящихся у В, и если В может подобным образом возвратить взаимно понятные ответы R к А.

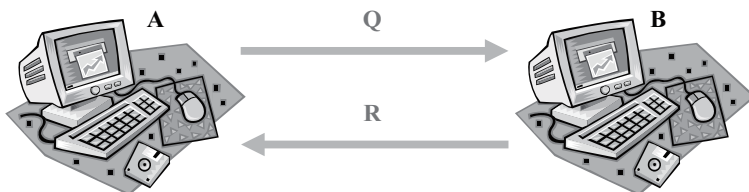


Рис. 2. Интероперабельность

Это означает, что две интероперабельные системы могут взаимодействовать совместно для выполнения задачи.

Для географической области применимо следующее описание термина «географическая интероперабельность»:

«Географическая интероперабельность – это способность информационных систем к (1) свободному обмену всех видов пространственной информации о Земле и об объектах и явлениях на, выше и ниже поверхности Земли;

и (2) совместному сетевому использованию программного обеспечения, предназначенному для управления такой информацией».

Следует отметить, что это определение не предполагает, что каждый компонент использует один и тот же формат данных (совпадение форматов соответствует обычно неправильному восприятию многими людьми интероперабельности), а скорее провозглашает способность понимать формат(ы) друг друга.

На техническом уровне интероперабельность включает коммуникацию, определенную соответствующим протоколом коммуникации, аппаратными средствами, программным обеспечением и уровнями совместимости данных. В то время как вышеупомянутое можно было бы назвать обеспечением синтаксической интероперабельности в смысле передачи параметров, семантическая интероперабельность имеет дело со знаниями проблемной области, необходимыми для сервисов информатики, чтобы «понять» мотивации и креативы друг друга. При этом для разрозненных сервисов необходимо взаимодействовать, создавая сервисные цепочки обслуживания в сети. Важность понятия интероперабельности постоянно возрастает для продуктов информационной технологии в рамках концепции «сеть – это компьютер», которая становится действительностью.

Семантическая интероперабельность соответствует сотрудничеству на более человеческом уровне, и имеет дело с потоком работ, установлением партнерства и сотрудничества, и потребностью устранить существующие (национальные, местные, организационные) барьеры. Другими словами семантическая интероперабельность становится способностью коллекции системных компонентов к (а) распространению информации и (б) обработке ее согласно общедоступной операционной семантике, чтобы достигнуть определенной цели в данном контексте.

Интероперабельность имеет много значений, включая понятия коммуникации, обмена, кооперации и совместного использования ресурсов различными системами. Тем самым, сущность интероперабельности – в реализации отношений между системами, где каждое отношение – способ

коммуникации, обмена, кооперации и совместного использования ресурсов. Современная ГИС может быть составлена из нескольких компонентов аппаратных средств, программного обеспечения, ресурсов, правил управления, процедур и людей, которые хранят, обрабатывают и обеспечивают доступ к географической информации. Эти компоненты традиционно предоставляют пользователям гомогенный подход, основанный на обработке отдельного продукта ГИС и использовании технологии системы как фактического стандарта. В противоположность этому ГИС, обладающая интероперабельностью, обрабатывает среды, в которых разнообразие тех же самых компонентов сосуществует и взаимодействует.

В контексте ГИ интероперабельность непосредственно связана с ГИС. ГИС представляет собой основную среду для реализации геоинтероперабельности, потому что в ней в центре внимания пространственные данные, которые более сложны, чем обычные текстовые данные, сохраненные в реляционных базах данных. Характеристики географической информации не предусмотрены для отображения реляционной моделью, а объектная модель является слишком общей для независимого выполнения операций любого вида, что препятствует интероперабельности. По общему мнению, многие из проблем геоданных в области ГИ были созданы самими специалистами этой области, так как каждый разработчик стремился создать новые способы представления геометрических объектов, изображений и атрибутивных данных. Эта ситуация сильно отличается от гомогенных способов представления других данных, например данных в электронных таблицах и в базах данных. Проблемы интероперабельности ГИ выглядят еще более серьезными, если добавить к присущей ГИ сложности геоданных институциональные и юридические осложнения [1]. Этим, по-видимому, и объясняется существование довольно большого количества необходимых стандартов.

В основе реализации интероперабельности любого типа лежит коммуникация. Исследование коммуникации началось с Шеннона и Винера – основоположников теории информации и кибернетики. Кибернетика, по существу, изучает процессы коммуникации и управления, которые используются в си-

стемах для поддержания порядка, организации и равновесия. Информация соответствует содержанию, которым система обменивается с другими системами. Хорошее выполнение задания напрямую зависит от полученной информации и коммуникации с другими системами. Информационный обмен между системами – это вопрос эффективной коммуникации и управления. Принято считать, что процесс коммуникации состоит из трех компонентов: источник, сообщение и адресат

Если адресат не имеет никакого общего знания с источником, коммуникация не может быть эффективной, и поэтому адресат не может декодировать и интерпретировать сообщение должным образом. Например, два человека должны иметь общее знание о языке, который они используют, чтобы взаимодействовать. В противном случае коммуникация невозможна. Помимо их знания о языке, они должны также совместно использовать определенное число подобных понятий из некоторого терминологического словаря.

3. Уровни интероперабельности

Исследования последних лет в области интероперабельности указывают на необходимость создания моделей интероперабельности, которые могут гарантировать, что интероперабельность устанавливается между системами в соответствии с различными целями и контекстами [2].

Существует несколько подходов к формированию ГИС посредством моделей интероперабельности [3]. Каждый подход имеет преимущества и недостатки относительно достижения интероперабельности в определенном контексте. Основные преимущества моделей интероперабельности – это возможность (а) определения общего словаря, который обеспечивает единообразие семантики и возможность анализа; (б) альтернативы предложений относительно структуры решений и, наконец, (с) оценки новых идей и добавления различных опций. Без сомнения, самой неисследованной проблемой ГИС, обладающей интероперабельностью, все еще остается ликвидация разрыва между различными моделями, что обеспечило бы создание объединенного метода, учитывающего сильные стороны и слабости каждой

отдельной модели при их интеграции. В настоящее время, каждая модель интероперабельности в ГИС определяет общую таксономию, которая поддерживает различные цели использования, достигая интероперабельности в разных контекстах. Слои, измерения, уровни или области – это понятия, которые обычно определяют такую таксономию. Они зависят от типа контекста и применяемой модели интероперабельности для формирования ГИС с интероперабельностью.

Примерами моделей интероперабельности, которые были успешно применены вне специфики ГИС области, являются C4ISR Architectures Working Group's Levels of IT Systems Interoperability (LISI) model (LISI 1998), the Enterprise Interoperability Maturity Model (EIMM) (Athena 2005), the Organisational Interoperability Maturity Model (OIMM) (Clark and Jones 1999) и the Organisational Interoperability Agility Model (OIAM) (Kingston et al. 2005). Две модели – the Levels of Conceptual Interoperability Model (LCIM) и the Intermodel5 использовались в ГИС области. Все эти модели в основном используются на самых высоких уровнях организационной интероперабельности из традиционных семи уровней: уровень нулевой интероперабельности, технический, синтаксический, семантический, прагматический, динамический и концептуальный уровни (рис. 3) [3].

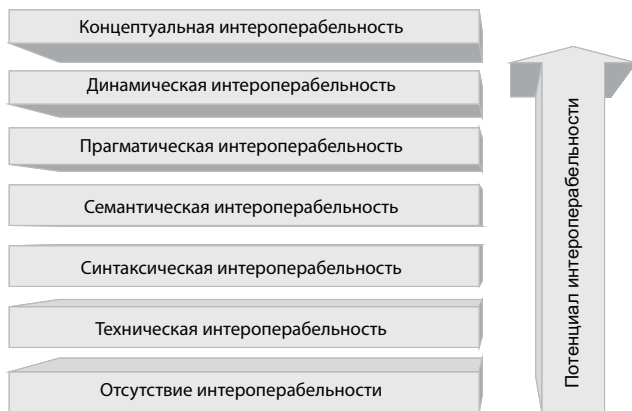


Рис. 3. Уровни интероперабельности

Технический уровень интероперабельности обычно связывается с взаимосвязью, представлением и обменом данными, доступностью и характеристиками безопасности типа протоколов, интерфейсов, форматов документа, кодирования данных, а также как мер доступности и решений безопасности. Здесь рассматривают технические аспекты интероперабельности распределенной вычислительной среды, сетей коммуникации, непосредственно технологий и распределенных платформ вычисления. Техническая интероперабельность в основном позиционируется как связь между компьютерными системами и сервисами.

Технический уровень интероперабельности – это основа, которая позволяет провайдерам геоинформации поставлять данные и сервисы с незначительными затратами, получая прибыль от их использования.

Синтаксический уровень интероперабельности обеспечивает общую структуру обмена информацией, в которой применяется установленный формат данных. В контексте ГИС синтаксическая интероперабельность определяется как спецификация общих форматов сообщения для обмена пространственными данными, образцами и связями.

На этом уровне интероперабельности, потребность транслировать метаданные от одного прикладного контекста до другого – важное требование, которому уделено недостаточно внимания в области ГИС. Исследование качества метаданных полагается на понимание, насколько метаданные являются соответствующими существующему обмену данными на синтаксическом уровне для диапазона возможных приложений во взаимодействующей ГИС. Такое исследование обычно начинается с идентификации атрибутов кандидата в метаданные и продолжается анализом взаимозаменяемости метаданных.

Семантическая интероперабельность связана со значением совместно обрабатываемой информации, или другими словами, со смыслом данных, воспринимаемом другими людьми. Различия в информационном контексте происходят обычно из-за различных значений одного и того же реального объекта, который сохранен в различных базах данных.

Очевидно, что каждая исследовательская проблема связана с тем, что географическое пространство может иметь больше чем одно описание в основных базах данных ГИС, которая обслуживает различные дисциплины, приводя, как следствие, к семантической разнородности. Другая проблема в том, что разные пользователи ГИС должны быть в состоянии понять значение информации, полученной в результате обмена. В этом случае семантическая интероперабельность должна обеспечить адекватное понимание значения полученной информации любым другим приложением. Известно несколько попыток создания стандартизированных таксономий на основе Географического стандарта файлов данных для хранения географической информации для интеллектуальных транспортных систем [4]. Были предложены также новые подходы для описания семантической близости между объектами, отношениями и контекстом.

К прагматическому уровню относятся намерения, обязанности и последствия сформулированных утверждений. Прагматическая интероперабельность может быть доведена до такой степени, что пользователи взаимодействующих сервисов будут иметь совместные намерения, обязанности и результаты в рамках взаимодействующих сервисов и информационного обмена. В этой контекстной прагматической интероперабельности особенно важен тот факт, что все стороны, вовлеченные в обеспечение и использование сервисов несут определенную ответственность. Этот уровень может быть достигнут, когда взаимодействующие системы осведомлены об используемых методах и процедурах. Другими словами, использование данных – или контекста их приложения – должно быть понятно участвующим системам. Основная исследовательская проблема здесь связана с тем, как обеспечить механизмы прагматического уровня интероперабельности в Сервисной Ориентированной Архитектуре (SOA). SOA представляет функции модулями или сервисами, которые разработчики делают доступными в сети, чтобы пользователи могли комбинировать их и многократно использовать в ГИС приложениях [5]. Пользователи могли бы сделать это достаточно хорошо и в статических контекстах, но иногда даже мелочь контекста может

привести к взаимному непониманию. Разработка центрально сетевых и базируемых на SOA сред на прагматическом уровне в последнее время стала критически важной.

Динамический тип интероперабельности имеет место, когда системы в состоянии воспринимать изменения состояния, которые происходят с предположениями и ограничениями, сделанными в течение долгого времени, и в состоянии использовать эти изменения в своих интересах.

Динамическая интероперабельность может быть рассмотрена в этом случае в двух аспектах: динамическая интероперабельность данных и динамическая сетевая интероперабельность. Динамическая интероперабельность данных должна гарантировать обмен и интеграцию считываемых данных с другими видами информационных ресурсов. С другой стороны, цель сетевой интероперабельности – интеграция сетевых компонентов, которые должны обмениваться и взаимодействовать с информацией, поставляемой другими компонентами или внешними сетями. Компоненты и сети должны совместно использовать память, коммуникацию и ресурсы считывания; поэтому, динамическая интероперабельность необходима, чтобы выполнить коммуникацию между сетевым шлюзом и пользователями, а также в сетях, чтобы обмениваться сообщениями и обрабатывать сетевые сообщения.

Установлено, что концептуальный тип интероперабельности может быть достигнут, когда концептуальная модель зарегистрирована техническими методами так, чтобы она могла интерпретироваться и оцениваться третьим лицом. В том случае, если концептуальные модели (то есть предположения и ограничения значимой абстракции действительности) зафиксированы, то достигнут самый высокий уровень интероперабельности.

4. Онтологии

Сегодня ведущей парадигмой структурирования информационного контента являются онтологии, или иерархические концептуальные структуры, которые формируются аналитиком на основе изучения и структурирования потоков информации, документов, протоколов извлеченных знаний и дру-

гих источников. С методической точки зрения это один из наиболее систематических и наглядных способов структурирования и формализации знаний.

Онтология в информатике согласно современным толкованиям является «эксплицитной спецификацией концептуализации предметной области» [6], но с определенными ограничениями в зависимости от области интересов, и должна включать словарь терминов и некоторые спецификации их значений. Использование онтологий способствует созданию адекватных концептуальных моделей, обеспечивая качественное, контролируемое информационное интегрирование.

Онтологии – содержательные теории, которые включают общий набор распространяемых фактов, чье основное назначение – идентифицировать определенные классы объектов и отношений, которые существуют в некоторой части предметной области. Таким образом, неформально определенные онтологии – это соглашения об общедоступной концептуализации. Формальное определение основывалось бы на том, что онтология является (возможно, неполной) аксиоматизацией допустимых прикладных моделей. Другими словами, онтология состоит из основного словаря и отношений, используемых для описания некоторых аспектов действительности, включая ряд аксиом, связанных с предполагаемым значением словаря.

Несмотря на большой накопленный опыт сбора, обработки и анализа данных и широкое применение изображений поверхности Земли, онтологический статус таких изображений остается открытой проблемой. Удивительно, но не всегда просто ответить на элементарный вопрос: «Что находится на изображении земной поверхности?» или перефразировать тот же самый вопрос по-другому, «Что является онтологическим статусом информационного содержания изображений, полученных в результате дистанционного сканирования или фотосъемки поверхности Земли?»

Для ответа на этот вопрос необходимо решить как минимум две проблемы: 1) разработать концептуальное основание для всех типов компьютерных представлений географического пространства, включая изображения, векторные данные, информацию о расположении и цифровые модели ландшаф-

та: 2) разработать технологию ГИС, которая могла бы объединить изображения без разрывов в пространственную базу данных на основе понимания онтологического статуса изображений, полученных в результате дистанционного сканирования. Такая интеграция особенно актуальна в контексте нового поколения пространственных информационных систем, которые, как ожидается, обеспечат представление и использование онтологий.

Наиболее широко принятая концептуальная модель данных для пространственной информации предполагает, что географическая действительность представлена или как полностью определимые сущности (объекты), или как непрерывное пространственное изменение (область, поле). Модель объекта представляет мир как поверхность, занятую дискретными объектами с геометрическим представлением и описательными признаками. Модель на основе парадигмы поля представляет географическую действительность как ряд пространственных распределений в географическом пространстве. Хотя эта простая дихотомия была неоднократно подвергнута критике, она оказалась полезной системой взглядов и была принята с некоторыми уточнениями при проектировании технологий ГИС [7].

Дихотомия объекта с непрерывными характеристиками – характерное географическое понятие, не предназначенное, тем не менее, обеспечивать поддержку специфики семантики различных типов пространственных данных. Этот недостаток заставил многих исследователей перенести акцент на использование онтологий как средства диссеминации знаний в группах пользователей с различными интересами, тем самым улучшая функциональную совместимость с различными базами геоданных. При этом диссеминация знаний напрямую зависит от успешности трансформации неявных знаний в явные. Формализация неявных знаний представляет большую сложность, поскольку они во многих случаях носят личностный характер, контекстно зависимы и трудно выявляемы.

На рис. 4 приведена классическая схема преобразования неявных знаний в явные, состоящая из четырех основных этапов: обобществления, формализации, диссеминации и усвоения [8]. Под обобществлением понимается

обобщенный процесс выработки неявных знаний. Формализация предполагает изложение своих знаний в той или иной явной, наглядной или читаемой форме. Для того, чтобы ознакомить с результатами своего труда других специалистов, необходимо преобразовать знания из одной формы представления в другую и распространить их по доступным каналам связи. Этот процесс назван диссеминацией. На четвертом этапе происходит изучение полученного знания, его осознание и усвоение.

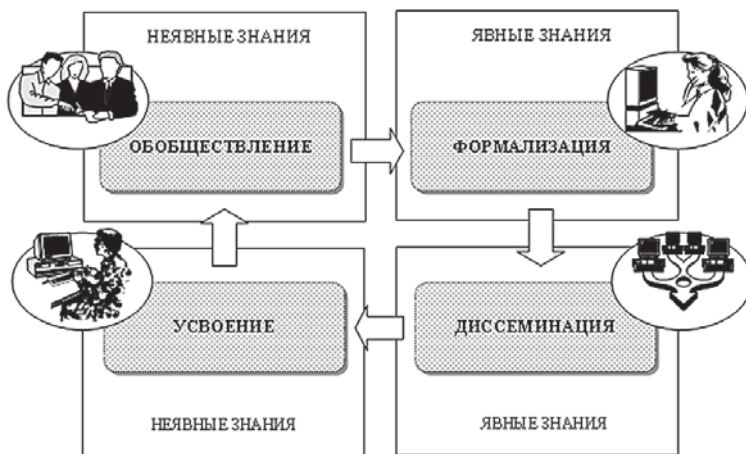


Рис.4. Преобразование знаний

Следует заметить, что специфика географического мира в достаточной мере определяет параметры создания онтологий. Чтобы адекватно представлять географический мир, необходимо иметь компьютерные представления географических знаний (в первую очередь – изображений), которые способны фиксировать не только описательные атрибуты пользовательских концепций, но также и описывать геометрические и позиционные компоненты этих концепций. Эти представления также должны фиксировать пространственные и временные зависимости между экземплярами этих концепций. В отличие от случая обычных информационных систем, большинство пространственных и временных зависимостей не представлены в ГИС и чаще всего могут просто выводиться путем использования различных геогра-

фических функций. Поэтому обязательно должна быть привнесена дополнительная семантика в схему географического приложения, семантические спецификации которой, являющиеся частью онтологии этого приложения, зафиксированы разработчиком модели. Новое поколение информационных систем должно обладать способностью обрабатывать семантическую неоднородность, возникающую в результате использования разнородных источников информации.

Использование множественных онтологий становится основной особенностью современных информационных систем, если в них предполагается поддержка семантики при интеграции информации. Онтологии могут фиксировать семантику информации, могут быть представлены в формальном языке и могут также использоваться, чтобы хранить связанные метаданные, допуская, таким образом, семантический подход к информационному интегрированию.

Онтология играет существенную роль в создании ГИС, так как она позволяет устанавливать соответствия и взаимосвязи среди различных типов геоданных – пространственных сущностей и отношений. Использование онтологий будет способствовать улучшению функционирования информационных систем, благодаря тому, что удастся избежать проблем, вызванных противоречиями между онтологиями, неявно внедренными в ГИС, конфликтами между онтологическими концепциями и реализацией, а также конфликтами между онтологиями «здорового смысла» пользователя и математическими концепциями программного обеспечения.

Можно заметить, что существующие концептуальные схемы баз геоданных могут быть весьма полезны для формирования онтологий, так как они – формальные документы, которые были разработаны, чтобы зафиксировать взгляд специалиста на некоторую предметную область реального мира. Существующие концептуальные схемы могут, поэтому, использоваться, чтобы создать приблизительные онтологии, в то время как существующие онтологии могут использоваться, чтобы генерировать концептуальные схемы с помощью или без помощи опытного разработчика модели (рис. 5) [9].

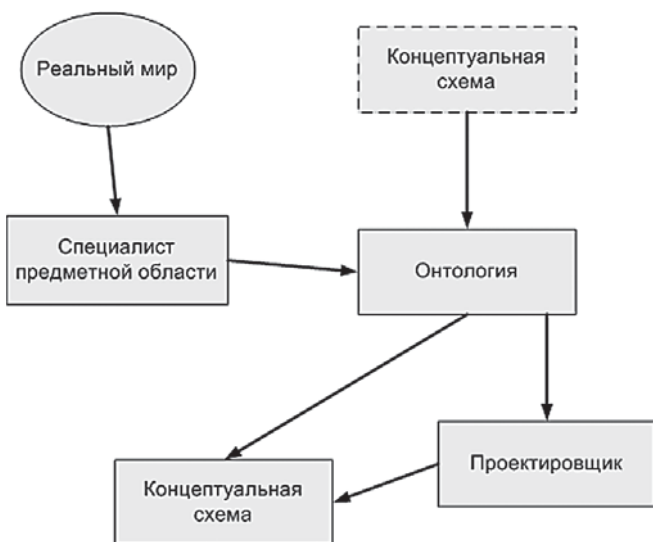


Рис. 5. Взаимосвязь онтологии и концептуальной схемы

Имеются три различных уровня абстракций, на которых находятся как онтологии, так и концептуальные схемы (рис. 6) [9].

Тип представления Вид уровня	ОНТОЛОГИИ	КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ
Формальный уровень	Абстракция формальных особенностей научных предметов: <i>геометрия, география, время, пространство</i>	Понятие концептуального моделирования: <i>объекты (цели), области (поля), отношения</i>
Уровень логических типов данных прикладной области	Онтология географических видов: <i>представление, местоположение, топология, географическая информатика</i>	Концептуальная модель и нотация: <i>классы, пространственные отношения, пространственные ограничения целостности</i>
Прикладной уровень	Онтология инфраструктуры ОАО «РЖД»: <i>станции, перегоны и др.</i>	Концептуальная схема БГД атрибутивное описание сущностей ОАО «РЖД»

Рис.6. Уровни онтологий

Первый уровень – формальный, на котором в конструкции онтологий и концептуальных схем включены абстрактные концепции. В случае онтологий на этом уровне мы имеем абстракции формальных особенностей сущностей, такие как понятия времени и пространства. В случае концептуальных схем на этом уровне мы находим основные идеи, взятые из концептуальных моделей данных, т. е. понятия, которые широко используются в концептуальном моделировании данных: объекты, поля и связи.

Когда мы сопоставляем содержание формального уровня с географическими приложениями, мы получаем второй уровень абстракции, или уровень типов геоданных. На этом уровне онтологии описывают словарь, который используется, чтобы представить действительное содержание знания о свойствах геоданных. Онтология географических понятий, которая описывает географическое пространство, географические объекты и явления географического пространства, явно присутствует на этом уровне.

На прикладном уровне, онтологии более конкретны, являясь уточнением специализаций уровня типов геоданных, и формируются в соответствии с концепциями поля знания, заданного приложением. На этом уровне онтология – это способ осмысления набора концепций, позволяющего совместно и согласованно использовать его группой пользователей. В концептуальном моделировании данных на прикладном уровне примитивы концептуальной модели объединены, чтобы образовать удобочитаемые диаграммы, из которых можно получить детальные потребности приложения по организации данных. Следовательно, примитивы модели данных используются, чтобы определить концептуальную схему приложения, перемещаясь от уровня типов геоданных до прикладного уровня.

Представление пользовательских онтологий прикладной области в этом контексте рассматривается как существенная часть фиксации концепций информационного пространства [10]. Исследование онтологического статуса пространственных типов данных – наиболее актуальное направление в геоинформатике. В [11] впервые было введено понятие ГИС, управляемой онтологиями, призванной обеспечивать пользователей географической ин-

формации возможностью достигнуть соглашения по основным сущностям географического мира. Идея управления с помощью онтологий заключается в том, что существенная часть географического знания зафиксирована процедурами, которые извлекают информацию из пространственных наборов данных, т. е. для этого необходимо создать онтологии не только для объектов некоторой области, но также и для намеченных действий, которые выражены процедурами, применимыми к набору данных, предназначенному для извлечения знания.

Модели географического мира должны сводиться друг к другу, а формальное описание геоинформационных сущностей может обеспечить создание онтологий географических видов (рис. 7).



Рис. 7. Формирование геоонтологии

5. Семантическая геоинтероперабельность

Интероперабельность является показателем эффективной коммуникации между системами. Реализация коммуникации связана как с синтаксическими, так и с семантическими проблемами. Однако географические базы данных и представления пользователями реальных явлений характеризуются большой гетерогенностью, которая препятствует эффективной геоинтероперабельности. Как правило, гетерогенность декомпозируется на четыре уровня: системный, синтаксический, структурный и семантический.

Базы данных часто располагаются в разных системах, и для поддержки геоинтероперабельности требуется установление взаимосвязи между ними.

С развитием сетей и протоколов коммуникации, типа Ethernet, Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP), Remote Procedure Call (RPC), File Transfer Protocol (FTP), Hypertext Transfer Protocol (HTTP) и т.д., стала возможна взаимосвязь систем, работающих под различными операционными системами (Linux, Windows, Mac OS и т.д.). Кроме того, базы данных различных типов также могут быть связаны с целью совместного использования данных через приложения посредством интерфейсов Open Database Connectivity (ODBC), Java Database Connectivity (JDBC) и других.

Синтаксическая гетерогенность зависит от способа, которым данные представлены физически, используемых знаков и их порядка в сообщении. Синтаксис устанавливает знаки и правила, которые определяют порядок знаков в сообщении. Форма сообщения имеет здесь основное значение по сравнению с его содержанием, на основе анализа которого декодируются знаки сообщения. Форма должна соответствовать формату обмена данными, чтобы обеспечить доставку данных (например, как в Geography Markup Language (<http://www.opengeospatial.org/standards/gml>)). Синтаксическая гетерогенность учитывает также и различные формы представления данных, например, ГИ может принять форму покрытия, данных с координатной привязкой и векторных данных.

Структурная гетерогенность определяется различиями при моделировании данных. В некоторых базах данных, что-то может быть описано как понятие, а в других как характеристика понятия. Например, «Измайловский парк» может быть определен как понятие в одной базе данных, тогда как это понятие может быть описано как характеристика «Восточной лесопарковой зоны г. Москвы» в другой. Структурные конфликты в географической информации могут возникать на следующих уровнях: понятие, свойство, геометрия и временной характер.

Семантическая гетерогенность связана с различиями значений понятий. Понятие является результатом связей со знаком и объектом. Различия в когнитивных моделях разных людей, которые связывают идентичные знаки с различными явлениями и одни и те же явления с различными знаками,

иллюстрируют проблему семантической гетерогенности. Контекст играет здесь существенную роль, так как когнитивные модели разрабатываются в определенных контекстах. Фактически, именно контекст задает семантику реальных явлений; он определяет, как явления воспринимаются и абстрагируются, и затем влияет на их определение в терминах понятий. Необходимо учитывать контекст и при рассуждении, анализируя семантическую гетерогенность и подобие понятий.

Геоинтероперабельность можно представить как двунаправленный механизм в противоположность конвейеру, обрабатывающему информацию только в одном направлении (от источника к адресату). Установление семантической геоинтероперабельности выходит за пределы простой возможности получить доступ к информации географических баз данных на дисплее или напечатанной на бумаге. Оно требует больше времени, заранее должен быть известен точный словарь географических баз данных, чтобы получить соответствующую информацию. Но самое существенное, что установление семантической геоинтероперабельности предполагает, что пользователи и провайдеры должны иметь релевантное понимание семантики запросов и ответов. В контексте Semantic Web такая возможность становится все более и более доступной.

Моделирование семантики глубоко внедрено в структуру геоинтероперабельности и, таким образом, обеспечивает исчерпывающее описание семантической геоинтероперабельности в целом, которая лежит в основе развития семантической пространственной инфраструктуры данных и Semantic Web геопространственной информации.

Геоинтероперабельность представляет собой основу для развития и реализации пространственных инфраструктур данных (Spatial Data Infrastructures (SDIs)) [12]. Цель SDIs состоит в том, чтобы координировать полезный обмен и совместное использование географической информации с использованием соответствующих сервисов. SDIs – это средства разработки функциональной совместимости для географической информации. SDIs составлены из пяти элементов: методики, технологии, стандарты, человеческие

ресурсы и релевантные действия, требуемые для сбора, обработки, управления, доступа, поставки и использования географической информации. SDIs были разработаны на основе референсной модели для Open distributed processing (RM-ODP) [13]. RM-ODP состоит из структуры пяти разделов: раздел предприятия, информационный раздел, вычислительный раздел, технический раздел и раздел технологии. В контексте SDIs раздел предприятия описывает цели и возможности, методики, обязанности и бизнес-процессы SDIs. Информационный раздел по существу посвящен информации, доступной через SDIs и необходимой для семантической геоинтероперабельности. Вычислительный раздел касается функциональной декомпозиции SDIs в сервисы с интерфейсами и операциями. Этот раздел представляет большой интерес для определения семантических компонентов и сервисов. Технический раздел главным образом связан с взаимодействием между данными, сервисами и системными взаимосвязями. Наконец раздел технологии относится к определенно выбранной технологии для реализации SDIs.

Первые три из указанных разделов особенно важны с точки зрения семантической геоинтероперабельности. Именно в разделе предприятия цель достижения семантической геоинтероперабельности должна быть четко сформулирована. Раздел предприятия должен идентифицировать любой репозиторий, который должен участвовать в SDIs, а также поставщиков данных, которые помогут пользователям и провайдерам в поиске соответствующих данных, релевантных их словарию и семантике. Вряд ли все пользователи могут знать заранее точный словарь и семантику, используемую геоинформационными источниками, доступными в SDIs. Поэтому пользователи должны быть в состоянии взаимодействовать с SDIs, используя свой собственный словарь и находить данные, которые соответствуют их определенной цели. Следовательно, информационный раздел должен включать необходимые информационные компоненты, чтобы обеспечить семантические запросы (то есть, запросы, сделанные в словаре пользователя и правильно интерпретируемые информационным сервером). Онтологии, поэтому, должны быть объединены как часть информационного раздела,

обеспечивая фундаментальное знание для рассуждения, интерпретации запроса и выдачи соответствующих ответов. Вычислительный раздел нуждается также в определенном внимании, чтобы можно было решать семантические проблемы определения семантических интерфейсов, связанных с онтологиями, включая операции и функции логического вывода, которые помогают интерпретации запросов и ответов. Этот раздел включает также кодирование онтологий, чтобы устанавливать с помощью интерфейса связь с семантическими сервисами.

Учет семантики на раннем этапе разработки SDIs облегчает их дизайн и позволяет идентифицировать онтологии и требуемые семантические сервисы.

6. Геоинформационные стандарты для семантической геоинтероперабельности

Стандарты – это установленное согласие, представленное как модель или пример (<http://www.m-w.com/>). В контексте информационных систем они подразумевают соглашения о представлении информации в таком виде, чтобы компьютеры могли "понять" общий язык, обеспечивающий понимание и сотрудничество. Стандартизация касается, главным образом, технического и семантического уровней интероперабельности. Как видно из рис. 8 (<http://www.ec-gis.org/etemii/>), помимо стандартов, имеющих дело с манипуляцией географическими данными (пространственные стандарты, обеспечивающие интерфейсы для стандартных методов), существуют также и стандарты для доступа к географическим данным из метаданных и стандарты метаданных, которые используются для каталогов, описывающих содержание информационных ресурсов пространственных данных. Эти ресурсы необходимы, чтобы можно было найти геоданные в сети и, поэтому они должны быть в стандартных форматах (стандартах метаданных).

Стандарты используются также, чтобы корреспондироваться с другими ресурсами типа открытых веб-сервисов (www.opengis.org/ows) для совместного использования или формирования цепочки сервисов.

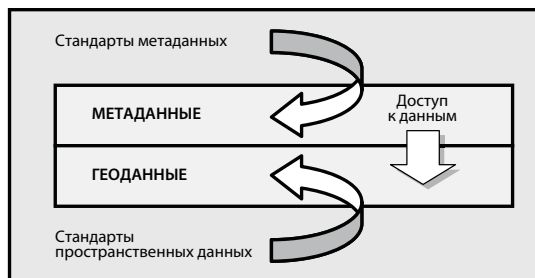


Рис.8. Интероперабельность и стандарты

Стандартизация в области цифровой географической информации необходима для обеспечения гарантии, что пространственная информация может свободно распространяться в глобальной среде. Разработка международных стандартов продвигается чрезвычайно быстрыми темпами. Здесь, как уже отмечалось выше, определились два главных разработчика: OGC и ISO/TC211 с широко известными результатами совместного сотрудничества.

ТС 211 – один из множества технических комитетов, зарегистрированных в ISO (Международная организация по стандартизации). Он был сформирован для развития стандартизации в области цифровой ГИ. Основная цель ТС 211 – установить структурированный набор стандартов для информации относительно объектов или явлений, которые прямо или косвенно связаны с местоположением относительно Земли. Эти стандарты могут специфицировать ГИ, методы, инструментальные средства и сервисы для организации данных (включая определение и описание), приобретения, обработки, анализа, доступа, представления и передачи таких данных в цифровой/электронной форме между различными пользователями, системами и местоположениями. ТС 211 связан с разработкой набора стандартов, допускающих геоинтероперабельность. Эти стандарты поддерживают понимание и использование географической информации, улучшают ее доступность, интеграцию, совместное использование и разработку SDIs. Все это обеспечивает фундаментальную структуру и семантику для описания и представления географической информации. В их основе лежит референс-

ная модель, основанная на RM-ODP, в которой большое внимание уделено семантике.

Open Geospatial Consortium, Inc (OGC) – некоммерческая организация, основанная в 1994 для поддержки разработок интероперабельности систем, которые обрабатывают геоданные, а также между такими системами и функционирующими вычислительными системами ([http://www .Opengis.org/info/brochure/brochure0599 .pdf](http://www.Opengis.org/info/brochure/brochure0599.pdf)). Деятельность OGC по развитию технологий существенно повлияла на глобальную организацию геоданных и создание стандартов обработки геоданных и продемонстрировала преимущества открытых технологий ГИС, которые объединяют обработку геоданных с распределенной архитектурой и интернет-вычисления.

Деятельность OGC фокусируется на выполнении двух программ: программа спецификации и программа интероперабельности, с явным приоритетом в отношении последней.

Программа спецификации – программа установления согласия среди членов консорциума, обладающих правом голоса. Во многом эта программа подобна процессу создания Международных стандартов. Основные различия здесь связаны организацией самого процесса согласования, подхода к решению, кто будет воздействовать на разработку этого согласия со стороны основной группы сотрудников OGC, разработчиков и независимых консультантов.

Программа интероперабельности развивается относительно недавно. В ней установлена необходимость гарантировать заинтересованному лицу, что его требования будут приняты во внимание на ранней стадии, и что они будут влиять на конечные результаты, а согласование семантики концепции определено как основная веха всей работы: после согласования семантики концепции ее новая спецификация проходит через программу спецификации. В контексте этой формулировки может быть замечено, что взаимосвязанные требования интероперабельности множества сотрудничающих заинтересованных лиц должны быть удовлетворены в рамках конкретного проекта, в результате чего заинтересованные лица становятся интероперабельными.

Стандарт ISO 19109, первоначально введенный в референсной модели, описывает General Feature Model (GFM) [14]. GFM – метамодель, которая определяет метапонятия, используемые для классификации и описания географических объектов (рис. 9) [14]. Самый важный элемент метамодели – GF FeatureType, который является метаклассом всех типов географических объектов (дорога, здание, парк, река, и т.д.).

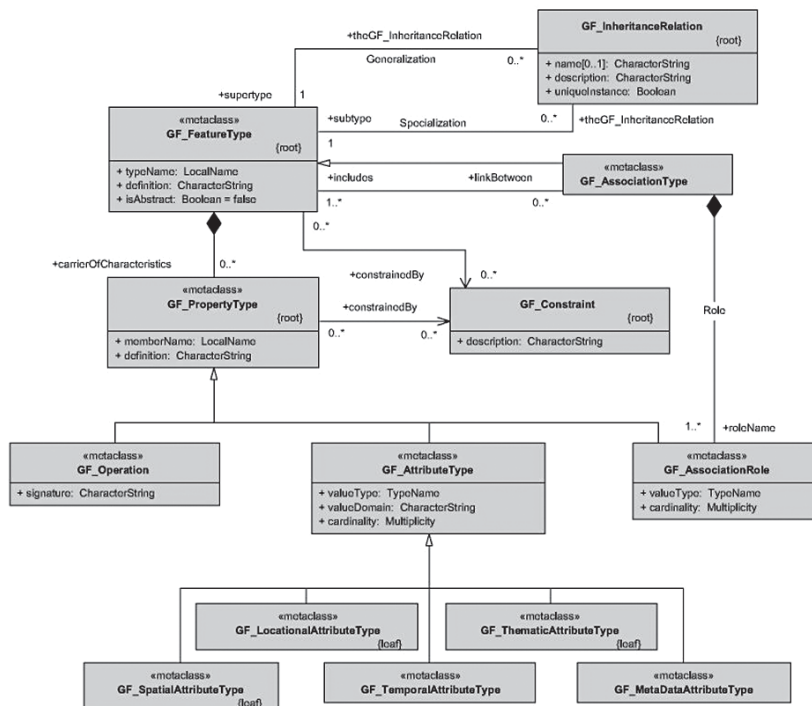


Рис. 9. Общая модель географических объектов

GF FeatureType может быть составлен из характеристик, которые описаны согласно метаклассу GF PropertyType. Характеристики могут быть или операциями (метакласс GF Operation metaclass), атрибутами (GF AttributeType metaclass) или ролями в ассоциациях (GF AssociationRole metaclass). Атрибут может быть пространственным (GF SpatialAttributeType metaclass),

навигационным (GF LocationAttributeType metaclass), временным (GF TemporalAttributeType metaclass), тематическим (GF ThematicAttributeType metaclass) или вспомогательным (GF MetadataAttributeType metaclass). Примеры GF FeatureType могут быть соединены с ассоциациями, описанными согласно описанию класса GF Association class. Отношения наследования между типами географических объектов возможны с классом GF Inheritance class. Ограничения для типов и характеристик географических деталей могут быть определены посредством класса GF Constraint class.

Все понятия, определенные в ISO географических информационных стандартов составляют внушительную онтологию для географической информационной области. Понятия формализованы графически с помощью универсального языка моделирования (UML). Хотя UML имеет достаточную выразительность для определения понятий с ISO/TC 211, получающиеся диаграммы не предназначены, чтобы быть машиночитаемыми и обрабатываемыми, и не могут использоваться непосредственно, чтобы поддержать логический вывод на основе онтологии.

7. Semantic Web геопространственной информации

В 2001 была выдвинута идея Semantic Web [15]. В ее основе лежало предложение модернизировать Web от уровня документов до уровня данных и информационного моделирования. В Semantic Web данные должны быть понятными и обрабатываемыми и, поэтому, Semantic Web должна быть способной к ответу на вопросы в отличие от простой передачи документов или Web-страниц, соответствующих определенным критериям ключевого слова. Semantic Web – это Web независимых от приложения данных, которые могут быть составлены из многих источников; данных, размещенных в системе классов; данных, которые являются частью информационной системы, объединенной посредством онтологий. Данные в Semantic Web намного более адаптивны по сравнению с Web. На самом низком уровне данные могут принимать форму документов и записей в электронных таблицах или базах данных. Средний уровень может быть расширяемым языком разметки (XML)

документов с соответствующими словарями. На верхнем уровне данные хранятся вместе с онтологиями и возможностями вывода нового знания. Онтологии весьма существенны для Semantic Web. Они определяют значения данных и описывают их в формате, который является вычислимым и читаемым приложениями. Semantic Web непосредственно связана с установлением геоинтероперабельности данных в Web.

Онтологии весьма существенны для Semantic Web. Они определяют значения данных и описывают их в формате, который является вычислимым и читаемым приложениями. Таким образом, когда приложения используют данные, они могут использовать врожденную семантику данных, и в то же самое время сделать их более достоверными. Эта дополнительная возможность облегчает интеграцию гетерогенных данных, зафиксированных различными группами пользователей, основанными на подобию семантики.

Semantic Web требует логических утверждений, классификации понятий, формальных моделей, правил и протоколов безопасности и доверия. Архитектура Semantic Web была подробно описана во многих публикациях [16]. Как показано на рис. 10 [16], она основана на Uniform Resource Identifiers (URI), универсальном наборе символов (Unicode), и eXtensible Markup Language (XML).

URIs – строки символов, которые служат уникальными идентификаторами, чтобы указать ресурс в сети (физический или абстрактный). URIs имеют определенный синтаксис в соответствии со стандартами 3986. URIs включают как Uniform Resource Locators (URLs), так и Uniform Resource Names (URNs). URL идентифицирует место, где ресурс доступен в Интернете, и как добраться до него.

Unicode – промышленный стандарт, который используется как основа для представления текста в Semantic Web. Он допускает представление и манипуляцию текстовых строк на разнообразных языках через стандартизацию символического набора и символических кодов, которые соответствуют стандарту ISO 10646 Информационных технологий – Universal Multiple-Octet Coded Character Set (UCS). Уникальное число определяет каждый символ независимо

от системы, приложения и языка. Соответственно, Unicode позволяет системам и приложениям обмениваться символьно-ориентированной информацией и просматривать информацию Web-страницы без потери информации.

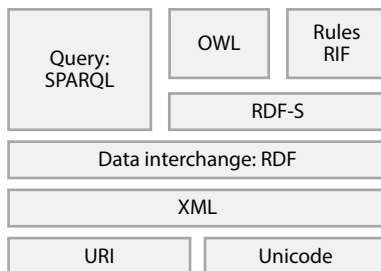


Рис.10. Архитектура Semantic Web

XML – синтаксическая основа Semantic Web. На этой основе Консорциумом World Wide Web был разработан стек синтаксисов и словарь XML: RDF, RDF-S, Web Ontology Language (OWL), SPARQL Protocol and RDF Query Language (SPARQL) и Rules Interchange Format (RIF). Первым был разработан Resource Description Framework (RDF). RDF допускает представлению информации об определенных ресурсах, которые существуют в сети. Он использует обычно тройную структуру, называемую «субъект-предикат-объект» (рис. 11), похожую на семантический треугольник Фреге (концепт-знак-денотат). Субъект – это то, о чем есть утверждение. Предикат – отношение, которое связывает субъект с объектом. Объект является или литеральным значением, описывающим субъект, или другой ресурс, связанный предикатом с субъектом.

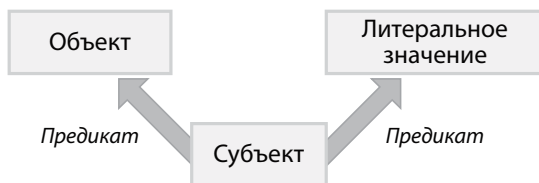


Рис. 11. RDF представление «субъект-предикат-объект»

Схема RDF (RDF-S) определяет классы и свойства, требуемые для описания классов, свойств и других ресурсов. Она основана на RDF. Ресурсы RDF-S служат для создания прикладных или определенных пользовательских словарей RDF и, кроме того, для создания классов специальных данных.

SPARQL, который включает протокол SPARQL и язык запросов RDF, является языком Semantic Web, обеспечивающим доступ к источникам данных RDF и онтологиям на языке OWL (Web Ontology Language).

Язык OWL был разработан для представления знаний. Он позиционируется как развитие существующих языков DAML+OIL (DAML: DARPA Agent Markup Language; OIL: Ontology Inference Layer) и основан на RDF и RDF-S. OWL – фундаментальная часть Semantic Web для выполнения рассуждений, интерпретации и вывода. Онтологии поддерживают программных агентов для интерпретации поступающих элементов данных. Программные агенты могут автоматически приписывать значения поступающим сообщениям (запросам или данным). Такая функция реализуется сопоставлением онтологий или оценкой подобия.

Сопоставление онтологий позволяет устанавливать соответствие между семантически связанными сущностями отличных онтологий. В результате определяются понятия и/или свойства различных онтологий, которые связаны вместе, такие как эквивалентность, категоризация и перекрываемость. Сопоставление понятий и свойств между онтологиями – нетривиальная функция. Как правило, одно или более понятий одной онтологии могут быть сопоставлены одному понятию другой онтологии, и наоборот. Оценка подобия между понятиями поддерживает сопоставление между ними, она может быть или количественная или качественная. Как правило, количественное подобие оценки принимает форму семантического расстояния между понятиями и выражено в интервале $[0, 1]$, где 0 означает, что понятия являются непересекающимися и 1 означает, что понятия эквивалентны. Качественная оценка подобия принимает форму предикатов, которые определяют отношение между двумя понятиями, типа равно, включает, накладывается и т.д.

В пространственной области подобие между геометрическими конструкциями (точка, линия, поверхность и тело) обычно идентифицируется матрицей пересечений внутренней области, границы и внешней области двух геометрических объектов. Хотя количественная оценка семантического подобия достаточно интересна, качественная оценка семантического подобия все же ближе к когнитивному рассуждению. Подход на основе геосемантической близости – это использование матриц пересечений для оценки семантического подобия между контекстами двух геопространственных понятий. Рассуждение и вывод могут привести к широкому диапазону возможностей, связанных с геоинтероперабельностью: обнаружение данных, ответ на запрос, композиция геоданных из многих источников, использование геоданных в разных областях, интеграция данных и так далее.

Формат обмена правил (Rules interchange format – RIF) относится к ряду форматов World Wide Web и определяет различные виды систем правил для поддержки функциональной совместимости среди языков правил, а также для обмена правилами в системах, основанных на правилах в Semantic Web.

В составе Semantic Web не только данные, но также и Web-сервисы. В настоящее время, использование и взаимодействие Web-сервисов все еще требуют участия человека, хотя в перспективе Semantic Web могла бы облегчить взаимодействие с Web-сервисами, используя семантику. Semantic Web может поддерживать Web-сервисы, чтобы автоматизировать их открытие и оптимизировать их состав, обеспечивая их взаимодействие с минимальным человеческим участием.

Идея создания геопространственной Semantic Web впервые была представлена в 2002 году [17]. Она должна расширить понятие Semantic Web, улучшив семантическую функциональную совместимость географической информации в Web.

За это время усилия по стандартизации ISO/TC 211 и OGC и развитие геоинформатики обеспечили в большой степени основу для создания геопространственной Semantic Web. Международные стандарты ISO/TC 211 определили онтологию геопространственных понятий, которые являются

независимыми от приложений. Эта онтология – основа описания географической информации, которая включает понятия для описания геометрии, топологии, временной информации, пространственных систем справочной информации, особенностей, характеристик, поведений, отношений, качества, метаданных, сервисов (позиционирование, изображение, местоположение и т.д.), образы, решетки, охват, датчики, перемещаемые особенности и т.д. Были разработаны дополнительно сервисные интерфейсы для обнаружения, обращения с запросом и получения ГИ, включая Web Map Server (WMS), Web Feature Service (WFS), Filter Encoding, Web Coverage Service (WCS), Catalogue Services for the Web (CSW), Web Processing Service (WPS) и т.д. [18]. Эти сервисные интерфейсы определяют принятую форму запросов Web именно для географической информации. Разработчики онтологий и семантической геоинтероперабельности, уделили значительное внимание проблемам соответствия понятий и интеграции онтологий на основе исследования подобия между понятиями и их близости. Можно предвидеть, что в результате будет создан комплекс сервисов и приложений для увеличения возможностей вывода и взаимодействия между геоданными, полученными из многих источников Web.

Геопространственная Semantic Web обеспечит важные дополнительные возможности для семантической геоинтероперабельности, делая географическую информацию доступной более широкому кругу пользователей. Геопространственная Semantic Web обеспечивает функциональную совместимость различных областей. Пользователи различных дисциплин получают больше возможности объединить ГИ в пределах их определенного приложения. Геопространственная Semantic Web добавит географическую информацию, пространственные и временные возможности анализа к Semantic Web, чтобы улучшить рассуждение и вывод. Геопространственная Semantic Web не только расширяет функциональную совместимость ГИ, но также обеспечивает функциональную совместимость информации всех источников данных Web, объединяющей как географическую, так и негеографическую информацию.

8. Заключение

Геоинтероперабельность стала областью активных научных исследований геоинформатики [19]. Представленная работа посвящена описанию составляющих, которые необходимы для реализации геоинтероперабельности.

Геоинтероперабельность можно сравнить с эффективным процессом двунаправленной связи, где пользователь и поставщик ГИ взаимодействуют через запросы и ответы, понимая друг друга благодаря их знаниям и процессам рассуждения. Пространственные инфраструктуры данных для осуществления функциональной совместимости ГИ в значительной степени уже разработаны. Следующий шаг должен быть сделан в направлении реализации геоинтероперабельности. Для развития геоинтероперабельности необходимы соответствующие стандарты. ISO/TC 211 и OGC внесли значительный вклад в этом направлении, но еще больше работы потребуются над онтологиями. Введение парадигмы Semantic Web открывает перспективы для реализации геоинтероперабельности, обеспечивая новые возможности типа автоматической интерпретации, рассуждения и вывода. Разработчики онтологий на языках Semantic Web начинают ориентироваться на геопространственную Semantic Web, продвигаясь к семантической геоинтероперабельности.

Литература

1. Assche, F. (2006). An interoperability framework. (Learning interoperability framework for Europe).[online]. Retrieved on 1 October 2008 from: <http://www.intermedia.uio.no/display/life/>
2. Kingston, G., Fewell, S., and Richer, W. (2005). An organisational interoperability agility model. [online]. Retrieved on 1 October 2008 from: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA463924&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>
3. Turnitsa, C., and Tolks, A. (2006). Battle management language: a triangle with five sides. Proceedings of the Simulation Interoperability Standards Organization (SISO) Spring Simulation Interoperability Workshop (SIW), Huntsville, AL, 2–7 April 2006.

4. Probst, F. Ontological analysis of observations and measurements. Proceedings of the Fourth International Conference on Geographic Information Science, GIScience 2006, Münster, Germany, 20–23 September 2006 Lecture Notes in Computer Science 4197. Berlin: Springer Verlag, pp. 304–320.
5. ESRI (2007). Geospatial service-oriented architecture (SOA). White Paper. Redlands, CA: ESRI. Retrieved on 1 October 2008 from: <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/geospatial-soa.pdf>
6. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем // СПб: Питер 2000.
7. Burrough, P. and A. Frank, eds. Geographic Objects with Indeterminate Boundaries. Taylor & Francis: London. 1996.
8. Ikujiro Nonaka & Hirotaka Takeuchi. The Knowledge Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Oxford University Press, 1995 (<http://users.cnet.com/~tom1359/books.htm#knowledge>).
9. Дулин С.К., Поповидченко В.Г. Структура представления онтологии гео-данных. – М.: ВЦ РАН, 2007. 23 с.
10. Fonseca F, et al. Ontologies and Knowledge Sharing // Urban GIS. Computer, Environment and Urban Systems, 2000. № 24, Vol. 3. P. 232-251.
11. Fonseca F. and Egenhofer M. Ontology-Driven Geographic Information Systems. // 7th ACM Symposium on Advances in Geographic Information Systems. 1999. Kansas City, MO: ACM Press, N.Y.
12. J. Hjelmager, H. Moellering, A. Cooper, T. Delgado, A. Rajabifard, P. Rapant, D. Danko, M. Huet, D. Lau-rent, H. Aalders, A. Iwaniak, P. Abad, U. Düren, A. Martynenko: An initial formal model for spa-tial data infrastructures, Int. J. Geogr. Inf. Sci. 22, 1295–1309 (2008)
13. ISO/IEC 10746:1998 Information technology – Open distributed processing – Reference model: Overview (International Organization for Standard-ization, Geneva 1998)
14. ISO 19101:2002 Geographic information – Reference model (International Organization for Standard-ization, Geneva 2002).
15. T. Berners-Lee, J. Hendler, O. Lassila: The Semantic Web, Sci. Am. May, 34–43 (2001).

16. T. Berners-Lee: Artificial intelligence and the Semantic Web, Proc. Conf. Artif. Intell. AAAI-06 (2006)
17. M.J. Egenhofer: Toward the semantic geospatial Web, GIS '02, Proc. 10th ACM Int. Symp. Adv. Geogr. Inf. Syst. (ACM, New York 2002) pp. 1–4.
18. J. Brodeur, Y. Bédard, B. Moulin: A geosemantic proximity-based prototype for interoperability of geospatial data, Comput. Environ. Urban Syst. 29, 669–698 (2005).
19. Дулин С.К., Дулина Н.Г., Кожунова О.С. Когнитивная интероперабельность экспертной деятельности и ее приложение в геоинформатике // Труды 13-й национальной конференции по искусственному интеллекту "КИИ-2012", Том 1, Белгород, 2012. – С. 351–357.

Бузоверов Е.А., Давыдов А.Н., Дубенец В.С.

О применении пониженных температурных графиков в целях энергосбережения в системах централизованного теплоснабжения объектов ОАО «РЖД»

Ключевые слова:

энергосбережение, системы теплоснабжения, температурные графики.

Температурный график – линейная зависимость температур в прямой и обратной трубе системы теплоснабжения от температуры наружного воздуха при централизованном качественном регулировании (изменением температуры теплоносителя при постоянном расходе) потребления тепла у потребителей. Выражение, например, 150/70°C означает, что эти максимальные температуры достигаются при «расчетной» температуре наружного воздуха (средней за самую холодную пятидневку года).

1. Мировой опыт. Основными тенденциями технической политики с целью энергосбережения в системах централизованного теплоснабжения в странах с сопоставимыми с Россией климатическими условиями являются:

- применение пониженных температурных графиков.
- преимущественное теплоснабжение от когенерационных источников;
- автоматизированные закрытые независимые схемы подключения потребителей;
- качественно-количественное регулирование отпуска тепловой энергии.

В Финляндии в значительном большинстве централизованных систем теплоснабжения северных районов с относительно холодными зимами принят температурный график 120/65°C.

Существующие и перспективные температурные графики, применяемые в системах централизованного теплоснабжения Голландии.

Название системы	Температура в прямом трубопроводе	Температура в обратном трубопроводе
Высокотемпературное теплоснабжение	90°C	70°C
Среднетемпературное теплоснабжение	55°C	35–40°C
Низкотемпературное теплоснабжение	45°C	25–35°C
В перспективе по программе модернизации систем теплоснабжения – сверхнизкотемпературное теплоснабжение (от паротурбинных мини-ТЭЦ)	35°C (температура в конденсаторе паровой турбины, работающей в конденсационном режиме)	25°C

Необходимо отметить, что указанные температурные графики реализуются при качественно-количественном регулировании тепла у потребителей (как температурой на источнике, так и расходом у потребителей). Прямая аналогия с российскими системами в данном случае не вполне корректна.

2. Государственная политика.

Исторически сложившаяся во время становления и многолетнего функционирования в Советском Союзе система централизованного теплоснабжения основывалась на централизованной плановой экономике. Технический облик, структура и параметры создаваемых систем теплоснабжения, в том числе преимущественно устанавливаемый температурный график 150/70°C в первичном контуре, 105/70°C и 95/70°C во вторичном контуре, определялся государством как оптимальный при существовавшем соотношении стоимости топлива и капитальных вложений в строительство объектов теплоснабжения – теплоисточников, тепловых сетей и теплопотребляющих систем потребителей.

В условиях перехода к рыночной экономике с изменением систем собственности, управления и развития новых технологий у хозяйствующих субъектов возникли объективные мотивации к пересмотру температурного графика в сторону его понижения до величин, сравнимых с действующими многообразными температурными графиками в системах централизованного теплоснабжения и теплофикации на Западе.

Государство отразило эту тенденцию в Законе «О теплоснабжении» и последующих нормативных актах, сняв среди прочих и директивное уста-

новление температурного графика 150/700С или 95/700С и определив, что температурный график принимается исходя из местных условий.

В сформировавшейся в России рыночной отрасли теплоснабжения переход на пониженный температурный график принят как одна из основных тенденций развития централизованных систем теплоснабжения.

Федеральные органы исполнительной власти, ответственные за реализацию государственной политики в сфере теплоснабжения (Минэнерго и Минстрой) включили это направление технической политики в число приоритетных.

В соответствии с моделью рынка тепла, предложенной в комплексе законопроектов, разработанных Минэнерго России в конце 2013 года, переход на пониженный температурный график предполагается как одна из наилучших доступных макро-технологий при формировании индикативного уровня цен на тепловую энергию (мощность).

3. Основная специфика систем теплоснабжения большинства объектов ОАО «РЖД».

- **Расположение.** Объекты, расположенные вдоль железных дорог, находятся в разных, в том числе – в суровых климатических условиях, удалены друг от друга, имеют распределённую по территории тепловую нагрузку потребителей. Системы теплоснабжения объектов имеют локальный характер, в ряде случаев связаны с системами теплоснабжения муниципальных образований и промышленных предприятий.
- **Балансы и режимы.** Объекты имеют относительно малую долю коммунальной базовой тепловой нагрузки круглогодичного горячего водоснабжения (ГВС) по сравнению с нагрузкой отопления, имеющей сезонную неравномерность.
- **Источниками** теплоснабжения объектов, являются собственные и сторонние котельные, доля ТЭЦ по количеству объектов пренебрежимо мала.
- **Тепловые сети** на территории объектов, в основном проложенные надземным способом, изношены и не соответствуют существующим требованиям по надёжности и потерям. Оценки показывают, что для объектов

ОАО «РЖД» при перекладке существующих тепловых сетей и прокладке новых значительные технико-экономические преимущества имеют трубы с пенополимерминеральной (ППМ) тепловой изоляцией.

- **Регулирование.** На объектах применяется центральное качественное регулирование температуры водяной системы теплоснабжения с температурным графиком 95/70°C. В редких случаях используется график 150/70°C, 130/70°C и другие. В массе своей эти графики не выдерживаются – на котельной при регулировании температуры вводится т.н. «срезка», когда при температурах выше расчетной дальнейшее повышение температуры ограничивается и переходят на количественное регулирование, что нарушает гидравлические режимы тепловых сетей и приводит к «перетопам» и «недотопам» потребителей. В переходные осенние и весенние отопительные периоды (от – 3°C до + 5°C) отсутствие возможности регулирования на вводах в здания температуры ниже 70°C (из-за ГВС) приводит к дополнительным «перетопам» потребителей, «форточному» регулированию и потерям тепла.

4. Место и роль индивидуальных тепловых пунктов (ИТП). На значительном количестве объектов из-за малой доли нагрузки ГВС по сравнению с нагрузкой отопления и удалённости потребителей от котельной используется открытая схема теплоснабжения – на нужды ГВС осуществляется отбор теплоносителя.

При этом в межотопительный период теплоисточники и тепловые сети вынуждены работать с малой мощностью только на нагрузку ГВС, что приводит к значительным затратам и потерям как на источнике, так и в тепловых сетях. Для их ликвидации приходится отключать ГВС в межотопительный период, что резко снижает уровень комфорта персонала и жителей.

Дальнейшая эксплуатация открытых систем запрещена действующим законодательством. Перевод на закрытую схему наиболее эффективен путём установки ИТП на вводах потребителей. Для сокращения затрат и потерь это мероприятие может в ряде случаев сопровождаться отказом от централь-

зованного ГВС в пользу индивидуального ГВС у каждого потребителя. Это возможно реализовать за счёт установки проточных или накопительных водонагревателей (электрических или газовых).

Оценки показывают, что при переходе на пониженный температурный график специфика объектов ОАО «РЖД» обеспечивает больший, чем для коммунальных и промышленных потребителей, эффект энергосбережения при повышении комфортности, надёжности, ресурса и сокращении текущих затрат.

5. Целесообразность перевода. Применение пониженных температурных графиков в теплоснабжении объектов ОАО «РЖД» возможно и целесообразно, при этом переход на пониженный график должен осуществляться в комплексе с переводом потребителей на закрытые независимые схемы подключения и переходом на качественно-количественное регулирование отпуска тепловой энергии. Эти мероприятия наиболее эффективны при установке ИТП на вводах зданий потребителей.

На основании выше изложенного разработана приведённая ниже методика оценки инвестиционных проектов.

6. Методика оценки инвестиционных проектов по переходу на низкотемпературные графики

Целевым критерием оценки инвестиционных проектов по переходу на низкотемпературные графики является показатель совокупных приведенных капитальных и текущих затрат на создание и эксплуатацию системы теплоснабжения

$$Z_{\Sigma} = KZ + \sum_{i=1}^n \frac{(1+e)^{i-1}}{(1+d)^{i-1}} \cdot \mathcal{E}_i \text{ где} \quad (1)$$

KZ – капитальные затраты на создание системы теплоснабжения, млн. руб.

$\mathcal{E}_i$ – годовые текущие затраты на эксплуатацию системы теплоснабжения на i году горизонта расчета, млн. руб./год

n – горизонт расчета инвестиционного проекта, лет

e – инфляция, %

d – коэффициент дисконтирования, %

Порядок расчёта следующий:

1. Для достижения наибольшей эффективности инвестиционных проектов перехода на низкотемпературный график показатель минимизируется по методике, изложенной в [2].
2. Эффект инвестиционного проекта по переходу на низкотемпературный график (при новом строительстве) определяется по критерию снижения приведенных совокупных затрат – чистого дисконтированного дохода (снижения затрат):

$$\Delta\phi = Z_{\Sigma} - Z'_{\Sigma} \text{ [млн. руб.]} \quad (2)$$

где

Z_{Σ} – показатель затрат для стандартного температурного графика 150°C/70°C или 95°C/70°C, млн. руб.

Z'_{Σ} – показатель для пониженного графика, млн. руб.

3. Для расчета дисконтированного срока окупаемости инвестиционного проекта по переходу на низкотемпературный график определяется год i , на котором $\Delta\phi$, вычисляемый по формуле (2), становится положительным.
4. Эффективность инвестиционного проекта (внутренняя норма доходности) определяется таким коэффициентом дисконтирования d , при котором $\Delta\phi = 0$.
5. Показатели $K3$ и Δ рассчитываются для следующих элементов системы теплоснабжения: источники, сети, внутренние инженерные системы потребителей. Таким образом, показатель агрегирует совокупные затраты потребителя на теплоснабжение, включая внутренние инженерные системы зданий и сооружений (внутридомовые трубопроводы, радиаторы, калориферы, смесители и т.п.)
6. Эксплуатационные затраты рассчитываются в разрезе следующих статей:
 - 6.1. По источникам теплоснабжения:
 - топливо
 - электрическая энергия на технологические нужды
 - затраты на оплату труда производственного персонала с начислениями
 - капитальный ремонт – замена основного котельного оборудования по мере износа

6.2. По тепловым сетям

- капитальный ремонт – замена сетей по мере износа
- затраты на оплату труда производственного персонала с начислениями

6.3. Внутренние инженерные системы зданий и сооружений

- капитальный ремонт – замена внутренних трубопроводов и теплопотребляющего оборудования потребителей по мере износа.

7. Расчет показателей технико-экономических показателей источников теплоснабжения.

7.1. Капитальные затраты.

$$KZ_{ист} = KZ^{уд} \cdot KZ_{ист} \text{ [млн. руб.]} \quad (4)$$

где $KZ^{уд}$ – удельные капитальные затраты на строительство источников теплоснабжения принимаются в соответствии с данными ТЭО.

При отсутствии фактических данных показатель может быть принят укрупнено в размере 3,9 млн. руб./Гкал/час для котельных.

Часть капитальных затрат, на строительство ТЭЦ, относящаяся к издержкам на генерацию тепловой энергии, принимаются в размере замещающих затрат на строительство котельных – 3,9 млн. руб./Гкал/час.

N – полезная тепловая мощность источников системы теплоснабжения рассчитывается по формуле:

$$N_{ист} = \frac{N_{нотр}}{1 - П} \cdot K_{рез} \text{ [Гкал/час]} \quad (5)$$

где

$N_{нотр}$ – расчетная тепловая нагрузка потребителей, Гкал/час

$П$ – потери в тепловых сетях, %

$K_{рез}$ – коэффициент резервирования тепловой нагрузки на источнике, %.

Рассчитывается в соответствии СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети». При отсутствии данных принимается укрупнено в размере 13%.

7.2. Эксплуатационные затраты

7.2.1. Затраты на топливо

Затраты на топливо рассчитываются по формуле:

$$И_{топл} = z_{топл} \cdot B_{ист} \text{ [млн. руб./год]} \quad (6)$$

где $z_{\text{топл}}$ – стоимость единицы топлива, руб./кг.у.т.

$B_{\text{ист}}$ – потребление топлива источником теплоснабжения, млн. кг.у.т./год

$$B_{\text{ист}} = b \cdot Q_{\text{ист}} \quad [\text{млн. руб./год}] \quad (7)$$

$Q_{\text{ист}}$ – расчетный отпуск тепловой энергии источниками теплоснабжения, млн. Гкал/год

b – удельный расход топлива на отпуск тепловой энергии, кг.у.т./Гкал, принимается в соответствии с данными ТЭО.

Для котельных на природном газе при отсутствии информации показатель принимается укрупнено в размере 157 кг.у.т./Гкал, что соответствует КПД 91% – средний показатель для современных автоматизированных котельных с учетом расхода тепла на собственные нужды – 1%.

Для газифицированных котельных при снижении t_1 ниже 80°C $b_{\text{кот}}$ принимается равным 140 кг.у.т./Гкал (отражает возможность применения конденсационных котлов).

Для ТЭЦ при отсутствии данных ТЭО $b_{\text{ТЭЦ}} = 131,9$ кг.у.т./Гкал принимается на уровне среднего удельного потребления топлива ПГУ на отпуск тепловой энергии [3] при стандартном графике системы теплоснабжения 150°C /70°C.

Для значений температурного графика, отличного от 150°C /70°C, рассчитывается изменение удельного расхода топлива ТЭЦ путем использования линейной зависимости в соответствии с [4].

$$b'_{\text{ТЭЦ}} = b_{\text{ТЭЦ}} \cdot k_{\Delta} \cdot (t_1 - t_2) \quad (8)$$

где $k_{\Delta} = 0,314\%$ – коэффициент зависимости потребления топлива ТЭЦ при изменении температуры сетевой воды.

Количество тепловой энергии, отпускаемой источником, определяется потреблением тепловой энергии абонентами $Q_{\text{номп}}$ и потерями в сетях Π

$$Q_{\text{ист}} = \frac{Q_{\text{номп}}}{1 - \Pi} \quad [\text{Гкал/год}] \quad (9)$$

7.2.2. Затраты на электроэнергию для технологических нужд

Затраты электроэнергии на отпуск тепловой энергии определяются по формуле:

$$I_{эл} = z_{эл} \cdot b_{эл} \cdot Q_{ист} \text{ [млн. руб./год]} \quad (10)$$

где $z_{эл}$ – стоимость электроэнергии, руб./кВт.ч,

$b_{эл}$ – удельный расход электроэнергии на полезный отпуск тепловой энергии, кВт.ч/Гкал, принимается на основании данных ТЭО. При отсутствии информации показатель принимается на уровне 20 кВт.ч/Гкал [1] для современных систем теплоснабжений с энергоэффективным насосным оборудованием.

7.2.3. Затраты на содержание эксплуатационного и ремонтного персонала

$$I_{перс} = (1+\varphi) \cdot z_{перс} \cdot (1+НАЧ) \cdot 12 \cdot b_{перс} \cdot N_{ист} \cdot 10^{-6} \text{ [млн. руб./год]} \quad (11)$$

где

$z_{перс}$ – коэффициент штатной численности эксплуатационного персонала источника теплоснабжения, принимается согласно [2] в размере 0,16 чел./Гкал/час, учитывая современный технический уровень и состояние автоматизации источников теплоснабжения.

НАЧ – начисления на фонд оплаты труда. Принимается в размере 30,2% в соответствии с действующим налоговым законодательством.

12 – месяцев в году

$b_{перс}$ – средняя заработная плата производственного персонала в сфере теплоснабжения для данного региона. При отсутствии данных принимается на уровне 14 500 руб./мес. в ценах 2011 года [6] с соответствующей индексацией.

φ – коэффициент численности ремонтного персонала, принимается в размере 27% в соответствии с [2].

7.2.4. Срок службы котельного оборудования

$$T' = T \cdot \frac{t_1}{t'_1} \text{ [лет]} \quad (12)$$

где T – назначенный срок службы котельного оборудования при $t_1 = 150^\circ\text{C}$, принимается равным 16 годам [7], t'_1 – расчетная температура в подающем трубопроводе системы теплоснабжения для пониженного графика.

Зависимость $T' = f(t'_1)$ принята по линейному закону в соответствии с [2].

Срок службы котельного оборудования определяет периодичность его капитального ремонта.

Единовременные затраты на капитальный ремонт котельного оборудования

$$З_{\text{кр}} = KЗ_{\text{ист}} \cdot G_{\text{кот}} [\text{млн. руб.}] \quad (13)$$

где $G_{\text{кот}}$ – доля затрат на основное котельное оборудование в стоимости строительства новой котельной, принимается равным 40%.

Ежегодный норматив отчислений на капитальный ремонт котельного оборудования:

$$З_{\text{кр}}^{\text{год}} = \frac{З_{\text{кр}}}{T} [\text{млн. руб./год}]$$

8. Расчет показателей технико-экономических показателей

для тепловых сетей.

8.1. Капитальные затраты.

$$KЗ_{\text{сеть}}^{\text{уд}} = KЗ_{\text{сеть}}^{\text{уд}} \cdot N_{\text{ист}} [\text{млн. руб.}] \quad (14)$$

$KЗ_{\text{сеть}}^{\text{уд}}$ – удельные капитальные затраты на строительство тепловых сетей принимаются в соответствии с данными ТЭО.

При отсутствии информации показатель рассчитывается по формуле:

$$KЗ_{\text{сеть}}^{\text{уд}} = KЗ_{\text{сеть}}^{\text{уд}} \cdot \frac{q'}{q} [\text{млн. руб.}] \quad (15)$$

$KЗ_{\text{сеть}}^{\text{уд}}$ принимается в размере 3,2 млн. руб./Гкал/час [1] при стандартной плотности тепловых нагрузок $q = 200 \text{ м}^2/\text{Гкал/час}$.

Для конкретной системы теплоснабжения удельные капитальные затраты $KЗ_{\text{сеть}}^{\text{уд}}$ рассчитываются в соответствии с фактической плотностью тепловых нагрузок – q' [2].

8.2. Эксплуатационные затраты

Тепловые потери

$$Q_n = Q_{\text{ист}} \cdot \Pi' [\text{Гкал/год}] \quad (16)$$

$$\text{где } \Pi' = \Pi \cdot \frac{t'_1 - t_n}{t_1 - t_n} [\%] \quad (17)$$

Π – удельные тепловые потери при стандартном графике системы теплоснабжения 150°C/70°C, принимаются в соответствии с данными ТЭО. При отсутствии информации принимаются в размере 10% [1].

Π' – удельные потери для пониженного темпе ратурного графика, рассчитываются пропорционально разнице между среднегодовыми температурами в трубопроводах t'_1 и температурой наружного воздуха t_n .

Для графика 150°С/70°С принимается 90°С.

t_n для конкретного региона принимается согласно [8].

8.3. Затраты на содержание эксплуатационного и ремонтного персонала

$$I_{перс} = (1+\varphi) \cdot z_{перс} \cdot (1+НАЧ) \cdot 12 \cdot b_{перс} \cdot N_{ист} \cdot 10^{-6} \text{ [млн. руб./год]} \quad (18)$$

где

$z_{перс}$ – коэффициент штатной численности эксплуатационного персонала тепловой сети, принимается согласно [2] в размере 0,2 чел./Гкал/час.

$НАЧ$ – начисления на фонд оплаты труда. Принимается в размере 30,2% в соответствии с действующим налоговым законодательством.

12 – месяцев в году

$b_{перс}$ – средняя заработная плата производственного персонала в сфере теплоснабжения для данного региона. При отсутствии данных принимается на уровне 14 500 руб./мес. [6].

φ – коэффициент численности ремонтного персонала, принимается в размере 27% в соответствии с [2].

8.4. Срок службы тепловых сетей

$$T' = T \cdot \frac{t_1}{t'_1} \text{ [лет]} \quad (19)$$

где T – назначенный срок службы тепловых сетей при стандартном графике системы теплоснабжения 150°С/70°С, принимается равным 25 годам [7], t'_1 – расчетная температура в подающем трубопроводе системы теплоснабжения для пониженного графика.

Зависимость $T' = f(t'_1)$ принимается по линейному закону в соответствии с [2].

При снижении температуры в подающем трубопроводе вторичного контура до 80°С и ниже, показатель T' определяется с учетом положительного эффекта от расширения перечня применяемых материалов (Раздел 5.6).

Срок службы тепловых сетей определяет периодичность его капитального ремонта.

8.5. Единовременные затраты на перекладку (капитальный ремонт) тепловых сетей

$$З_{КР} = КЗ_{сеть} \text{ [млн. руб.]} \quad (20)$$

Ежегодный норматив отчислений на капитальный ремонт тепловых сетей:

$$З_{\text{КР}}^{\text{год}} = \frac{З_{\text{КР}}}{T} \quad [\text{млн. руб./год}]$$

9. Внутреннее инженерное оборудование зданий потребителей тепловой энергии

9.1. Капитальные затраты

$$КЗ_{\text{потр}} = КЗ_{\text{внутр}}^{\text{уд}} \cdot N_{\text{потр}} \quad [\text{млн. руб.}] \quad (21)$$

где $КЗ_{\text{внутр}}^{\text{уд}}$ – удельные капитальные затраты на внутренние инженерные системы здания определяются в соответствии с [2] по формуле:

$$КЗ_{\text{внутр}}^{\text{уд}} = КЗ_{\text{рад}}^{\text{уд}} + КЗ_{\text{тр}}^{\text{уд}} + КЗ \quad [\text{млн. руб./Гкал/час}] \quad (22)$$

где $КЗ_{\text{рад}}^{\text{уд}}$ – удельные капитальные затраты на отопительные приборы, принимаются укрупнено в размере 0,7 млн. руб./Гкал/час при отопительном графике 95°C /70°C.

$КЗ_{\text{тр}}^{\text{уд}}$ – удельные капитальные затраты на внутридомовые трубопроводы, принимаются в размере 20% затрат от стоимости отопительных приборов при графике 95°C /70°C.

$КЗ_{\text{тр}}^{\text{уд}}$ – удельные капитальные затраты на устройство ИТП, принимаются в размере 1,4 млн. руб./Гкал/час.

Для пониженного графика теплоснабжения корректируются только затраты на отопительные приборы удельные затраты рассчитываются в соответствии с [11]:

$$КЗ_{\text{рад}}^{\text{уд}} = КЗ_{\text{рад}}^{\text{уд}} \cdot \left(\frac{t'_{\text{cp}} - t_{\text{возд}}}{t_{\text{cp}} - t_{\text{возд}}} \right)^{1,3} \quad [\text{млн. руб./Гкал/час}] \quad (23)$$

Стоимость внутридомовых трубопроводов и ИТП не корректируется.

где $t'_{\text{cp}} / t_{\text{cp}}$ – средние температуры теплоносителя в системах отопления потребителей при пониженном / стандартном графике теплоснабжения, $t_{\text{возд}}$ – температура внутреннего воздуха в отапливаемых зданиях.

9.2. Срок службы внутреннего инженерного оборудования зданий

$$T' = T \cdot \frac{t_1}{t'_1} \quad [\text{лет}] \quad (24)$$

где T – назначенный срок службы радиаторов и внутренних трубопроводов зданий при стандартном графике системы теплоснабжения 95°C /70°C,

принимается равным 25 годам [7], t'_1 – расчетная температура в подающем трубопроводе системы теплоснабжения здания для пониженного графика.

Зависимость $T' = f(t'_1)$ принимается по линейному закону в соответствии с [2].

Срок службы тепловых сетей определяет периодичность его капитального ремонта.

При снижении температуры в подающем трубопроводе вторичного контура до 80°C и ниже, показатель T' определяется с учетом положительного эффекта от расширения перечня применяемых материалов (п. 11).

9.3. Ежегодные затраты на капитальный ремонт внутреннего инженерного оборудования зданий (в части теплоснабжения)

$$Z_{KP} = KZ_{\text{нотр}} \quad [\text{млн. руб.}] \quad (25)$$

Ежегодный норматив отчислений на капитальный ремонт внутреннего инженерного оборудования зданий:

$$Z_{KP}^{\text{од}} = \frac{Z_{KP}}{T} \quad [\text{млн. руб./год}]$$

10. Оценка экологического эффекта от перевода системы теплоснабжения на низкотемпературный график

Экологический эффект, измеряемый в тоннах выбросов парниковых газов, определяется снижением расхода топлива на источниках теплоснабжения $B_{\text{ист}}$, определяемого в соответствии с (7):

$$U_{\text{ист}} = u_{\text{топл}} \cdot B_{\text{ист}} \quad [\text{тонн/год}] \quad (26)$$

где $u_{\text{топл}}$ – удельные выбросы CO_2 на единицу сжигаемого топлива. При необходимости определяются выбросы и других парниковых газов.

11. Методика учета положительного эффекта от расширения перечня допустимых к использованию материалов (в том числе пластиковых предизолированных теплопроводов и пластиковых внутридомовых систем)

Внедрение низкотемпературных графиков при проектировании и строительстве (реконструкции) систем теплоснабжения в части разводящих тепловых сетей (от тепловых пунктов до потребителей) и внутридомовых

сетей позволяет шире применять полимерные предизолированные теплопроводы.

Несмотря на теоретическую возможность применения полимерных трубопроводов при температурах теплоносителя, достигающих 95°C в соответствии с данными производителей, технологически целесообразный порог использования таких материалов находится на уровне 80°C [10]. Это связано с интенсивными процессами деградации полимерных материалов, протекающих при высоких температурах и давлениях, характерных для централизованных систем теплоснабжения в российских условиях. Это утверждение в равной степени относится как к разводящим сетям подземной прокладки, так и к внутридомовым коммуникациям.

Согласно [11] срок службы 25–30 лет достигается при 80°C и давлении не выше 0,9 МПа. При дальнейшем снижении температурного графика до 70°C срок службы трубопровода растет до 50 лет при максимально возможном давлении 1 МПа. Возможность дальнейшего понижения температуры позволяет обеспечить расчетную долговечность 50 лет при больших давлениях.

Таким образом, сроки эксплуатации трубопроводов при снижении температуры в подающем трубопроводе системы отопления до 70°C могут приниматься на уровне $T' = 50$ лет.

Соответственно, показатель стоимости капитального ремонта тепловых сетей принимается в размере 40% от рассчитываемого по формуле (20), что соответствует замене магистральных тепловых сетей (разводящие тепловые сети, выполненные из полимерных материалов, на горизонте расчета не подлежат замене).

Показатель стоимости капитального ремонта внутреннего инженерного оборудования зданий (в части теплоснабжения) $З_{кр}$ принимается в размере 50% от рассчитываемого по формуле (25), что соответствует замене только радиаторов в отапливаемых зданиях (внутренние трубопроводы, выполненные из полимерных материалов, на горизонте расчета не подлежат замене).

Литература

1. Анализ основных тенденций развития систем теплоснабжения в России и за рубежом. И.А. Башмаков.
2. Теплоснабжение. А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов, В.Н. Братенков, Е.Н. Терлецкая. М: Стройиздат, 1982.
3. Функционирование и развитие электроэнергетики Российской Федерации в 2011 году. Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике.
4. Универсальная энергетическая характеристика ТЭЦ. Богданов А.Б. Таблица 5. <http://www.exergy.narod.ru/3-1.htm>.
5. Дифференциация заработной платы работников по профессиональным группам. Федеральная служба государственной статистики.
6. СО 153-34.17.469-2003. Инструкция по продлению срока безопасной эксплуатации паровых котлов с рабочим давлением до 4,0 МПа включительно и водогрейных котлов с температурой воды выше 115 град. Цельсия. Минэнерго России.
7. Коррозия и ее последствия. Научно производственная компания «Теплообменные технологии».
8. СНиП 23-01-99. Строительная климатология.
9. Проектирование систем водяного отопления. О.Н. Зайцев, А.П. Любарец.
10. Долговечность пластиковых труб. Мифы и реальность. И. Шибиченко «Трубопроводы и экология», 1999 г.
11. СП 40-101 «Проектирование и строительство трубопроводов из полимера «Рандом сополимер».

Василейский А.С., Карелов А.И.

Технология спутникового мониторинга потенциально-опасных участков в системе текущего содержания земляного полотна железнодорожного пути

Ключевые слова:

спутниковый мониторинг, земляное полотно, железнодорожный путь, безопасность движения

При текущем содержании земляного полотна железнодорожного пути особое внимание должно уделяться выявлению и дальнейшему контролю неустойчивых участков, несмотря на это, ежегодно на сети дорог происходит несколько десятков случаев неблагоприятного воздействия на путь природно-техногенных факторов, приводящих к негативным последствиям для железнодорожной инфраструктуры [1]. При этом применяемые методы контроля зачастую ограничиваются визуальным осмотром, выполняемым сотрудниками дистанции пути. В отдельных случаях, на особо опасных участках пути, силами инженерно-геологических баз и путеобследовательских станций по земляному полотну, кроме визуального осмотра реализуются инструментальные методы диагностики земляного полотна (рис.1, 2).

Однако в силу ряда ограничений, в том числе накладываемых действующей инструкцией по содержанию земляного полотна железнодорожного пути (ЦП-544), применяемые методы контроля в подавляющем большинстве случаев выполняются внутри полосы отвода, в то время как источники возникновения различных по происхождению негативных экзогенных факторов, влияющих на путь и прилегающую железнодорожную инфраструктуру, зачастую расположены на некотором удалении от железной дороги. Это свидетельствует о необходимости применения принципиально новых подходов к содержанию земляного полотна, расширяющих возможности тради-

ционных методов работы с неустойчивыми участками, призванных обеспечивать безопасную и эффективную эксплуатацию железнодорожного пути.



Рис.1. Текущее содержание земляного полотна.



Рис.2. Методы контроля, применяемые при наблюдении за неустойчивыми местами земляного полотна.

В последние годы на сети железных дорог стали активно внедряться технологии спутникового дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для различных нужд хозяйственной деятельности ОАО «РЖД», в том числе и для целей выявления, наблюдения динамики и долгосрочного прогноза развития опасных проявлений природно-техногенных факторов, угрожающих безопасности движения [2]. Пилотным для внедрения таких технологий стал участок Туапсе – Adler Северо-Кавказской железной дороги – один из приоритетных в сети дорог ОАО «РЖД» и, в то же время подверженный постоянному воздействию неблагоприятных факторов в силу геологических и климатических особенностей региона, а так же интенсивной застройки прилегающих к железной дороге территорий. На рис.3 представлена технологическая схема проведения спутникового мониторинга, разработанная в ОАО «НИИАС».

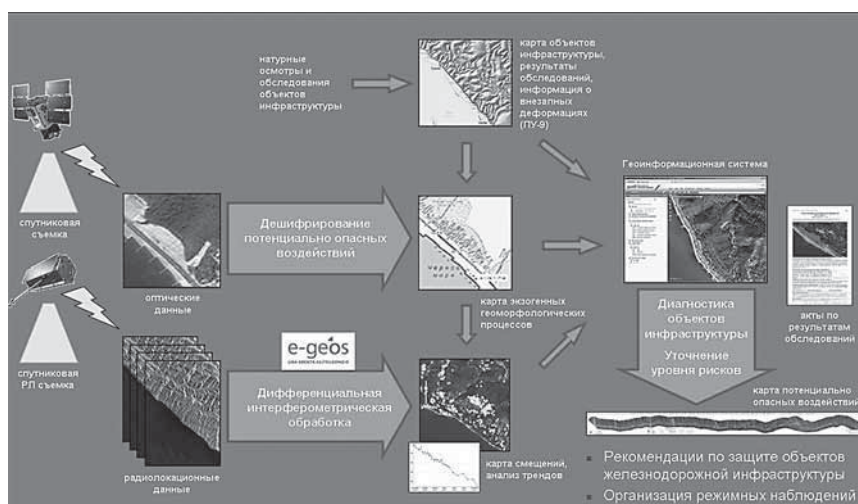


Рис.3. Технологическая схема проведения спутникового мониторинга.

Технологическая схема спутникового мониторинга предусматривает как применение непосредственно самих данных ДЗЗ и продуктов, получаемых на их основе, так и проведение наземных полевых обследований, необходимых для точного определения места потенциально-опасного воздействия на путь и оценки степени его опасности.

Спутниковая съемка проводится в различных диапазонах спектра: радиолокационном, видимом и ближнем инфракрасном (БИК). Выбор такого набора спутниковых данных обусловлен необходимостью разностороннего анализа происходящих процессов.

Радиолокационный спутниковый мониторинг, проводится группировкой космических аппаратов Cosmo-SkyMed в X-диапазоне внутри 2-х километровой полосы вдоль линии Туапсе–Адлер. Эта часть технологии спутникового мониторинга позволяет выявлять субсантиметровые смещения устойчивых отражателей сигнала, при этом отражателями могут выступать любые естественные наземные цели (элементы инфраструктурных объектов, части горных пород и др.), способные отражать радиолокационный сигнал и определенным образом ориентированные на космический аппарат, с которого выполняется съемка. Для контроля опасных участков, которые требуют постоянного наблюдения, возможна установка специальных угловых отражателей радиолокационного сигнала.

Мониторинг в радиолокационном диапазоне основан на разработанной итальянской компанией e-GEOS (Finmeccanica S.p.A.) технологии дифференциальной интерферометрической обработки космических радиолокационных данных по методу PSP (пары постоянных отражателей), которая позволяет выделять гораздо большее количество устойчивых отражателей (порядка 2 млн. на участке Туапсе–Адлер) по сравнению с другими технологиями, а также минимизировать влияние на полезный сигнал шумовых составляющих [3]. Для подтверждения точности получаемых результатов, к которым предъявляет жесткие требования существующая на железнодорожном транспорте система обеспечения безопасности движения, в рамках работ на участке Туапсе–Адлер была выполнена верификация данных о смещениях земной поверхности путем проведения высокоточных спутниковых навигационных измерений положения закрепленных грунтовых реперов на участках поверхности, демонстрирующих наиболее интенсивную динамику по радиолокационным данным. В целом проведенное исследование продемонстрировало сходимость результатов наземных и спутниковых измерений [4, 5].

На основе полученной информации формируется и ежемесячно обновляется детальная карта смещений земной поверхности, анализ которой позволяет выявлять зоны активизации опасных геодинамических явлений, представляющих потенциальную опасность для элементов земляного полотна (рис. 4).

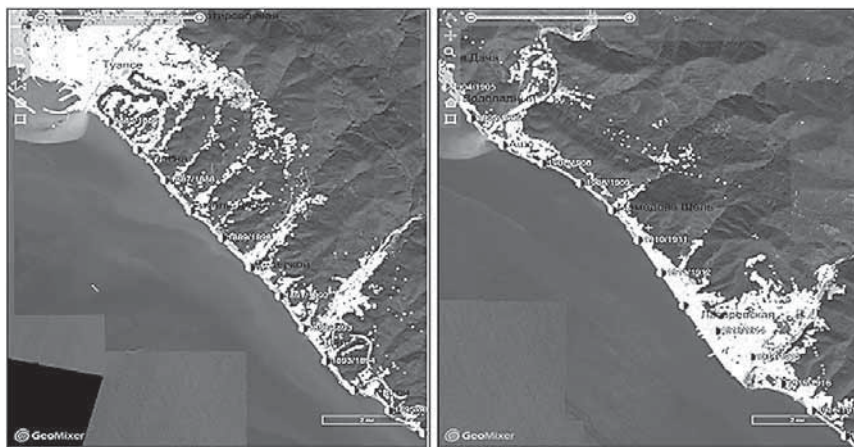


Рис.4. Фрагменты карты смещений земной поверхности на участке Туапсе–Адлер.

Высокодетальная спутниковая съемка в видимом и БИК диапазонах спектра с пространственным разрешением не хуже 0,5 м выполняется космическим аппаратом GeoEye-1 в полосе 5 км вдоль линии Туапсе – Адлер. На основе анализа синтеза различных спектральных каналов и особенностей рельефа исследуемой местности в несколько этапов строится карта комплексов экзогенных геоморфологических процессов, воздействующих на земляное полотно железнодорожного пути и прилегающую инфраструктуру, включающая в себя опасные проявления негативных факторов, как со стороны моря, так и со стороны суши. Эта карта позволяет наиболее рационально планировать детальные полевые обследования и тем самым обеспечивать сокращение временных и финансовых затрат. Полевые исследования позволяют оценить степень опасности в пределах каждого из выделенных участков путем детального обследования характеристик ландшафта, строения пород и состояния защитных сооружений [6].

Технология предусматривает проведение спутниковой съемки в видимом и БИК диапазонах один раз в год и ежемесячную радиолокационную съемку с целью контроля динамики состояния потенциально-опасных участков и уточнение карты комплексов экзогенных геоморфологических процессов, при этом наземные полевые исследования в рамках технологического процесса спутникового мониторинга проводятся силами дорожных служб только на участках, с наивысшей степенью опасности, а также на участках, демонстрирующих негативную динамику. Для этого формируется задание на обследование/осмотр, которое содержит в себе краткую характеристику обследуемого участка, фрагмент карты, содержащий в себе результаты спутникового мониторинга в различных диапазонах с привязкой к пикетажу, гипотезу о возможных негативных процессах, происходящих на участке, а также ретроспективную информацию об опасных происшествиях, когда либо происходивших на этом участке (рис.5). По результатам полевого обследования дорожные службы делают заключение о степени угрозы для железнодорожной инфраструктуры, выявленных по результатам спутникового мониторинга негативных факторов, и при необходимости дают рекомендации по проведению защитных мероприятий на данном участке.

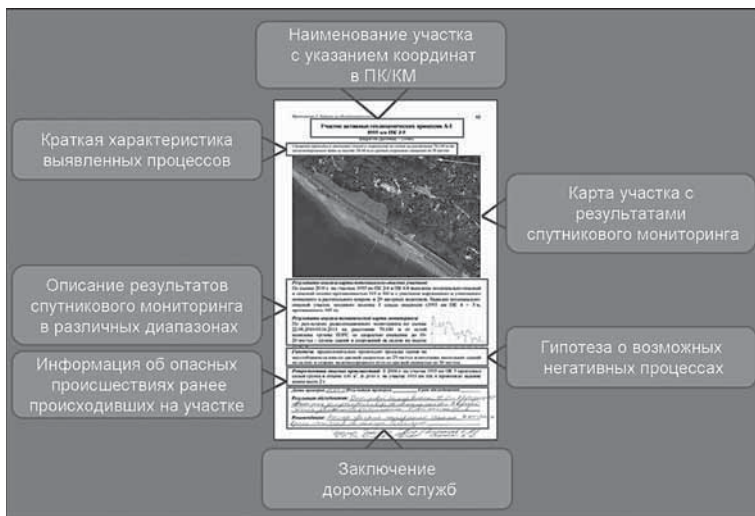


Рис.5. Структурированная форма задания на обследование/осмотр.

Вся собранная из различных источников в процессе спутникового мониторинга и натурных полевых обследований информация аккумулируется в сетевой геоинформационной системе «Геопортал РЖД», которая позволяет проводить совместный анализ накопленных данных.

Одной из важных задач при создании системы мониторинга было приведение всех получаемых данных к единой системе координат, осложняло решение этой задачи использование причастными службами ОАО «РЖД» линейной эксплуатационной координатной системы (пикеты/километры/метры), при том, что километровые и пикетные столбики имеют нерегулярную расстановку, и их расположение не связано с глобальными геодезическими системами координат. Для решения этой проблемы было организовано проведение измерения положения всех пикетных и километровых отметок на линии Туапсе–Адлер с помощью высокоточного спутникового навигационного оборудования в дифференциальном режиме, что позволило увязать линейную эксплуатационную систему координат с глобальной геодезической с точностью до 10 см, что дало возможность с высокой точностью позиционировать в геоинформационной системе информацию, поступающую от дорожных служб.

В период становления система мониторинга, основанная на современных спутниковых и геоинформационных технологиях, претерпела множество изменений и прошла путь от набора разрозненных методик диагностики до адаптированной к реальным условиям содержания земляного полотна комплексной системы мониторинга и прогнозирования, вобравшей в себя не только инновационные спутниковые методы, но и комплекс наземных, в том числе геологических обследований. Комплексный геотехнический мониторинг с использованием материалов спутниковой съемки начал занимать прочную позицию в сложившейся системе наблюдения за неустойчивыми местами земляного полотна железнодорожного пути, принятую в путевом хозяйстве ОАО «РЖД». В дальнейшем развитие данного подхода позволит дополнить информационно-технологическую составляющую системы ведения путевого хозяйства ОАО «РЖД» технологиями глобального монито-

ринга, обеспечивающими получение достоверной информации о взаимодействии объектов железнодорожной инфраструктуры и разнообразных природных факторов [7].

Опыт применения системы мониторинга показал, что первоочередная реализация мер по ремонту, укреплению и строительству защитных сооружений на наиболее опасных участках в условиях ограниченных ресурсов позволила предотвратить ряд аварийных ситуаций, связанных с прогнозируемыми опасными воздействиями. Перспективными полигонами внедрения системы являются участки железных дорог в предгорных и горных районах, на территориях, подверженных развитию эрозионных или карстовых процессов, проходящих по берегам морей, рек или водохранилищ, в зоне распространения многолетнемерзлых пород.

Литература

1. Ашпиз Е.С. Комплексные подходы к обеспечению защиты железнодорожного пути от неблагоприятных природных воздействий в прибрежных и горных районах // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2013, № 2. – С.67–73.
2. Макаров А.Ю., Василейский А.С., Карелов А.И. Спутниковый мониторинг потенциально-опасных воздействий на железнодорожную инфраструктуру // Труды ОАО «НИИАС». Сборник научных трудов. – Вып.9. – М.: ООО «Группа ИТД», 2011. – С.77–84.
3. Costantini M., Falco S., Malvarosa F., Minati F. A new method for identification and analysis of persistent scatterers in series of SAR images / Proc. Int. Geosci. Remote Sensing Symp. (IGARSS), Boston MA, USA, 7–11 July 2008. – P. 449–452.
4. Василейский А.С., Карелов А.И., Лобанов И.А. Анализ и верификация результатов спутникового мониторинга потенциально опасных воздействий на объекты железнодорожной инфраструктуры на участке Туапсе-Адлер / 10-я всероссийская открытая ежегодная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»;

- Москва, ИКИ РАН, 12–16 ноября 2012 г. Сборник тезисов конференции. – М.: ИКИ РАН, 2012. – С.341.
5. Василейский А.С., Карелов А.И., Лобанов И.А. Наземная верификация результатов спутникового мониторинга железнодорожной инфраструктуры / Материалы VII Международной конференции «Космическая съемка — на пике высоких технологий», Москва, 17–19 апреля 2013 г.
 6. Василейский А.С., Михайлов С.И., Черноморец С.С. Мониторинг потенциально опасных воздействий на объекты железнодорожной инфраструктуры на участке Туапсе-Адлер с использованием данных спутниковой съемки / Земля из космоса – наиболее эффективные решения, 6-я международная конференция, Москва 2–4 октября 2013 г. Сборник тезисов. – М.: ИТЦ СканЭкс, 2013. – С. 93–95.
 7. Железнов М.М. Развитие и внедрение инновационных технологий в информационно-технологическую систему технического обслуживания железнодорожного пути / Путь и путевое хозяйство. Взаимодействие колеса и рельса. Научные труды ОАО «ВНИИЖТ». – М.: Интекст, 2013. – С. 99–103.

УДК 656.222.3

Бородин А.Ф., Иванков А.Н.,
Крылов А.С., Панин В.В., Шипулин Н.П.

Схема разрешения и Программа развития сортировочных станций ОАО «РЖД»

Ключевые слова:

сеть сортировочных станций, управление вагонопотоками, динамичность транспортных связей, план формирования грузовых поездов, оптимизация

Краткий исторический обзор исследовательских и проектных работ

Железные дороги органично интегрированы в единую транспортную систему Российской Федерации. Во взаимодействии с другими видами транспорта они удовлетворяют потребности населения, экономики и государства в перевозках [1].

Формирование железнодорожной сети России имеет большую историю. В 1922 г. В.Н. Образцов опубликовал составленный им проект размещения сортировочных станций в европейской части железных дорог России, в основу которого был положен анализ фактических грузопотоков за 1913 г. [2]

С конца 30-х годов XX века задача размещения сортировочных станций на сети стала решаться на основе теории плана формирования поездов. Начиная с конца 1940-х годов, эффективное решение данной задачи для отечественной железнодорожной сети определялось генеральными схемами размещения сортировочных станций. Схемы 1948, 1959, 1970 гг. базировались на составлении грузовых потоков на 15-летнюю перспективу, расчетах по оптимизации распределения сортировочной работы и плана формирования поездов [3].

Важное значение в вопросе размещения сортировочных станций имеют исследования, выполненные в ЦНИИ МПС под руководством К.А. Бернгарда [2,4].

Гипотранстэи и ЦНИИ МПС разработана генеральная схема размещения и развития основных и районных сортировочных станций на 1971–

1980 г., в которой устанавливаются роль и размеры работы существующих и новых станций, типы отдельных станций (односторонняя или двусторонняя), а также уровень их механизации и автоматизации. В основу генеральной схемы положен принцип концентрации сортировочной работы на наиболее крупных технически оснащенных станциях с переключением на них части работы, выполняемой на участковых станциях, и освобождением районных и местных станций от переработки дальних вагонов [5].

В 1985 г. под руководством В.К. Буяновой и Е.В. Архангельского разработан Схема размещения и развития сортировочных станций на период до 2000 г. Характерным для данной схемы явилось первоочередное развитие сортировочных станций для обеспечения обязательной переработки в узлах и снижения на этой базе времени простоя местных вагонов на станциях. Основной эффект от усиления технического потенциала станций обеспечивается за счет сокращения затрат на переработку вагонов и накопление составов поездов, сведения к минимуму задержек поездов на подходах к станции и повторную переработку вагонов [6].

Глубокие геополитические и экономические изменения привели к невозможности реализации Схемы 1985 г. За период 1990–2000 гг. на сети железных дорог России были исключены из числа сортировочных более 20 станций, на девяти станциях закрыты сортировочные системы. Рост объемов перевозок, существенные изменения географии грузопотоков поставили перед ОАО «РЖД» проблему оптимизации увязки развития станционной инфраструктуры с планом формирования грузовых поездов. При этом простое восстановление законсервированных мощностей не дает должной отдачи. Нарастающий дефицит вагонного парка диктует необходимость снижения времени нахождения вагонов на технических станциях и количества таких станций на рейсе вагона [3].

В 2007 г. ОАО «НИИАС» по заданию ОАО «РЖД» разработало «Программу совершенствования работы и развития сортировочных станций на период 2006–2015 годы» (далее Программа до 2015 г.). В 2007 г. указанная Программа до 2015 г. была рассмотрена на научно-техническом совете ОАО «РЖД» и утверждена первым вице-президентом ОАО «РЖД» В.Н. Морозовым.

Первоначально Программой до 2015 года предусматривалось развитие 117 станций, включая 137 сортировочных горок с общим объемом инвестиций около 86 млрд. руб.

В 2008 г. при рассмотрении Программы до 2015 г. на заседании рабочей группы экспертного совета по инвестициям ОАО «РЖД» была рекомендована ее поэтапная реализация. С этой целью ОАО «НИИАС» выполнена корректировка программы, в составе которой был выделен первый этап, предусматривающий до 2015 г. реконструкцию и автоматизацию 22 первоочередных объектов.

В 2009 г. при рассмотрении первого этапа Программы до 2015 г. на заседании рабочей группы экспертного совета по инвестициям ОАО «РЖД» с учетом последствий финансового кризиса и сокращения объема инвестиций в целом по ОАО «РЖД» была дана рекомендация по выделению из состава 22 первоочередных объектов наиболее приоритетных для реализации в 2010-2015 годах – 15 сортировочных систем.

Под руководством профессора Бородина А.Ф. в 2007 г. была разработана методика расчетов по размещению сортировочных станций на сети железных дорог ОАО «РЖД» [7].

Методические решения утвержденной руководством компании Схемы размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 г. (далее – «Схема до 2015 г.») выработаны на основе предшествующих разработок, выполненных под руководством К.А. Бернгарда и В.К.Буяновой. Вместе с тем в разработке Схемы применены многие научно-методические новшества [3].

Основное требование, предъявляемое к «Схеме до 2015 г.» – обеспечить освоение заданного на расчетный год объема перевозок с наилучшими эксплуатационными и экономическими показателями. Поэтому «Схема до 2015 г.» была направлена на создание условий для реализации вариантов организации вагонопотоков, максимально сочетающих улучшение использования подвижного состава, своевременную подачу вагонов под погрузку и доставку грузов при наименьших расходах компании. Для этого намечено:

- обеспечить дальнейшую концентрацию сортировочной работы, в том числе с освобождением участковых станций от переработки транзитных вагонопотоков за счет организации этих потоков на сортировочных станциях;
- привести путевое развитие и техническое оснащение сортировочных станций в соответствие с параметрами, обеспечивающими высокую (близкую к 100%) эксплуатационную надежность работы станций (по приему поездов, по допустимому времени нахождения транзитных вагонов) и оптимизацию технологических режимов обработки составов и групп вагонов.

В отличие от предыдущих «Схем размещения сортировочных станций» в разработке 2007 г.:

1. Обосновываются новые требования к сортировочным станциям и их взаимодействию;
2. Сравниваются не только варианты перераспределения сортировочной работы с дальними вагонопотоками, но и варианты с изменением обязательной переработки, а, следовательно, и обязательного (минимального потребного) развития за счет:
 - технической маршрутизации;
 - специализации ряда станций (сортировочных систем) для работы с местными либо порожними вагонопотоками;
3. Общий вагонооборот сортировочных станций по вариантам не остается неизменным, так как:
 - порядок направления вагонопотоков по вариантам не остается неизменным;
 - по ряду станций транзитные поезда следуют без технических операций и, следовательно, в их вагонообороте не участвуют.

При реализации «Схемы до 2015 г.» предусматривалась корректировка ранее принятой Программы до 2015 г. с учетом требований Схемы, которая с момента своего принятия является основой для разработки инвестиционных программ по сортировочным станциям.

Таким образом, «Программа до 2015 г.» и «Схема до 2015 г.» являются взаимозависимыми проектами, т.е. достижение в полном объеме целей и задач, стоящих в каждом из проектов, предполагает увязанную во времени совместную реализацию обоих проектов в целях определения эффективности инвестиций для ОАО «РЖД» в их реализацию.

С момента утверждения «Программы до 2015 г.» и «Схемы до 2015 г.» в 2007 г. произошли серьезные изменения конъюнктуры товарных рынков, отраслевых стратегий, изменения долгосрочных тенденций социально-экономического развития России и планов развития ключевых партнеров ОАО «РЖД». В связи с чем в ОАО «НИИАС» был выполнен анализ технико-экономических предложений железных дорог, определена приоритетность развития сортировочных станций и расчет технических и стоимостных показателей для корректировки «Программы 2015 г.», где определен перечень из 28-и решающих станций. Совместно с ОАО «ИЭРТ» выполнен расчет коммерческой эффективности комплексной реализации, по результатам которого, произведено утверждение «Актуализированной Программы до 2015 г.» первым вице-президентом ОАО «РЖД» В.Н.Морозовым 2 июля 2012 г.

На текущий момент в ОАО «НИИАС» разработана Схема на период 2016–2025 гг., которая также опирается на утвержденную методику расчетов по размещению сортировочных станций на сети железных дорог ОАО «РЖД» [7].

Сеть сортировочных станций следует развивать с учетом специализации и роли каждой из них в общесетевом распределении сортировочной работы. При этом должны быть установлены пути адаптации их путевого развития к выполняемым функциям, включая [8]:

- увеличение количества сортировочных путей и устройство парков местной работы с устройствами для детальной подборки местных и порожних вагонов (на сортировочных станциях в районах сети с интенсивной грузовой работой);
- укладку удлиненных путей для операций с поездами повышенного веса и длины с обеспечением условий для работы средств механизации технического обслуживания грузовых вагонов (на сортировочных станциях, обеспечивающих работу основных транзитных коридоров);

- устройство специализированных технологических линий для частичной переработки составов и секционированных приемо-отправочных путей для операций с групповыми поездами (на сортировочных станциях, где сохраняются операции по перелому веса и длины составов, и станциях, работающих с поездами ускоренного режима продвижения).

Развитие станций на перспективу 2025 года, согласно Схеме на период 2016-2025 гг., производится при условии последовательного выполнения «Актуализированной Программы до 2015 г.» в полном объеме, также предложенные решения синхронизированы с актуализированной Генеральной Схемой развития сети железных дорог ОАО «РЖД» до 2020 года (протокол научно-технического совета ОАО «РЖД» от 01 апреля 2013 г. №2) (головной исполнитель ОАО «ИЭРТ»), с проектом «Освоение перспективных объёмов перевозок на участке Тайшет – Комсомольск-на-Амуре – Советская Гавань на период до 2020 года» (головной исполнитель ОАО «ИЭРТ»), разрабатываемыми в настоящее время Актуализированной Генеральной Схемой развития Московского железнодорожного узла (головной исполнитель ОАО «ИЭРТ») и Генеральной Схемой развития железнодорожного узла транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области (головной исполнитель ОАО «Ленгипротранс»).

Задачи

Реализация Схемы и Программы до 2025 г. направлена на:

- освоение перспективных объемов погрузки;
- снижение затрат на накопление и переработку транзитного вагонопотока;
- оптимизацию продвижения вагонопотоков по сети ОАО «РЖД» с учетом:
- определения потребности в дополнительных емкостях путевого развития и технической оснащенности сортировочных устройств;
- минимизации затрат на накопление и переработку транзитного потока;
- сокращения числа переработок за оборот, за счет организации дальних сквозных назначений, тем самым сократив эксплуатационные затраты, обрабатывая необходимое количество вагонов на меньшем количестве станций;

- повышения транзитности вагонопотока;
- сокращения порожнего пробега за счет организации дальних сквозных назначений;
- сокращение простоя поездных локомотивов и бригад за счет внедрения технологии с использованием станционных установок опробования автотормозов грузовых поездов (УЗОТ) и, как следствие, увеличить пропускную способность парков отправления.

При разработке Схемы и Программы до 2025 г. учитываются вопросы, связанные с:

- использованием вагонов габарита *Тпр* на сети железных дорог ОАО «РЖД»;
- организацией вагонопотоков и станционной технологии, направленных на снижение экономических потерь и техногенных рисков, связанных с запретом на роспуск груженых и порожних вагонов для перевозки массовых опасных грузов 2-го класса (на основе разработанных технических требований и технологии роспуска с горок).

Для снижения числа переработок и ускорения доставки грузов перспективная Схема и Программа до 2025 г. должны предусматривать:

- 1) организацию на сортировочных станциях прямых технических маршрутов по грузам и грузополучателям;
- 2) повышение доли групповых поездов и уровня детализации подборки вагонов;
- 3) повышение оперативного взаимодействия при колебаниях вагонопотоков и других изменениях эксплуатационной обстановки.

Всё это диктует повышенные требования к схемам путевого развития и техническому оснащению станций.

Перспективную структуру сети сортировочных станций предстоит дополнить эффективной технологией их взаимодействия. Основными компонентами перспективной схемы размещения сортировочной работы, с одной стороны, являются расчетные станции Схемы, где осуществляется работа с дальними транзитными вагонопотоками и работа с гружеными и порожними вагонопотоками полигонов тяготения, и с другой стороны, технические

маршруты по грузам и грузополучателям, групповые поезда, детальная подборка порожних вагонов, концентрация сортировочной и поездной работы, а также комплексы взаимодействующих станций в узлах.

Данные о перспективных потоках

Схема на период 2016–2025 гг. предусмотрена с выделением двух расчетных периодов – 2020 и 2025 гг. Корреспонденции перевозок грузов по сети ОАО «РЖД» за отчетный период и на перспективу разработаны ОАО «ИЭРТ» и приняты в разработку Схемы в соответствии с общими объемами перевозок грузов железнодорожным транспортом, а также с учетом существующих и перспективных направлений перевозок грузов по номенклатуре, видам сообщений и т.п., в рамках работы «Мониторинг Генеральной схемы развития железнодорожного транспорта ОАО «РЖД» на 2020 год с разработкой перспектив развития сети на 2025 год и основных объемных параметров работы сети на 2030 год».

В указанном документе перспективные объемы перевозок грузов (по основным показателям грузовой работы) разработаны в двух вариантах: минимальном и максимальном.

Для разработки перспективной загрузки сети ОАО «РЖД» принят максимальный вариант объемов грузовых перевозок, для реализации которого потребуется соответствующее развитие пропускных способностей железнодорожной сети страны для своевременного удовлетворения транспортных потребностей экономики России.

Максимальный вариант развития грузовых перевозок соответствует инновационному сценарию развития экономики, формируемому в качестве целевого для экономической политики. Этот сценарий характеризуется достаточно высокими темпами восстановления отраслей экономики России до уровня докризисных показателей. Расчетные перспективные объемы перевозок по этому варианту базируются на реализации крупномасштабных проектов (без существенного отставания в сроках от докризисных планов) в добывающей промышленности (с повышением эффективности исполь-

зования месторождений за счет внедрения новых технологий), энергетике, сельском хозяйстве и других секторах экономики. Вариант предполагает благоприятные внешнеэкономические условия для развития российской экономики, прежде всего, восстановление спроса и цен на российскую экспортную продукцию топливно-сырьевых групп.

Основные данные о перспективных потоках на 2020 и 2025 гг. с выделением прироста относительно приведенных среднесуточных значений за 2012 г. представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные данные о перспективных потоках на 2020 и 2025 гг.
с выделением прироста относительно приведенных среднесуточных значений
за 2012 г.

Показатель	Величина показателя		Прирост относительно приведенных среднесуточных значений за 2012 г.	
	на 2020 г.	на 2025 г.	на 2020 г.	на 2025 г.
Перспективные объемы погрузки грузов	1737,70 млн. т.	1901,20 млн. т.	+38,00%	+41,50%
Грузооборот	2978,00 млрд. ткм	3154,10 млрд. ткм	+27,00%	+28,59%
Процент маршрутизации	47,30%	49,00%	+6,80%	+8,50%

Таким образом, согласно данным ОАО «ИЭРТ», уровень маршрутизации значительно выше существующего, что обусловлено опережающими темпами роста отправления грузов маршрутами по сравнению с общим ростом объемов отправления грузов по сети. Это ведет к уменьшению объема переработки транзитных вагонов в узлах сети и, как следствие, приводит к снижению потребности в инвестициях на развитие сортировочных мощностей имеющихся станций. С другой стороны уровень перспективных потоков до 2025 г. ставит задачи необходимости дополнительных компенсирующих мощностей по полигонам массового зарождения и погашения вагонопотоков.

При этом необходимо отметить, что прирост перспективных объемов погрузки грузов на период 2025 г. относительно прогнозов на 2020 г. составил 3,5%, соответственно прирост грузооборота – 1,59%, прирост процента маршрутизации – 1,7%.

Рост производительности работы сортировочных станций напрямую влияет на освоение перспективного грузооборота и, как следствие, участвует в формировании прибыли ОАО «РЖД». Если в этих условиях оставить неизменными принципы распределения сортировочной работы и её технологию, то это вызовет неизбежное снижение транзитности вагонопотоков и замедление доставки грузов по причине нарастания дефицита станционных мощностей.

Отбор расчетных узлов

В настоящее время сеть сортировочных станций ОАО «РЖД» насчитывает 57 сортировочных станций, из них 32 важнейших, согласно Распоряжению ОАО «РЖД» от 22.10.2007 №2019р. На выделенных 32 важнейших сортировочных станциях концентрируется сетевая сортировочная работа с дальними транзитными вагонопотоками.

Согласно Методике [7] перспективная сеть взаимодействующих сортировочных станций должна обеспечивать:

- 1) наиболее рациональную систему организации и высокий уровень транзитности вагонопотоков;
- 2) создание необходимых резервов мощности и маневренности в работе сети;
- 3) рациональную организацию местной работы и порожних вагонопотоков;
- 4) условия для рационального взаимодействия транспортных систем в крупных морских и речных портах и на пограничных переходах;
- 5) условия для рационального взаимодействия ОАО «РЖД» с владельцами подвижного состава и независимыми перевозчиками;
- 6) выполнение требований мобилизационной готовности железнодорожного транспорта.

Исходя из этих требований, в число расчетных узлов должны быть включены:

- 1) узлы с существующими сортировочными станциями, выполняющими основную работу по формированию и расформированию поездов сетевого и внутريدорожного плана с общей переработкой в последнем отчетном году не менее 1000 вагонов/сут;
- 2) узлы с существующими сортировочными станциями (или развитыми сортировочными устройствами грузовых станций) в районах крупных портов, пограничных переходов и промышленных комплексов;
- 3) узлы с перспективными объемами «обязательной переработки» немаршрутизированных вагонопотоков не менее 800–1000 вагонов/сут, в том числе узлы примыкания новых железнодорожных линий;

«Обязательная переработка» включает переработку местных вагонопотоков станции, а также переработку участкового потока с прилегающих к станции участков, обеспечивающего связность графа назначений плана формирования.

- 4) существующие и перспективные узлы примыкания железнодорожных линий с различными унифицированными нормами веса и длины грузовых поездов;
- 5) дополнительные узлы в районах с развивающимся грузооборотом при загрузке существующей сортировочной станции в последнем отчетном году свыше 75% и невозможности ее дальнейшего развития.

Перспективная сеть сортировочных станций должна содержать следующие группы по уровням организации вагонопотоков:

- 1) сетевые сортировочные станции, связанные сетью сквозных назначений поездов таким образом, что вагон, попадающий на любую сетевую сортировочную станцию, продвигается до любой другой сетевой станции в сквозных поездах, имея операции по переработке или перецепке групп только на станциях из числа сетевых;
- 2) межгосударственные сортировочные станции, расположенные на подходах к пограничным переходам и обеспечивающие работу по организации вагонопотоков в межгосударственном сообщении;

3) сортировочные станции дорожного уровня, которые, взаимодействуя с промышленными сортировочными станциями, обеспечивают обязательные транспортно-технологические связи, работу с групповыми поездами, организацию местных вагонопотоков с детализацией до грузовых фронтов и вагоно-мест, детализированную подборку порожних вагонов, а в случаях резких изменений эксплуатационной обстановки берут на себя функции вспомогательных для станций сетевого уровня.

Техническое развитие, технология работы и план формирования поездов для сортировочных станций сетевого и межгосударственного уровня должны находиться в ведении сетевого уровня управления отрасли, а оперативный контроль и организация взаимодействия этих станций – в ведении сетевого центра управления перевозками.

Таким образом, в рамках Схемы на период 2016-2025 гг. выделены к расчету следующие основные станции сети железных дорог ОАО «РЖД»:

- 32 важнейшие сортировочные станции сетевого уровня: – Санкт-Петербург-Сортировочный-Московский, Орехово-Зуево, Бекасово-Сорт., Рыбное, Нижн. Новгород-Сорт., Лянгасово, Юдино, Агрыз, Ярославль -Гл., Лоста, Лихая, Лиски, Кочетовка 1, Им. Максима Горького, Пенза 3, Кинель, Дема, Октябрьск, Пермь-Сорт., Войновка, Екатеринбург-Сорт., Каменск-Уральский, Челябинск-Гл., Инская, Алтайская, Московка, Входная, Красноярск-Вост., Тайшет, Иркутск-Сорт., Карымская, Хабаровск 2;
- 25 сортировочных станций дорожного уровня – Беломорск, Шушары, Волховстрой 1, Смоленск-Сорт., Люблино-Сорт., Перово, Лосиноостровская, Брянск-Льговский, Сольвычегодск, Батайск, Тихорецкая, Краснодар-Сорт., Валуйки, Анисовка, Сызрань 1, Рузаевка, Смычка, Серов-Сорт., Бердяуш, Орск, Оренбург, Карталы 1, Белогорск 2, Комсомольск-Сорт., Уссурийск;
- 18 участковых станций (Великие Луки, Узловая 1, Муром 1, Иваново-Сорт., Елец, Ртищево 1, Махачкала, Верхний Баскунчак, Ульяновск-Центр., Сургут, Петропавловск, Курган, Кулунда, Тайга, Абакан, Но-

вая Чара, Вихоревка, Тында), в числе которых Схемой предусмотрены реконструктивные мероприятия по развитию на расчетные периоды: Абакан, Вихоревка, Тында;

- 7 грузовых станций (Новороссийск, Астрахань 2, Магнитогорск-Груз., Новосибирск-Зап., Новокузнецк-Вост., Кемерово-Сорт, Забайкальск), в числе которых Схемой предусмотрены реконструктивные мероприятия по развитию на расчетные периоды: Новороссийск, Новосибирск-Зап., Забайкальск;
- 1 промежуточная станция, на основе которой предложено строительство новой сортировочной станции: Выходной (Мурманский узел).

Кроме того, Схемой предложено на базе участковой станции Абакан развитие новой сортировочной системы. Также учтены принятые руководством Компании ОАО «РЖД» решения по строительству на свободных площадках новых сортировочных станций (по состоянию на 04.2013 г. не существующих):

- *Лужская-Сортировочная* – для новой сортировочной станции, на базе существующей грузовой-припортовой станции, выбранная площадка располагается на южном берегу Финского залива с примыканием двух подходов: со стороны Санкт-Петербурга (Калище – Котлы) и со стороны Веймарна;
- *Портовая (Тамань)* – выбранная площадка для новой станции располагается недалеко от г. Тамань с примыканием к станции Вышестеблиевская.

Специфика распределения сортировочной работы между станциями Московского железного узла, в том числе Лосиноостровская и Ховрино, предусматривается в разрабатываемой в настоящее время ОАО «ИЭРТ» актуализацией Генеральной Схемы развития Московского железнодорожного узла. Станция Калининград-Сорт., по прежнему, по характеру работы рассматривается в качестве грузовой-припортовой, а станция Черняховск, как участковая межгосударственная передаточная.

Основные положения расчета

Оптимизационные расчеты произведены с помощью Автоматизированной системы разработки сетевого плана формирования грузовых поездов и порядка направления вагонопотоков (АС СПФ). Назначением данной системы является расчет эффективных вариантов организации вагонопотоков. Расчет производится по критерию минимизации эксплуатационных затрат, а также с учетом технического развития станций и пропускной способности участков.

На основе данных о перспективных грузопотоках по основным родам грузов на расчетные периоды 2020 и 2025 гг., произведены по два расчета оптимального плана формирования:

- 1) *Базовый вариант* – оптимальный план формирования с инфраструктурными ограничениями, вагонопотоки 2020 г. (2025 г.), техническое развитие участков 2020 г. (2025 г.), типовые нормы обработки составов в парках, механизация и автоматизация горок по состоянию на 2015 г. (реализация Актуализированной Программы развития сортировочных станций до 2015 г. в полном объеме);
- 2) *Результурующий вариант* – оптимальный план формирования с инфраструктурными ограничениями, вагонопотоки 2020 г. (2025 г.), техническое развитие участков 2020 г. (2025 г.), типовые нормы обработки составов в парках, механизация и автоматизация горок по состоянию на 2020 г. (2025 г.) с учетом реконструктивных мероприятий.

Результаты расчетов по Базовому варианту позволили определить потери и дефициты мощности распределения сортировочной работы и развития станций, что позволяет сформировать Результирующий вариант Схемы, с учетом обоснования:

- необходимости предлагаемых реконструктивных мероприятий по станциям для возможности освоения перспективных объемов перевозок с учетом надежности работы станций и времени нахождения на них транзитных вагонов с переработкой;
- технически допустимых размеров переработки и числа назначений формируемых поездов;

- потребности в накопительных и регулирующих емкостях путевого развития.

Набор реконструктивных мероприятий

Для обеспечения освоения перспективного объема перевозок с оптимальными эксплуатационными и экономическими показателями, предусмотрены различные мероприятия по ликвидации соответствующих дефицитов технически допустимых мощностей станций. В этот перечень вошли мероприятия, такие как, выправка продольного профиля горок и сортировочных путей, механизация и автоматизация сортировочных систем, укладка новых и удлинение существующих путей, восстановление законсервированного путевого развития, строительство новых парков с учетом перевода промежуточных и участковых станций в статус сортировочных, строительство новых станций на свободных площадках и вторых сортировочных систем.

Особенности перспективной организации вагонопотоков и взаимодействия сортировочных станций по основным полигонам сети ОАО «РЖД»

На полигоне железных дорог Востока организация сетевых транзитных вагонопотоков концентрируется на важнейших сетевых станциях Хабаровск-2, Иркутск-Сорт., Тайшет. Кроме того, в связи с развитием на станциях Забайкальск и Уссурийск предполагается сконцентрировать работу по формированию маршрутов из порожних вагонов после выгрузки с подбором по собственникам. Это позволит высвободить необходимые мощности:

- по станции Тайшет для обслуживания местного потока, поступающего в адрес Тайшетского алюминиевого завода;
- по станции Иркутск-Сортировочный для детальной подборки местных вагонов в адрес узла, участка Иркутск-Слюдянка-Улан-Удэ и Улан-Удэнского узла, а также погранперехода Наушки;
- по станции Хабаровск-2 для детальной подборки местных вагонов в адрес узла.

С сетевыми станциями будут взаимодействовать сортировочные станции Комсомольск-Сорт., Карымская, Белогорск, Уссурийск, выполняя сортировочную работу по организации местных и порожних вагонопотоков.

В 2011 году ОАО «РЖД» совместно с ОАО «ИЭРТ» разработан проект «Освоение перспективных объёмов перевозок на участке Тайшет–Комсомольск-на-Амуре – Советская Гавань на период до 2020 года» (далее – проект БАМ).

ОАО «ИЭРТ», на основе проведенного мониторинга планов развития промышленно-сырьевого потенциала зоны тяготения БАМа по срокам реализации проектов и объемам перевозок грузов, планов инвесторов-застройщиков портовых мощностей в Ванино-Совгаванском транспортном узле по срокам ввода и объемам перевалки грузов, произведена корректировка основных перспективных корреспонденций и грузовых потоков на 2020 год по родам грузов в сообщении с Ванино-Совгаванским транспортным узлом.

В результате разработанные прогнозные объемы перевозок грузов в сообщении с Ванино-Совгаванским транспортным узлом (в направлении туда/обратно) составляют: на 2015 г. – 41,3 млн тонн и на 2020 г. –

58,1 млн тонн. На перспективу 2025 г. также прогнозируется рост объемов перевозок.

В проекте БАМ рассмотрены варианты полного освоения перспективных объемов перевозок грузов в сообщении с Ванино-Совгаванским транспортным узлом и вариант, в связи с ограниченностью ОАО «РЖД» в инвестиционных ресурсах, при объеме инвестиций в увеличение пропускной способности участка Тайшет – Комсомольск-на-Амуре не более 5 млрд. рублей в год.

Настоящей Схемой в дополнение предусмотрено:

1. Восстановление механизированной горки по станции Вихоревка. Станция будет специализирована для подбора вагонов, поступающих в адрес Братского узла, станций Багульная, Моргудон, Анзеби, формирования сборных и сборно-участковых поездов на станции Лена-Восточная, Усть-Илимск, Коршуниха-Ангарская, Северобайкальск. Станция Вихоревка должна снять дефицит перерабатывающей способности по станции Тайшет (нечетная система);

2. Реконструкция станции Забайкальск в соответствии с технологической документацией по титулу «Развитие станции Забайкальск Забайкальской железной дороги. Реконструкция сортировочной системы колеи 1435 мм»;
3. Открытие горки средней мощности станции Тында. По станции Тында по данным на 2020 и 2025 гг. увеличивается объем местной работы по формированию вывозных и участковых поездов в адрес станций при-мыкания при массовом освоении Южной Якутии и увеличении отгрузки угля по Беркакитскому узлу, вводе в эксплуатацию Инаглинского горно-обогательного комбината (ГОКа), Селигдарского ГОКа, Таежного и Дёсовского месторождений, а также Эльконского ГОКа (примыкание к станции Томмот), запуске Эльгинского ГОКа. Большой объем сортировочной работы будет обусловлен широкой номенклатурой поступающих грузов для обеспечения жизнедеятельности вахтовых поселков и функционирования горно-обогательных комбинатов, выполнения Северного завоза в отдаленные районы Якутии, а также необходимостью организации технических маршрутов из отгружаемого сырья и сортировки порожних вагонов по типу подвижного состава, собственникам, категории годности под погрузку. Для формирования отправительских маршрутов, подборки вагонов по маркам и фракциям на станции Верхний Улак предусматривается строительство приемо-отправочного парка на 12 путей, сортировочного парка на 12 путей для обслуживания линии Верхний Улак – Эльга, а также строительство ПТО, ТОР, пункта подготовки вагонов под погрузку;
4. Строительство дополнительного пучка из 8 путей в сортировочном парке станции Комсомольск-Сортировочный. Передача функций предпортовой сортировочной станции в связи с примыканием новых балкерных терминалов по станции Дюанка и отсутствием возможности создания и развития сортировочных мощностей на направлении Комсомольск-Ванино;
5. Развитие станции Уссурийск по продольной схеме с числом путей в парках: приема – 14 путей, сортировочном – 32 пути, отправочном – 16.

Предлагаемая специализация станций Уссурийского узла:

- станция Уссурийск-1 - пропуск транзитного потока без переработки, накопление и формирование порожних маршрутов;
- станция Уссурийск-2 - пропуск транзитного потока с переработкой, выполнение функции компенсирующей емкости;
- – дублирование назначений поездов станции Хабаровск-2 в адрес портов, а также детальная подборка вагонов в адрес станции Хасан, порта Посъет, станции Гродеково, формирование порожних маршрутов из выгруженных вагонов по собственникам и категории годности под погрузку.

На полигоне Красноярской и Западно-Сибирской железных дорог возрастает роль станции Красноярск-Восточный, где предстоит установить ряд назначений поездов, следующих транзитом через Западно-Сибирскую и Восточно-Сибирскую дороги. На станции предстоит уложить дополнительный пучок из 8 путей, второй путь роспуска, что позволит ликвидировать дефицит перерабатывающей способности по станции. Дополнительно предусматривается полупетлевой ввод разборочных поездов в парк приема, что позволит осуществлять прием четных разборочных поездов со стороны станции Базаиха без сечения маршрутов приема - отправления пассажирских поездов и нечетных грузовых. Кроме того является целесообразным строительство третьего главного пути до станции Сорокино, которая является зонной станцией оборота пригородных составов. Это мероприятие позволит сократить простои четных поездов в ожидании отправления со станции и беспрепятственно принимать нечетные грузовые поезда на станцию, как в транзитный парк, так и в предгорочный. Весь комплекс мероприятий позволит снять дефициты перерабатывающей способности по станции, улучшить условия обслуживания предприятий Красноярской агломерации, ускорить продвижение местного груза.

В расчетный период 2016-2025 гг. станция Красноярск-Восточный работает с четным и нечетным вагонопотоком. Схемой предусмотрено развитие станции Красноярск-Вост. (укладка дополнительных 8 сортировочных пу-

тей, строительство полупетлевого ввода для приема разборочных поездов в парк прибытия с не преимущественного направления, строительство третьего главного пути до станции Сорокино).

Рост объемов перевозок топливных и рудно-металлургических грузов требует усиления сортировочных мощностей в Южном Кузбассе. Эту задачу на выходе с Южного Кузбасса будет решать строительство новой сортировочной системы на базе существующего парка Укладочный, что позволит:

- снизить переработку на 3500-4000 вагонов/сут на станциях Екатеринбург-сорт., Челябинск-гл., Пермь-сорт., Лоста, Н.Новгород-сорт., Перово, Кинель, Юдино, Канаши и ряде других;
- снизить потребность в развитии станций, освобождаемых от переработки;
- улучшить условия для организации поездов повышенного веса и длины, а также регулирование подвода поездов к пунктам выгрузки;
- ускорить доставку грузов в технических маршрутах, формируемых данной станцией, не менее чем на 1 – 1,5 сут.

Для выполнения функции компенсирующей емкости Южного Кузбасса, подбора вагонов для Южного хода Красноярской железной дороги, сортировки груженых и порожних вагонов для станций, обслуживающих промышленные предприятия Хакасии, Схемой предложено развитие станции Абакан по продольной схеме – последовательно имеющемуся приемо-отправочному парку, который будет выполнять роль парка приема, укладываются сортировочный парк и парк отправления. Развитие станции Абакан должно рассматриваться в комплексе со строительством сплошных вторых путей по направлению Междуреченск – Абакан – Тайшет.

В Новосибирском узле предусмотрено восстановление для сортировочной работы станции Новосибирск-Западный с открытием горки малой мощности, которая возьмет на себя детализированную подборку вагонов в передачах на грузовые станции узла и разделение вагонопотоков местного зарождения по сортировочным системам станции Инская, что ускорит продвижение местного груза, снизит риски с нарушением сроков доставки грузов.

Наряду с уменьшением времени нахождения местных вагонов в узле, такое решение (в сочетании с повышением транзитности вагонопотоков за счет работы станции Красноярск-Восточный) позволит высвободить мощности нечетной системы станции Инская. Это даст возможность формировать здесь прямые технические маршруты по грузам и грузополучателям из вагонов, которые поступают в Инскую в групповых отправлениях и в маршрутах в расформирование.

В перспективе 2025 года предусмотрено увеличение поступления в Кузбасс порожних полувагонов с грузоперевалочных пунктов (портовых и пограничных станций), расположенных на станциях Санкт-Петербург-Сортировочный-Московский, Лужская, Выходной (новая станция), Брянск-Льговский, Смоленск-Сорт., Казинка. Это снизит загрузку станции Входная и отдалит потребность развития сортировочных станций Омского узла.

На полигоне Кузбасс – Северо-Запад в пределах Свердловской, Горьковской и Северной железных дорог в основном сохранится действующая схема взаимодействия сортировочных станций. При этом освоение дополнительной переработки и формирование новых назначений сквозных поездов будут обеспечиваться в основном за счет уже осуществляемых и запланированных работ по техническому оснащению горок и удлинению путей согласно Актуализированной Программе до 2015 г.

На Октябрьской железной дороге Схема учитывает строительство станции Лужская-Сорт. и усиление подходов к ней в соответствии с актуализированной Генеральной Схемой развития Усть-Лужского железнодорожного узла (генеральная проектная организация ОАО «Ленгипротранс») в рамках проекта «Комплексная реконструкция участка Мга – Гатчина – Веймарн – Ивангород и железнодорожных подходов к портам на южном берегу Финского залива». Это позволит формировать здесь порожние маршруты, контейнерные поезда, осуществлять подбор груженых вагонов, следующих на перевалку в адрес порта по грузовым фронтам, причалам и терминалам, сортировку порожних вагонов по роду подвижного состава, категории годности под погрузку и по собственникам для заадресовки на станции погрузки,

и в целом исключить отправление из данного узла неорганизованных вагонопотоков на сеть.

Также для освоения перспективного потока Схемой предусмотрено развитие технического оснащения Мурманского узла за счет строительства предпортовой сортировочной станции – Выходной. В специализацию новой сортировочной станции Выходной входят: подбор немаршрутизированных груженных вагонов в составе судовых партий для станций узла: Кола, Мурманск, Комсомольск-Мурманский, Махнаткина Пахта (новая станция), угольного и нефтяного терминалов станции Лавна (новая станция), сортировка и подбор местных вагонов для станций Никель-Мурманский и Ваенга, сортировка по собственникам порожних вагонов и формирование из них технических маршрутов.

В настоящее время Генеральная схема развития железнодорожного узла транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области в настоящее время дорабатывается головным исполнителем ОАО «Ленгипротранс» (Исх.№6197 от 13.04.2013). В этой связи, рассмотрение вопроса об утверждении данного документа и синхронизации принимаемых решений по развитию сортировочных станций узла представляется преждевременным.

Одна из основных целей разработки – это осуществление системы мероприятий, обеспечивающих строительство и эксплуатацию перспективной высокоскоростной магистрали Санкт-Петербург – Москва. В состав разработки должны быть включены мероприятия по реконструкции и строительству инфраструктуры, позволяющие обеспечить развитие пригородных и внутригородских перевозок.

Мероприятия по выносу сортировочной работы со станции Санкт-Петербург-Сортировочный-Московский за административные границы г. Санкт-Петербург с последующей ликвидацией станции, а также строительство новой сортировочной станции Малукса не соответствуют актуализированной Генеральной Схеме развития сети железных дорог ОАО «РЖД» до 2020 года (протокол научно-технического совета ОАО «РЖД» от 01 апреля

2013 г. №2). Кроме того, Актуализированной Программой развития сортировочных станций до 2015 г. предусматривается развитие и техническое перевооружение четной и нечетной сортировочных систем станции Санкт-Петербург-Сортировочный-Московский. При этом необходимо отметить, что вынос станции Санкт-Петербург-Сортировочный-Московский не влияет на перераспределение общесетевой сортировочной работы.

Географическое расположение Вологодского железнодорожного узла обусловлено пропуском значительных объемов груженных вагонопотоков в адрес портов Северо-Запада России со стороны Свердловской и Горьковской железных дорог и северной части Большого кольца Московского железнодорожного узла и порожних вагонопотоков в обратном направлении. Для перераспределения сортировочной работы на направлениях Екатеринбург–Пермь–Лянга-сово–Волховстрой– Санкт-Петербург и Ярославль–Вологда–Обозерская настоящей Схемой предложено строительство второй сортировочной системы станции Лоста. Новая сортировочная система сосредоточится на формировании прямых технических маршрутов из порожних вагонов в адрес станций Западно-Сибирской, Свердловской, Горьковской железных дорог из вагонопотоков, зарождающихся на полигонах Октябрьской и Северной дорог.

Центральный регион.

В Центральном регионе специфика распределения сортировочной работы обусловлена разрабатываемой в настоящее время ОАО «ИЭРТ» актуализацией Генеральной Схемы развития Московского железнодорожного узла, которая опирается на следующие основные принципы:

- превращение пригородного движения в Московском железнодорожном узле (далее – Мосузел) в пригородно-городское, интенсификация интермодального движения электропоездов из аэропортов в Москву и организация движения между ними, развитие системы тактовых пригородных перевозок между Москвой и крупными городами Московской области;

- развитие скоростных и высокоскоростных пассажирских перевозок в связях Москвы с крупными региональными центрами;
- решение задачи максимальной разгрузки железнодорожного узла от транзитных грузовых перевозок и оптимизация грузовой работы в самом узле.

До настоящего времени информации от Правительства г. Москва, Правительства Московской области и других причастных ведомств о планах развития присоединенных территорий «новой» Москвы не имеется, что затрудняет возможность точно спрогнозировать грузо- и пассажиропотоки в Мосузле и сформировать мероприятия по их освоению.

По прогнозам ОАО «ИЭРТ» весь вагонопоток с тыловых сортировочных станций назначением на станции Мосузла будет поступать на существующие сортировочные станции Бекасово-Сорт., Орехово-Зуево и Ожерелье. Входящий грузопоток, поступающий в Мосузел с внешней сети, необходимый для обеспечения города, будет передаваться с сортировочных станций, расположенных на БМО, на районные сортировочные станции Люблино-Сорт. и Перово. Радиальные направления будут обслуживаться сортировочными станциями Орехово-Зуево, Ожерелье и Бекасово-Сорт. Между сортировочными станциями предусматривается обращение передаточных поездов. Развоз груза на станции БМО будет осуществляться сборными поездами формирования 3-х сортировочных станций. Технология вывоза груза будет осуществляться аналогично.

Возможность реализации предусмотренных вариантов развития Московского железнодорожного узла (по данным ОАО «ИЭРТ») сопряжена с значительным числом влияющих факторов. Выбор варианта развития должен быть определен на дальнейших стадиях проработки с учетом позиции Правительства г. Москва по этому вопросу. После чего, требуется проведение соответствующих проектно-изыскательских работ, в том числе по развитию и реконструкции сортировочных станций Бекасово-Сорт., Орехово-Зуево и Ожерелье.

Настоящей Схемой предусмотрено:

1. Строительство второй сортировочной системы станции Орехово-Зуево: 9 путей приема, 22 сортировочных пути, 10 путей в парке отправления ПО-1, 9 путей парке отправления ПО-2, 3 вытяжных пути формирования, 2 пути надвига/ропуска на сортировочной горке;
2. Строительство нового сортировочного комплекса станции Ожерелье: 7 путей приема, 18 сортировочных пути, 10 путей в парке отправления, 2 вытяжных пути формирования, 2/1 пути надвига/ропуска на сортировочной горке, 4 транзитных пути.

На полигоне Кузбасс – Азово-Черноморский регион не снижается роль комплекса сортировочных станций Южно-Уральской и Куйбышевской железных дорог. Важнейшие сетевые «сортировки» Челябинск-Главный, Кинель, Октябрьск и Пенза-3 должны регулировать продвижение сетевых вагонопотоков за счет ввода и отмены дополнительных сквозных назначений, вовремя реагируя на изменения вагонопотоков и оперативной обстановки. Сортировочные станции Карталы-1, Орск, Оренбург, Дема и Рузаевка будут выполнять организацию местных и порожних вагонопотоков с развитием в объемах утвержденных программ. Станция Дема наряду с сортировкой порожних цистерн под погрузку и формированием наливных маршрутов будет выполнять функции вспомогательной сортировочной станции полигона тяготения Южно-Уральской железной дороги в частности для станций Челябинск-Главный, Бердяуш, которые не имеют возможности для дальнейшего развития, т.к. находятся на застроенной территории.

Дополнительное путевое развитие станции Дема позволит создать резервные емкости для стабилизации работы стыкового пункта Кропачево.

Приволжская и Северо-Кавказская железные дороги должны иметь существенный потенциал сортировочных мощностей для обеспечения перспективных объемов грузовой работы, регулирования подвода грузопотоков в порты Южного региона, организации порожних вагонопотоков для своевременного возврата на дороги массовой погрузки. Наиболее существенное усиление

предусмотрено по станции Им. М. Горького, выполняющей главную роль в организации транзитных и местных вагонопотоков данного региона дорог:

- 1) Развитие станции Им. М. Горького – строительство новой сортировочной системы. Станция расположена на пересечении меридионального хода Сызрань – Саратов – Тихорецкая – Краснодар и широтного – Астрахань – Аксарайская – Лихая – Батайск. Она призвана сыграть роль тыловой сортировочной станции Юга России, разгрузив станции Батайск, Лихая, Тихорецкая, Краснодар-Сортировочный, Минеральные Воды.
- 2) Строительство предпортовой сортировочной станции для обслуживания грузового порта Тамань. Учитывая значительную грузовую базу порта и номенклатуру перерабатываемых грузов (уголь, железорудный концентрат, зерновые, генеральные грузы, грузы с горизонтальным способом грузообработки (Ро-Ро)) предлагается следующая специализация станции: подбор груженных вагонов по фронтам, причалам и терминалам, сортировка порожних вагонов по роду подвижного состава и по собственникам для заадресовки на станции погрузки. Емкость данной сортировочной системы должна компенсировать неравномерность поступления вагонов в порт при сложной метеорологической обстановке.
- 3) Реконструкция станции Дема – учитывая застроенность территории, предлагается ее переустройство в одностороннюю сортировочную станцию с последовательным расположением парков. Принимая во внимание дефицит полезной длины путей и невозможность его ликвидации из-за необходимости масштабных сносов зданий и сооружений, отводом земель целесообразно рассмотреть вопрос формирования по станции групповых поездов. Для расположения объединенного парка прибытия может быть выделена площадка от моста через реку Белая до автомобильного путепровода Демского шоссе через станцию. В качестве парка отправления может выступать Южный парк станции, имеющий выходы на все направления с развязками в разных уровнях и путями достаточной полезной длины (71 условный вагон и более). В процессе реконструкции станции целесообразно сохранить четную сортировочную горку, которая будет осуществлять функции местного сортировочного устройства для

подбора местных вагонов и позволит поэтапно осуществлять строительство и ввод объекта в эксплуатацию, не парализуя его работу полностью. Учитывая ликвидацию углового потока по станции, данный комплекс мероприятий позволит существенно сократить простой транзитных вагонов с переработкой и снизить себестоимость переработки по станции в целом.

Основные результаты

Сеть взаимодействующих сортировочных станций имеет больше возможностей для регулирования, а также может обеспечить гибкое, динамичное управление вагонопотоками с разными требованиями грузовладельцев к режимам доставки, за счет реализации мероприятий Программы до 2015 г. и Схемы на период 2016-2025 гг.

На рисунках 1-5 представлены основные показатели использования путевого развития и технического оснащения станций.

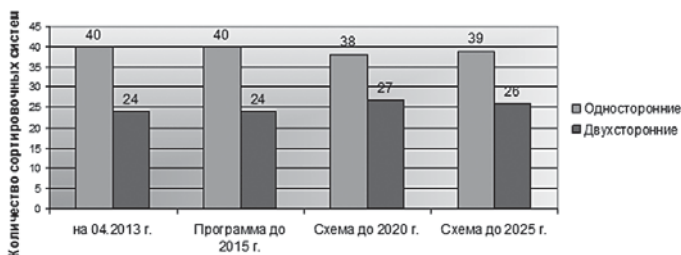


Рис.1. Распределение расчетных станций Схемы на период 2016-2025 гг. в зависимости от числа сортировочных систем

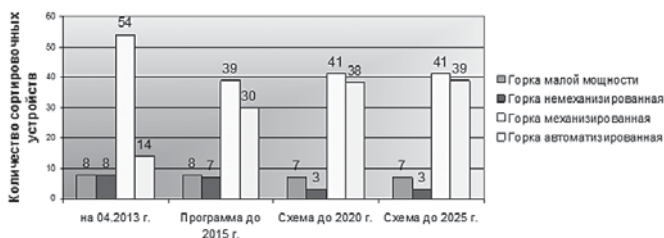


Рис.2. Суммарное техническое оснащение расчетных станций по состоянию на 04.2013 г., а также в соответствии с Программой до 2015 г., Схемой до 2020 г. и Схемой до 2025 г.

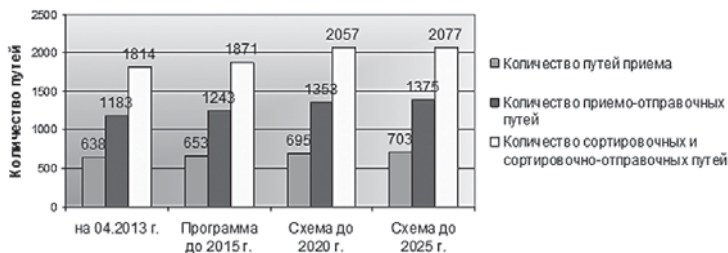


Рис.3. Суммарное число путей расчетных станций по состоянию на 04.2013 г., а также в соответствии с Программой до 2015 г., Схемой до 2020 г. и Схемой до 2025 г.

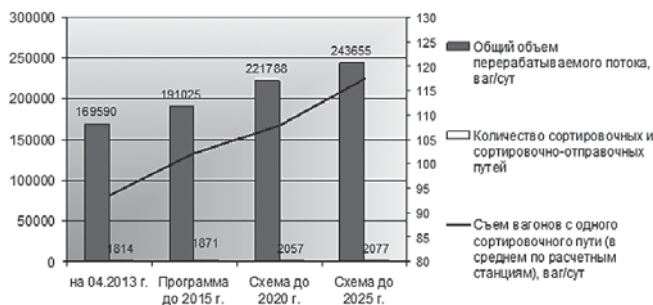


Рис.4. Соотношение общего объема перерабатываемого вагонопотока, количества сортировочных и сортировочно-отправочных путей и величины съема вагонов с одного сортировочного пути

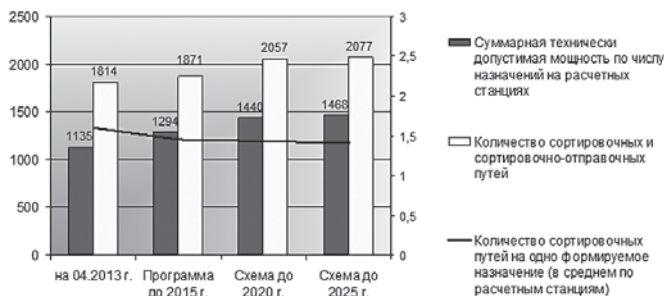


Рис.5. Соотношение суммарной технически допустимой мощности по числу назначений на расчетных станциях, количества сортировочных и сортировочно-отправочных путей и количества сортировочных путей на одно формируемое назначение

Реализация Схемы и Программы до 2025 г. позволит:

- освоить перспективные объемы погрузки 1737,7 млн.т. до 2020 г. и 1901,2 млн.т. до 2025 г.;
- сократить число переработок за оборот вагона с 3,83 до 3,60 (в среднем по сети железных дорог ОАО «РЖД») за счет организации дальних сквозных назначений, тем самым сократив эксплуатационные затраты, обрабатывая необходимое количество вагонов на меньшем количестве станций;
- сократить простой поездных локомотивов и бригад на 40 минут за счет внедрения технологии с использованием станционных установок опробования автотормозов грузовых поездов (УЗОТ) и, как следствие, увеличить пропускную способность парков отправления на 15–20%;
- оптимизировать продвижение вагонопотоков по сети ОАО «РЖД»;
- снизить затраты на накопление и переработку транзитного вагонопотока.

Требования к реализации

Схема и Программа до 2025 г. задают основные инфраструктурные параметры сортировочных станций, которые позволят компании ОАО «РЖД» решить задачу надежного и экономичного транспортного обеспечения экономики страны на период 2016–2025 гг.

Воплощение Схемы в жизнь потребует согласованных усилий причастных департаментов, железных дорог, филиалов по практической отработке и детализации ее принципиальных решений, а именно:

1. Продолжение развития и внедрения систем автоматизированной разработки плана формирования поездов как единой технологии эффективного управления вагонопотоками на сети железных дорог;
2. Повышение транзитности вагонопотоков за счет дальнейшей концентрации сортировочной работы, а также существенного увеличения доли назначений групповых поездов, обеспечивающих ускорение продвижения вагонопотоков при одновременном уменьшении переработки вагонов на горках и снижении потерь в использовании тяговых средств;

3. Обеспечение соблюдения технологии выполнения станционных операций, содержания станционных путей и технических устройств, а также технологии поездной работы с целью обеспечения устойчивого вывоза поездов со станции. Важнейшее значение имеет выполнение нормативов времени обработки составов в станционных парках, установленных распоряжением ОАО «РЖД» N 815р от 24 апреля 2012 г.

С момента своего принятия Схема должна служить основой для формирования технических заданий на проектно-изыскательские работы по сортировочным станциям. Чтобы Схема соответствовала этой роли, необходимо наладить системную работу по *мониторингу ее реализации и своевременной корректировке с учетом динамичности транспортных связей в рыночных условиях, оценкой технологических и инвестиционных рисков*. В рамках такой работы следует, в частности, создать имитационные модели всех сортировочных станций для оценки технологии и технического развития и обеспечить их поддержку в актуальном состоянии. На основе указанных моделей и существующих автоматизированных систем организовать комплексное информационно-технологическое сопровождение реализации инвестиционной программы по развитию сортировочных станций, обеспечивая эффективную организацию вагонопотоков и поездной работы в периоды проведения реконструктивных работ.

Заключение

Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» на период 2016-2025 гг. разработана с учетом накопленного опыта такими учеными, как В.Н. Образцов, К.А. Бернгард, В.К. Буянова, Е.В. Архангельский, А.Ф.Бородин.

Сеть взаимодействующих сортировочных станций, согласно Схеме на период 2016-2025 гг., имеет больше возможностей для регулирования, а также может обеспечить гибкое, динамичное управление вагонопотоками с разными требованиями грузовладельцев к режимам доставки грузов за счет предлагаемых мероприятий на перспективу 2020 и 2025 гг.

Реализация Актуализированной Программы до 2015 года в полном объеме позволяет увеличить суммарную технически допустимую мощность по переработке вагонов на основных сортировочных станциях сети ОАО «РЖД» на 9,97% по отношению к существующему уровню по состоянию на 04.2013 г., соответственно реализация Схемы до 2020 г. – на 18,41% и Схемы до 2025 г. – на 18,57%.

Резерв мощности по допустимому числу назначений формируемых поездов по отношению к числу назначений по действующему плану формирования грузовых поездов при реализации Программы до 2015 г. составляет 162 дополнительных назначения, соответственно при реализации Схемы до 2020 г. – 331 дополнительное назначение, Схемы до 2025 г. – 336 дополнительных назначений.

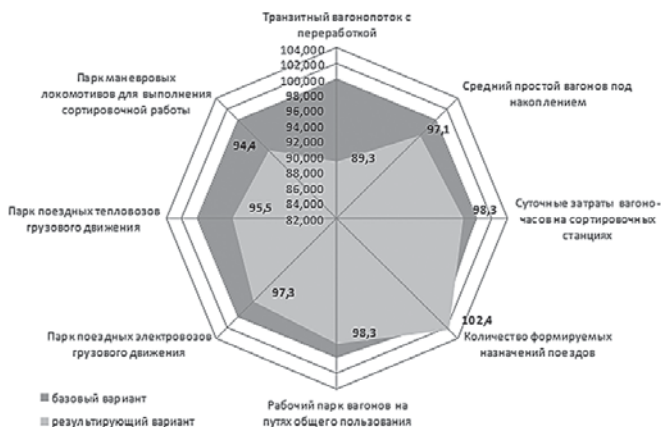


Рис.6. Изменение основных показателей при переходе от базового к результирующему варианту (базовый вариант – действующий вариант плана формирования на потоки 2025 года принят за 100%)

Анализ основных количественных и качественных показателей оптимизации продвижения перспективных потоков 2020 и 2025 гг. и показателей использования вагонного парка и тягово-энергетических ресурсов и качества транспортного обслуживания показывает, что при динамично растущих перспективных потоках необходимо увеличение путевого развития и технического оснащения основных сортировочных станций сети ОАО «РЖД» для возможности снижения затрат, связанных с нахождением вагонопотоков на

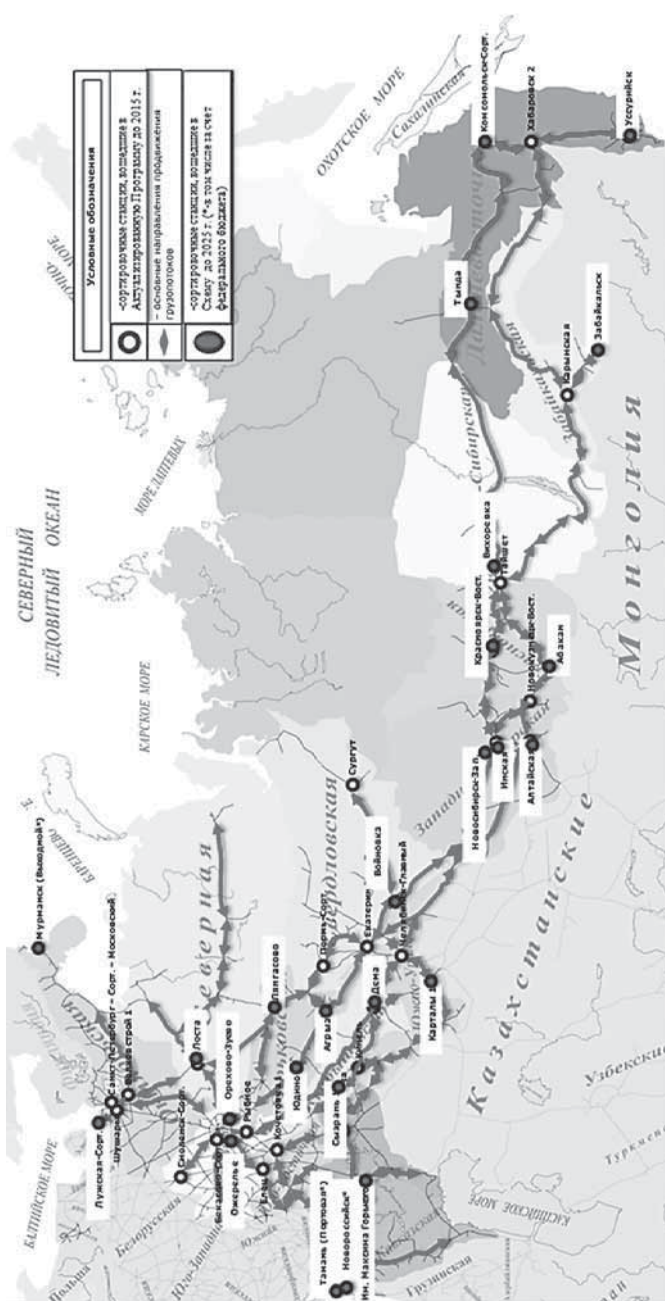


Рис.7. Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» на период 2016–2025 гг.

технических станциях, их переработкой и продвижением по участкам, за счет концентрации работы на более мощных и экономически эффективных объектах инфраструктуры, увеличения транзитности и ускорения продвижения вагонных струй.

Изменение основных количественных и качественных показателей представлено на рис. 6.

Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» на период 2016-2025 гг. представлена на рис. 7.

Литература

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года. Утверждена Распоряжением Правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877-р.
2. Бернгард К.А., Межова Р.В., Шулько В.П. Размещение сортировочных станций (теория и методика расчетов). Труды ЦНИИ МПС, вып. 458, «Транспорт», 1972, стр.1-160.
3. Бородин А.Ф. Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 года / Железнодорожный транспорт.-2008.- №1.-С.48-54.
4. Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С., Моделирование транспортных систем. Изд-во «Транспорт», 1972, стр.1-208.
5. Скалов К.Ю., Савченко И.Е., Ветухов Е.А., Литвиновский Г.А., Нечаева Е.И. Развитие и реконструкция станций и узлов. Изд-во «Транспорт», 1972, стр. 1-286.
6. Буянова В.К., Сметанин А.И., Архангельский Е.В. Система организации вагонопотоков. М.: Транспорт, 1988.
7. Методика расчетов по размещению сортировочных станций на сети железных дорог ОАО «РЖД», утвержденная начальником Департамента управления перевозками ОАО «РЖД» А.Ю. Мироновым в 2007 г.
8. Бородин А.Ф., Агеев Р.В., Крылов А.С., Сиротич М.Б. Размещение, развитие и взаимодействие сортировочных станций// М.: «Железнодорожный транспорт», 2010 г., № 8, с. 15-22.

*Управление
интеллектуальной
собственностью*

Розенберг Е.Н., Раков В.В., Миронов В.С., Вихрова Н. Ю.

Роль патентных исследований в разработках железнодорожной техники

Ключевые слова:

*интеллектуальная собственность, патентные исследования,
НИОКР, патент, технические решения*

Ускорение темпов развития общества ведет к увеличению числа транспортных связей. В области железнодорожного транспорта это приводит к увеличению объемов перевозок, строительству новых железнодорожных путей в различных природных и климатических условиях. Обеспечение своевременного и качественного выполнения таких перевозок требует постоянного совершенствования и создания новых технических средств и технологических процессов. На настоящем этапе развития железнодорожной техники к таким средствам можно отнести:

- интеллектуальные системы управления железнодорожным транспортом, включая – геоинформационные системы, информационно-аналитические и управляющие центры для мониторинга и управления перевозочными процессами и железнодорожной инфраструктурой;
- комплексные автоматизированные системы управления;
- тяговый подвижной состав, в том числе высокоскоростной транспорт большой мощности, высокого коэффициента полезного действия, безопасный и комфортный в управлении;
- интегрированные цифровые системы связи;
- новые технологии диагностики и удаленного мониторинга объектов и устройств инфраструктуры на базе последних достижений науки и др.

Широкий фронт научно-технических работ требует при постановке новой НИОКР глубокой предварительной оценки достижений уровня техни-

ки и технологических процессов, состояния объекта исследования в нашей стране и за рубежом, прогноза конкурентоспособности создаваемых объектов интеллектуальной собственности.

При составлении заявки на включение работы в план и выполнение НИОКР в рамках уже заключенного договора определяющее значение имеет составление технического задания. Техническое задание определяет цель, задачи, принципы разработки, технические, экономические и другие параметры, ожидаемые результаты, порядок, условия и сроки выполнения работ. Техническое задание определяет потребности заказчика и его требования к разрабатываемой продукции [1]. ГОСТ Р 15.201-2000 рекомендует также учитывать в техническом задании интересы всех возможных потребителей создаваемой продукции.

В настоящее время значение технического задания существенно возрастает в связи с введением конкурсной системы закупок научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, определённой Федеральным законом № 223-ФЗ от 18 июля 2011 года «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц». Результаты НИОКР при этом в очень большой степени зависят от формулировок технического задания, которое должно содержать исчерпывающе подробный перечень технических требований к разработке, и быть понятным и доступным для исполнителей [2].

Техническое задание на проведение НИОКР готовится заказчиком или исполнителем (при конкурсной системе – одним из потенциальных исполнителей) по согласованию с заказчиком.

Для того, чтобы обеспечить эффективность выполняемых НИОКР как важнейших элементов инновационного развития, в техническом задании на выполнение работы должен содержаться ряд следующих обязательных требований:

1. Соответствие разработки мировому уровню техники с учетом наиболее перспективных направлений развития техники в данной области и критериям инновационности.
2. Создание технических решений, отвечающих требованиям новизны.
3. Обеспечение правовой охраны полученных результатов.

4. Обоснование требуемого объема и полигона предполагаемого использования результатов НИОКР как необходимое условие достижения показателей, приведённых в технико-экономическом обосновании к НИОКР.

Для создания новых результатов исходные требования заказчика должны содержать указание на принципиальные пути решения поставленной задачи, используемые для этого методы и способы.

Для того, чтобы выполнить эти требования и создавать принципиально новые решения, превосходящие лучшие отечественные и зарубежные образцы, нужно иметь информацию о достигнутом в мире уровне разработок в данной области (о существующем мировом уровне техники)[3, 4].

Получение информации о достигнутом в мире уровне техники в отношении разрабатываемого объекта, сложившихся тенденциях развития данной области техники, а также выявление лучших отечественных и зарубежных аналогов разрабатываемого объекта НИОКР возможно только на основе проведения патентных исследований. Патентные исследования по определению тенденций развития техники и определению мирового уровня техники проводятся в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96 и Методическими рекомендациями по исследованию технического уровня, тенденций развития и конкурентоспособности создаваемых разработок в сфере железнодорожной техники на основе патентной информации [5, 6, 7].

Проведение патентных исследований по заданным направлениям интеллектуальной деятельности в отрасли является неотъемлемой составляющей НИОКР и направлено на создание эффективной наукоемкой продукции. Результаты таких исследований позволяют существенно расширить диапазон и глубину создаваемых инновационных продуктов и выбрать наиболее эффективные направления его перспективного развития. Так, результаты проведения патентных исследований в области железнодорожной технологической связи позволили выявить следующие тенденции развития:

- использование кольцевых архитектур сети в системе цифровой оперативно-технологической связи;

- повышение роли мобильной связи, особенно в чрезвычайных условиях, в обеспечении оперативного обмена информацией между пользователями всех звеньев управления;
- повышение эффективности использования сетевых ресурсов и надежности сетевых соединений за счет включения в систему серверов управления и использования более совершенных и эффективных схем управления.

Выявлен целый ряд технических решений по повышению надежности железнодорожной связи, среди которых такие как:

- создание кольцевой сети оперативно-технологической связи по волоконно-оптическим системам передачи данных (RU2289208 C1 от 10.12.2006);
- создание системы высокоточного определения координат движущихся железнодорожных транспортных средств, обеспечивающих безопасность движения и повышение эффективности управления железнодорожным транспортом (RU2486597 от 27.06.2013);
- создание системы допустимого скоростного режима локомотива и контроль за его соблюдением, определение координаты поезда без участия станционных устройств, числа свободных блок-участков по ходу движения поезда, создание системы взаимодействия между модулями цифровой радиосвязи и спутниковой навигации (RU2262459 от 2010.20.05, RU126303 от 27. 03. 2013);
- создание системы диагностики и удаленного мониторинга железнодорожного пути путем установки вдоль контролируемого участка волоконно-оптического кабеля, датчиков температуры, давления и деформации, передачи данных от датчиков к размещаемым на узловых станциях промежуточным концентраторам информации (RU104904 U8 от 10.01.2012);
- микропроцессорная система интервального регулирования движением поездов с позиционированием подвижных железнодорожных единиц (RU104908 U1 от 27. 05. 2011);
- устройство управления движением поездов по радио с помощью передачи сигналов по кабельному каналу, расположенному вдоль пути с пере-

дачей контрольно-управляющих сигналов от одного участка к другому (JP2010241281 от 28.10.2010);

- способ синхронного управления локомотивом большой мощности на базе системы автоматической защиты поезда/ автоматического управления движением поездов (АТЗ/АТО) (CN102616258 от 01.08.2012
- устройство связи для подвижного состава, в котором надежность передачи данных повышается за счет обеспечения адаптивности к каналу передачи с низким качеством сигнала (CA 2682164 от 25.09.2008) и др.

Проблемным вопросом остаются объемы внутреннего и внешнего патентования в России технических решений по инновационным направлениям на железнодорожном транспорте.

Особенно хорошо это видно на примере сравнительного патентования объектов и технологий в области развития информационных систем.

В России за 20 лет согласно сведениям из Европейской базы данных выявлено 101 техническое решение, из которых по 4 – в 2013 и в 2012 годах.

В Китае в общей сложности зарегистрировано 582 патента, из которых только в 2013 году зарегистрировано 95 патентов.

Среди них такие, как:

- Система передачи данных для высокоскоростных железных дорог и способ организации связи (CN103220738, 24.07. 2013);
- Способ и система управления железнодорожным транспортным средством в аварийном режиме (CN103213587, 24.07. 2013);
- Система определения позиции поезда и способ автоматического проследования нейтральной вставки для пассажирского поезда высокоскоростной железной дороги (CN103213604, 24/ 07/ 2013);
- Система дистанционного мониторинга железнодорожных технических средств (CN103217939, 24.07. 2013);
- Интеллектуальная железнодорожная транспортно-логистическая система диспетчеризации и способ отслеживания местонахождения локомотивов (CN103208055, 17.07. 2013);

- Вспомогательная система и способ контроля безопасности поезда (CN103204168, 17. 07. 2013);
- Система мониторинга работоспособности железнодорожного моста на основе беспроводной передачи информации датчиками в информационную сеть (CN103198638, 10. 07. 2013);
- Комплексная система мониторинга безопасности движущегося поезда (CN103192850, 10.07. 2013);
- Станционная система определения причин неисправности и тревожной сигнализации технических средств (CN103198608, 10.07. 2013);
- Вспомогательная система интеллектуального анализа состояния технических средств поезда и железнодорожного пути, основанная на моментальной съёмке и интеллектуальном анализе на сервере поезда (CN203047300, 10. 07. 2013)

Анализ патентных документов показывает, что определенная часть технических решений России и Китая аналогичны по своей технической сущности. Однако, разница в объемах патентования практически в пять раз говорит о низкой активности российских фирм по выходу на международные рынки, что, обусловлено целым рядом причин маркетингового, экономического и технического характера.

Вторым важным показателем эффективности и конкурентоспособности технических решений является их взаимное патентование в других странах. Характерно в этом смысле сравнение объемов патентования США и России по формированию и развитию информационных систем на железнодорожном транспорте.

США в этой области запатентовано 124 технических решения, т.е на 23% больше, чем в России, и в 1, 4 раза больше за последние два года.

Однако, из выявленных в российской базе данных десяти технических решений в Европейской базе данных зарегистрированы два патента:

- патент «Система отображения рекламы (RU2478231 от 27.03. 2013), созданный специалистами Японии и запатентованный, кроме России, в Ко-

рее, Всемирной организации интеллектуальной собственности, Канаде, Соединенных Штатах Америки, Китае и Австралии,

- патент (Сервисная система предоставления информации пользователям железной дороги RU2010127290 от 10.01. 2012) подготовлен американской фирмой Мицубиси электрик Корпорэйшн и дополнительно запатентован в Европейской патентной организации, Тайване, Сингапуре, Всемирной организации интеллектуальной собственности, Китае и Канаде.

Российскими фирмами за этот период в других странах по проблеме разработки и развития систем информатизации на железнодорожном транспорте в странах Европейского патентного ведомства не было запатентовано ни одного технического решения.

За этот же период США из полученных 13 патентов 10 технических решений запатентовано в других странах:

- система оценки состояния с задержкой на полигоне дороги транспортных средств и способ контроля и отображения заторов (US2013268148, 2013-10-10), зарегистрирована во Всемирной организации интеллектуальной собственности;
- система безопасности переездов (US2013200223, 2013-08-08), зарегистрирована во Всемирной организации интеллектуальной собственности, Европейской патентной организации и Австралии;
- способ и аппаратура для оптимизации движения поезда с использованием информационных сигналов (US2013131898, 2013-05-23) запатентована в Южно-Африканской республике, Всемирной организации интеллектуальной собственности, Японии, Китае, Канаде, Бразилии и Австралии);
- система, отображения рекламы (US2013013402, 2013-01-10) зарегистрирована в Европейском патентном ведомстве, России, Корее, Японии, Всемирной организации интеллектуальной собственности, Китае, Канаде, Австралии);
- система транспортной телематики автомотрис (US2012072266, 2012-03-22) зарегистрирована во Всемирной организации интеллектуальной собственности, Европейской патентной организации, Канаде);

- система дистанционного управления с помощью сенсорного экрана железнодорожных транспортных средств (US8483887, 2013-07-09) зарегистрирована во Всемирной организации интеллектуальной собственности, Европейском патентном ведомстве, России, Китае, Канаде, Австралии);
- система и способ автоматической генерации решений для выдачи полномочий движения по железнодорожному пути (US8295999, 2012-10-23) зарегистрирована в Австралии;
- система дистанционного управления, в которой использована тактильная технология для управления железнодорожным транспортным средством (US8290646, 2012-10-16) запатентовано во Всемирной организации интеллектуальной собственности, России, Мексике, Японии);
- способ, устройство и система обнаружения движения с помощью обработки полей видеоизображений (US8385595, 2013-02-26) зарегистрирована в Европейском патентном ведомстве, Всемирной организации интеллектуальной собственности, Китае, Австралии).

Таким образом, почти в 80% случаев технические решения США запатентованы в третьих странах (Россия, Канада, Мексика, Япония, Англия, Португалия, Испания и др).

Аналогичная картина наблюдается и с патентованием в Канаде, Англии, Корее, а также таких известных фирм, как Мицубиси (США), Хитачи (Япония), Сименс (Германия) и других.

Активное взаимное патентование фирмами своих технических решений дает им большие преимущества для широкого внедрения своей продукции на мировом транспортном рынке.

ОАО «НИИАС» разработаны оригинальные технические решения по созданию объединенных взаимоувязанных кольцевых структур технологической связи, систем оперативно-технологической связи диспетчерских центров управления по групповому принципу формирования с двухуровневой кольцевой архитектурой, создания интегрированных систем технологической связи с использованием IP-сети и пакетной коммутации. Однако, не-

смотря на наличие таких решений, российские фирмы мало патентуют за рубежом, что затрудняет продвижение новых разработок на международный рынок, снижает их международную значимость и конкурентоспособность.

Результаты анализа развернутых патентных исследований закладывают научный фундамент для проведения широкого спектра и глубокой проработки НИОКР, что требует соответствующих сроков и соответствующих материальных ресурсов. К сожалению, между авторами технических решений по результатам НИОКР и патентообладателями в лице ОАО «РЖД» существует ряд узких мест, сдерживающих развитие инновационной деятельности [8]. Нельзя не отметить такие из них, как:

1. *Длительный период заключения договоров*, что создает условия неопределенности в тематике научно-технических комплексов и отделений института. Также длительный период заключения договоров вынуждает разработчиков выполнять работы в очень сжатые сроки, что приводит к техническим и организационным трудностям при завершении работ.
2. *Отсутствие заявок со стороны ОАО «РЖД»* на проведение перспективных патентных исследований по формируемой тематике НИОКР ОАО «РЖД». В связи с постоянно растущими в мире темпами появления на внешних рынках новых технических решений целесообразно проведение ежегодных патентных исследований по развивающейся транспортной структуре, в частности, автоматике, телемеханике и связи, новым требованиям, предъявляемым к железнодорожному транспорту, применению результатов фундаментальных исследований к транспортной сфере.

Для продвижения охраняемых патентами технических решений в ОАО «НИИАС» проводится активная маркетинговая политика, разработки Института участвуют на международных и российских выставках

Так, на международной выставке в Брюсселе в 2012 году награждена золотой медалью разработка авторского коллектива ОАО «НИИАС» – «Посадочный модуль монорельсовой дороги для транспортной системы», патент № 2438893, а в 2013 году серебряной медалью награждена разработанная в ОАО «НИИАС» –

«Система распределенного контроля рельсового полотна», патент № 2425770. На выставке в Женеве в 2013 году получила серебряную награду разработанная в Институте «Охранная телевизионная система», патент № 2461070. Ежегодно Институт занимает призовые места на Международном Салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед» в Москве: на салоне «Архимед-2012» получена серебряная медаль за «Устройство для дистанционного обнаружения объектов, скрытых на железнодорожном пути», патент РФ № 2425769, а на салоне «Архимед-2013 » золотыми медалями награждены «Система контроля и оповещения о приближении подвижного состава», патент РФ № 2467902, и «Охранная телевизионная система», патент № 2461070

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что творческий потенциал разработчиков Института достаточно высок, а создаваемые в

ОАО «НИИАС» технические решения являются конкурентоспособными как на российском так и на зарубежных рынках. Однако для сохранения достигнутого высокого технического уровня разработок необходимо всегда оперативно отслеживать перспективные направления развития в железнодорожной отрасли, как России, так и всего мира. И именно в этом патентные исследования играют первостепенную роль, позволяют существенно укрепить позиции Холдинга ОАО «РЖД» в целом на внутреннем и международном рынке интеллектуальной собственности за счет высокого технического уровня и новизны патентуемых технических решений.

Литература.

1. СТО РЖД 08.014-2011 «Инновационная деятельность в ОАО «РЖД». Требования к закупкам инновационной продукции технического назначения».
2. Поручение к № П-ВГ – 458 от 28.10.2013 «Памятка по подготовке документов, необходимых для включения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в план научно-технического развития ОАО «РЖД».
3. Э.П. Скорняков, В.Р. Смирнова. Патентные исследования в Интернете. – М.:ПАТЕНТ, 2007 г.

4. Э.П. Скорняков. Маркетинговые исследования на основе патентной информации. – М.:ПАТЕНТ, 2006 г.
5. ГОСТ Р 15.011-96. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения.
6. Методические рекомендации по проведению патентных исследований в ОАО «РЖД», утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 25.03.2009 г. № 616р.
7. Методическими рекомендациями по исследованию технического уровня, тенденций развития и конкурентоспособности создаваемых разработок в сфере железнодорожной техники на основе патентной информации, утвержденными распоряжением ОАО «РЖД» от 30 декабря 2010 г. №2793р.
8. В.В.Раков, Н.Ю.Вихрова. Перспективы развития и проблемы патентования объектов железнодорожного транспорта. Труды ОАО «НИИАС». Сборник научных трудов. Выпуск 9. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2011 г.

Раков В.В., Лютынский И.Ю., Иконников Е.А.

Применение современных методов познания в процессе патентования отечественных объектов

Ключевые слова: *методы познания, изобретательство, интеллектуальная собственность, технический прогресс, знание, когнитивная деятельность, патентоспособные объекты.*

Изобретательство – творческий процесс, направленный на разрешение противоречия между необходимостью достижения значимых целей и отсутствием для этого достаточных средств современных методологий и информации. Результатом изобретательской деятельности является изобретение как способ разрешения названного противоречия. В зависимости от целей создания и сферы использования изобретения могут воплощаться в материальные объекты и становиться предметами труда (созданные человеком виды сырья, материалов) или орудиями труда (машины, станки, оборудование).

При конкуренции изобретательство выступает неизменно актуальным способом борьбы субъектов хозяйственной деятельности за лучшие условия производства, распределения, обмена и потребления материальных и нематериальных благ. Научно-технический прогресс обострил проблему соотношения изобретений как результатов реализации индивидуальных и групповых интересов социальных субъектов и последствий (социальных, экономических, политических, экологических) внедрения и использования этих изобретений на практике.

В условиях современного разделения труда изобретательство в меньшей степени остается индивидуальным творческим процессом и все в большей степени приобретает организованные, коллективные формы. При разработке инновационных технологий научно-исследовательские институты,

центры, лаборатории функционируют в условиях острой конкурентной борьбы, поэтому должны изобретать принципиально новые виды продукции и способы ее изготовления.

Проблема творчества стала в наши дни настолько актуальной, что по праву считается «проблемой века». Творчеством признается все, что приводит к созданию того, что никогда раньше не было известно, не встречалось и не наблюдалось. Новое должно состоять из новых элементов и включать в себя только оригинальные идеи. Новым может быть также сочетание уже известных частей. Другой путь при создании нового – это усовершенствование старого. Творчество обладает техническими, экономическими и психологическими признаками, в том числе характеризующими интеллектуальные способности человека. Творчество требует от человека при приобретении знаний мыслительной активности, незаурядных волевых и эмоциональных качеств и работоспособности, т.к. является основой человеческого существования, источником всех материальных и духовных благ. В жизни человека важны стереотипное реагирование и поисковое реагирование, направленные на открытие новых способов взаимодействия со средой. Стереотипное реагирование позволяет эффективно действовать и выживать в относительно стабильных условиях, максимально экономя силы и интеллектуальные ресурсы. Поисковая активность должна постоянно стимулировать работу мышления, которое создает основу для индивидуального поведения, что делает ее движущей силой развития и саморазвития и определяет прогресс в целом.

В творческом процессе взаимодействуют бессознательное и сознательное, интуиция и разум, природный дар и приобретенный навык.

Различают степени predisposition человека к творчеству:

способность – одарённость – талантливость – гениальность.

Научное творчество невозможно без высокого уровня развития общего и профессионального интеллекта, пространственных представлений и воображения, способности к обучению и деловому общению, т.е. без проявления социальной активности личности. Творческая деятельность предполагает самостоятельность, гибкость, направленность на постановку и

решение проблем, воображение, комбинационные способности и другие мыслительные способности, а также упорство, уверенность в себе, жажду знаний, стремление к изобретениям и экспериментам, готовность к риску при продвижении своих идей.

Новатор должен обладать смелостью, чтобы подняться и отстоять необходимость изменения, доказать его целесообразность, быть готовым вступить за него в борьбу. Чем больше новое отличается от известного технического решения, тем более ожесточенный отпор оно встречает. Без преодоления этого сопротивления, без борьбы невозможен качественный скачок. Далеко не всякая личность обладает качествами, которые позволили бы ей не только творить новое, но и отстоять результаты этого творения. [4]

Различают следующие этапы творческой деятельности:

- накопление знаний и навыков, необходимых для четкого изложения и формирования задачи, возникновение проблемы (постановка задач);
- сосредоточение усилий и поиск дополнительной информации, подготовка к решению задачи;
- уход от проблемы, переключение на другие занятия;
- озарение (гениальная идея и простая догадка скромных масштабов, то есть логический разрыв, скачок в мышлении);
- проверка и доработка замысла, его воплощение.

В любом творчестве и изобретательстве важными являются мотивация, потребность, заинтересованность и страсть, а также стремление в добывании неизвестной ранее информации. Нужны еще знания, умение, мастерство и профессионализм. Всего этого не восполнить никакой одаренностью, никакими желаниями, никаким вдохновением.

Различают следующие методы активизации творческого мышления:

- *мозговой штурм* – это групповой метод творческой деятельности;
- *накопление и структурирование знаний* о проблеме.

Творческие способности человека (креативность, смекалка) характеризуются готовностью к принятию и созданию принципиально новых идей, отклоняющихся от традиционных или принятых схем мышления и входящих

в структуру одарённости в качестве независимого фактора, а также способность решать проблемы, возникающие внутри статичных систем.

Критерии творческой способности человека:

- ▶ *беглость* – количество идей, возникающих в единицу времени;
- ▶ *оригинальность* – способность производить необычные идеи, отличающиеся от общепринятых идей;
- ▶ *гибкость в процессе решения проблемы*;
- ▶ *восприимчивость* – чувствительность к необычным деталям, противоречиям и неопределенности, готовность быстро переключаться с одной идеи на другую;
- ▶ *готовность работать* в совершенно необычном контексте;
- ▶ *склонность к символическому, ассоциативному мышлению*;
- ▶ *умение увидеть в простом сложное, а в сложном – простое.*

В памяти изобретателей накапливается информация о случайных явлениях, закономерностях и свойствах материального мира. В этот банк идей следует вкладывать накопленные знания, их можно записывать и запоминать. Эту информацию в какой-то момент извлекают из памяти и решают проблему. Единство сознательного и подсознательного в творческой деятельности называется интуицией или чутьем. В подсознании могут быть решены очень сложные мыслительные задачи. При этом сам процесс обработки не осознается, а входит в сознание лишь его результат. Этим объясняется тот факт, что на самом деле удачная мысль сложилась как результат обработки информации и обходного мышления. Термин «интуитивная прозорливость» (англ. serendipity) переводится, как способность не проходить мимо случайных явлений и не считается досадной помехой. На самом деле он может являться ключом к решению сложных изобретательских задач. Традиционно изобретательские задачи решаются методом проб и ошибок. Сущность другого метода заключается в том, что идеализируют все условия и считают, что достигли решения. Затем выдвигаются поисковые концепции, все проверяются и выбирается наиболее подходящая концепция. В изобретательстве используют методы перебора вариантов,

принципы вынесения и дробления, методы контрольных вопросов, морфологический анализ и т.п.

В психологии под талантом понимают совокупность психофизических качеств, необходимых для творческого решения задачи, т.е. такого решения, когда заранее неизвестен набор правил и операций, последовательность которых приводит к цели. Творческие способности разделяются на интересы и склонности, эмоциональные и умственные. Таким образом, изобретатель должен быть всегда в поиске и постоянно быть нацеленным на решение различных задач.

Методы познания для патентования отечественных объектов основываются на основных положениях когнитивной науки. Ключевые термины когнитивной науки: разум, знания, концептуализация, концептуальная система, когниция, языковое видение мира, когнитивная база, ментальные репрезентации, когнитивная модель, категоризация, вербализация, ментальность, константы культуры, концепт, картина мира, концептосфера, национальное культурное пространство и пр. Все эти понятия связаны с когнитивной деятельностью человека, т. е. деятельностью, в результате которой человек приходит к определенному решению или знанию. Когнитивная деятельность относится к процессам, которые сопровождают обработку информации, и заключается в создании особых структур сознания. [2]

Разум – это способность человека к причинному познанию, а также к познанию ценностей, универсальной связи вещей и явлений, способность к целенаправленной деятельности внутри этой связи. Это механизм порождения знаний и целенаправленной реализации их во взаимодействии данного организма со средой. При этом под средой понимается вся совокупность физических, социальных и духовных факторов, с которыми приходится иметь дело организму в процессе жизнедеятельности.

Предметом изучения когнитивной науки (англ. cognitive science) является устройство и функционирование человеческих знаний, а сформировалась она в результате развития инженерной дисциплины, известной как искусственный интеллект. Сходство человеческого мозга и компьютера

проявляются способности человека и машины вести обработку информации пошаговым способом. Когнитивная наука заимствует из теории информации структуру знания, обработку информации и ее сохранения в памяти, извлечение из нее нужных данных, репрезентацию информации в сознании человека и языковых формах. Она пытается ответить на вопрос о том, как в принципе организовано сознание человека, как человек познает мир, какие сведения о мире становятся знанием, как создаются ментальные пространства.[3]

Когнитивная наука основана на следующей фундаментальной идее: «мышление представляет собой манипулирование внутренними (ментальными) репрезентациями типа фреймов, планов, сценариев, моделей и других структур знания» (Петров В.В. Язык и искусственный интеллект: рубеж 90-х годов // Язык и интеллект. М.: Прогресс, 1996. с. 5). Следовательно, мы мыслим концептами как глобальными квантами хорошо структурированного знания. Сам термин когнитивная наука стал употребляться для обозначения области, в рамках которой исследуются процессы усвоения, накопления и использования информации человеком. (Подробно об этом: Величковский Б.М. Современная когнитивная психология. М., 1983; «Advances in Cognitive Science» (ed. by N.E. Sharkey.) New York, 1986). С точки зрения когнитивной психологии, важнейшей способностью человеческого мозга является умение классификации и категоризации предметов и явлений жизни. Продукты категоризации составляют часть нашего когнитивного аппарата и могут пониматься как ментальные концепты, хранящиеся в долговременной памяти.

Из когнитивной психологии заимствованы понятия концептуальных и когнитивных моделей. Язык является важнейшим звеном в накоплении и сохранении опыта взаимодействия человека с миром и знания. Основу всякого опыта составляет восприятие и память.

Интеллектуальные процессы человека, моделированием которых занимается искусственный интеллект, не могут быть сведены к «универсальным законам человеческого мышления». Большинство интеллектуальных задач решаются человеком не в вакууме и не с чистого листа, а с опорой на имею-

щиеся знания. Некоторые же интеллектуальные задачи, в частности, распознавание образов и понимание текста, без опоры на уже имеющиеся знания вообще не решаются. Актуализировалась задача оперирования знаниями, хранения, поиска, переработки, использования в компьютерных программах. Таким образом, когнитология является не просто междисциплинарной, а синтетической наукой, объединяющей при изучении когнитивных процессов человека математику, философию, лингвистику, психологию, теорию информации и др.

Когнитивистика (лат. *Cognitio* – познание) – научное направление, объединяющее теорию познания, когнитивную психологию, нейрофизиологию, когнитивную лингвистику и теорию искусственного интеллекта. В когнитивистике совместно используются компьютерные модели, взятые из теории искусственного интеллекта, и экспериментальные методы, взятые из психологии и физиологии высшей нервной деятельности, для разработки теории и модели работы человеческого мозга. К когнитивным наукам также относят экспериментальную психологию познания, нейронауку, когнитивную антропологию, когнитивную географию, психолингвистику, нейролингвистику.

Наблюдаемый сейчас прогресс в когнитивистике, как полагают учёные, позволит «разгадать загадку разума», то есть описать и объяснить процессы в мозгу человека, ответственные за высшую нервную деятельность. Это позволит создать системы так называемого сильного искусственного интеллекта, который будет обладать способностями к самостоятельному обучению, творчеству, свободному общению с человеком.

В обществе идет непрерывное соревнование между высокими технологиями и человеческим фактором. С одной стороны – это сидение в кресле перед телевизором, с другой – желание потрогать все руками и во всем убедиться лично. В настоящее время созданы мобильные телефоны (смартфоны), портативные компьютеры, говорящие автоматы и средства, способные формировать электронный документ под диктовку. Совсем скоро появятся первые универсальные переводчики, способные переводить синхронно, и «трикордеры» – устройства, способные диагностировать болезни на рассто-

янии. В общем, большинство прогнозируемых научных открытий, за исключением транспортеров и варп-двигателей, позволяющих летать со сверхсветовой скоростью, уже сделано.

В 1980-х гг., когда ученые только создавали Интернет, большинство видело в нем образовательную и научную площадку, мощное орудие прогресса. К началу 2000-х годов стало ясно, что ускоренными темпами будут развиваться социальные сети и всевозможные медиаресурсы. Стремительное разрастание социальных сетей, едва ли не за одну ночь превратившее молодых неопытных предпринимателей в миллиардеров, застало многих аналитиков врасплох. В эволюционной истории человечества тот, кто умел поддерживать большие социальные сети, в критический момент мог рассчитывать на них как на источник средств, советов и помощи. Сегодня мы поддерживаем связь с Интернетом при помощи компьютеров и сотовых телефонов – смартфонов. Существует несколько способов осуществить связь с Интернетом. Изображение может передаваться со стекол очков через линзу глаза непосредственно на сетчатку. Можно также проецировать изображение на линзу, которая в этом случае будет играть роль экрана. Или можно прикрепить экран к оправе очков наподобие крохотной линзы, какими пользуются ювелиры. Глядя сквозь стекла очков, мы будем, будто на киноэкране, видеть перед собой интернет-экран. При этом устройство дистанционного управления в руках позволит нам управлять действиями компьютера по беспроводной связи. А можно просто двигать пальцами в воздухе и таким образом управлять изображением – ведь компьютер постоянно регистрирует положение наших пальцев.

Передать изображение в глаз через контактную линзу несколько сложнее, чем через интернет-очки. Светодиод может генерировать световую точку, или пиксель, но необходимо добавить еще микролинзу, которая сфокусировала бы эту точку непосредственно на сетчатку. Получившееся в итоге изображение будет как бы висеть в воздухе перед вашими глазами на расстоянии немного более полуметра. В более продвинутой схеме предполагается использовать микролазеры, чтобы подать на сетчатку сразу резкое изображение.

Учитывая очевидные ограничения компьютеров по сравнению с человеческим мозгом, несложно понять, почему нам до сих пор не удастся научить компьютеры решать две ключевые задачи, которые человеческий мозг выполняет автоматически, без всякого труда. Эти задачи – распознавание образов и следование здравому смыслу – уже более полувека не даются ученым.

При создании новых инвестиционных проектов для железнодорожного транспорта необходимо теоретическое изучение методов познания, которые будут способствовать качественному проведению НИР. При этом следует учитывать возрастающую роль когнитивного подхода в частности, в области решения задач управления слабоструктурированными системами и ситуациями. Этот подход применим и особенно важен в данном контексте при разработке перспективных средств обеспечения безопасности объектов и систем железнодорожного транспорта, средств обеспечения транспортной безопасности, средств обеспечения кибербезопасности. При проведении системных исследований, а также при планировании деятельности в области НИР, с целью повышения их эффективности и получения значимых результатов целесообразно применять важнейший инструмент когнитивного подхода – когнитивные карты, описывающие ситуацию и динамические процессы для многофакторных ситуаций. В изобретательской и научно-исследовательской деятельности применим т.н. нормативный подход к использованию когнитивных карт который, в соответствии с трудами (Авдеева З.К. Сравнительный анализ выборочных когнитивных карт по степени формализации. Труды Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» от 17–19 ноября 2009 г. Москва) ИПУ РАН) имеет в качестве прикладной цели нахождение рациональных способов решения практических задач..

Важно отметить, что при коллективной работе над проектами, разработка когнитивной карты сложной многофакторной ситуации позволяет направить исследовательскую деятельность коллектива – группы разработчиков по наиболее эффективному пути решения проблемы или синтеза нового продукта. В соответствии с [см.выше], когнитивная карта конкретной ситуа-

ции в нормативном подходе представляется в виде структуры, состоящей из элементов(понятий, факторов или конструкторов) и причинных отношений (связей) между ними с теми или иными атрибутами (знаками, весами влияний), характеризующими связи. Т.о. создание когнитивной карты и изучение с её помощью, в частности, факторной модели процесса, участие сотрудников в реализации этой стадии когнитивного процесса позволяет структурировать и повышать эффективность деятельности коллектива над созданием новых сложных систем железнодорожного транспорта.

Методы познания использовались авторами при создании таких изобретений, как RU 2438893 «Посадочный модуль монорельсовой дороги для транспортной системы»; RU 2461070 «Охранный телевизионная система» и RU 2487034 «Устройство для осмотра вагонов».

В нашей стране интересы изобретателей защищает патентное право, которое является составной частью Гражданского кодекса Российской Федерации. Авторские права на изобретение, полезную модель или промышленный образец распространяются на весь срок их действия и принадлежат конкретным авторам. Патентообладателю принадлежит исключительное право использования названных объектов патентных прав. Следует указать, что правовая охрана предоставляется изобретению, если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо. Правовая охрана предоставляется полезной модели, если совокупность ее существенных признаков неизвестна и является новой. Промышленному образцу также предоставляется правовая охрана, если он по своим существенным признакам является новым и оригинальным.

В полный перечень охраняемых результатов интеллектуальной деятельности включены:

- произведения науки, литературы и искусства;
- программы для вычислительных машин (программы для ЭВМ);
- базы данных;
- исполнения, фонограммы и сообщения в эфир или по кабелю радио- или телепередач;

- изобретения, полезные модели и промышленные образцы;
- селекционные достижения;
- топологии интегральных микросхем;
- секреты производства (ноу-хау);
- фирменные наименования;
- товарные знаки и знаки обслуживания;
- наименования мест происхождения товаров;
- коммерческие обозначения.

Правовая охрана объектов интеллектуальной собственности осуществляется в развитых государствах для регулирования имущественных и моральных правоотношений, возникающих в связи с созданием и использованием изобретений. Регламентация этих отношений производится в основном в рамках двух традиционных ветвей права: патентного и авторского. Под действие первой из них подпадают отношения в связи с изобретениями, полезными моделями и товарными знаками. А вторая связана с правоотношениями, касающимися литературных, научных, художественных, музыкальных произведений и др. объектов авторского права.

Конкретноспособность выполняемых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на железнодорожном транспорте возможна только при достоверной информации о современном уровне техники и после изучения патентных материалов. С этой целью проводятся в конкретной области патентные исследования на патентную чистоту.

Исследование технического уровня производится в сравнении с выявленными мировыми достижениями и показателями, представленными объектами-аналогами из числа новых разработок и техническими решениями, выявленными в результате поиска по патентным материалам и научно-технической литературе.[1]

При анализе научно-технической деятельности зарубежных фирм используются сведения о технико-экономических показателях объектов-аналогов. На основании увеличения количества патентов делается предварительный вывод о перспективности разработок объекта исследования.

Каждое предложенное разработчиками техническое решение оценивается с точки зрения получения более высоких показателей, чем у объектов-аналогов. Оценка патентоспособности проводится по критериям, согласно которым объекту техники предоставляется патентно-правовая охрана.

Под патентной чистотой понимается юридическое свойство объекта техники быть свободно используемым в данной стране без нарушения действующих в ней патентов, права на которые принадлежат другим лицам.

Проверка на патентную чистоту осуществляется только в том случае, когда намечается экспорт продукции в другие страны, продажа лицензии или экспонирование ее на международных выставках и ярмарках.

Проведение патентных исследований возможно после составления и утверждения заказчиком задания и регламента. Следует обратить внимание на правильное заполнение графы «Предмет поиска», который должен соответствовать рубрикам патентной классификации.

Решение задачи является техническим, если оно обеспечено созданием новой машины, улучшением конструкции машин и механизмов, совершенствованием технологии или применением новых материалов. Организационные предложения, например касающиеся оплаты труда или повышения производительности не являются техническими и поэтому не могут быть изобретениями. Новизна проверяется путем сравнения предложенного технического решения со всеми ранее известными решениями той же задачи. Существенным признаком считается лишь такой признак из общей массы признаков, отсутствие которого не дает возможность получить положительный эффект. Положительный эффект может выражаться в повышении эффективности работы, точности, улучшении качества, экономии материалов и т.д. Роль положительного эффекта заключается в том, чтобы поставить за счет явно бесполезным изобретениям. Не признаются изобретениями предложения, содержащие только постановку задачи, но не дающие конкретного технического решения.

При подаче заявки на способ должен быть указан ряд операций, из которых состоит данный способ, последовательность и режимы выполнения

операций, а также технические средства и приспособления для выполнения этих операций.

Изобретение «устройство» – это новое, обладающее существенными отличиями и дающее при изготовлении и использовании положительный эффект изделие, являющееся конструктивным элементом или несколько функционально взаимосвязанных между собой конструктивных элементов. При этом выделяются конструктивные признаки узлов и деталей, их взаимное расположение, взаимодействие, геометрические формы, отношения размеров и т.п. Сущность изобретения может заключаться и в использовании известных технических решений, их новых свойств и явлений в других условиях для решения технической задачи.

Практическое применение методов познания заключается в привлечении к изобретательству широких кругов научных сотрудников.

Центр управления интеллектуальной собственностью (ЦУИС) института проводит работы по охране и коммерциализации интеллектуальной собственности, которые включают:

- проведение патентных исследований;
- оформление патентов на изобретения, полезные модели, промышленные образцы;
- регистрацию товарных знаков;
- регистрацию программ для ЭВМ и баз данных;
- оценку стоимости объектов интеллектуальной собственности
- оформление документов для постановки объектов интеллектуальной собственности на бухгалтерский учет
- сопровождение лицензионных договоров.

Выводы

1. Различают два уровня организации познания в изобретательской деятельности:
 - эмпирический, реализующий познавательную функцию с позиций когнитивной психологии;

- теоретический, использующий уже созданные теоретико-информационные формальные модели.
2. Научное познание, в отличие от других многообразных форм познания, – это процесс получения объективного знания. Научное познание связано с описанием, объяснением и предсказанием процессов и явлений действительности. В результате приобретения знаний о явлениях и закономерностях объективного мира возможно решение поставленных изобретательских задач.

Литература

1. Порядок проведения патентных исследований по объектам интеллектуальной собственности. Раков В.В., Миронов В.С., Иконников Е.А./ Труды ОАО «НИИАС». Сборник научных трудов. Выпуск 9. М.: Изд-во ООО «Группа ИДТ», 2011.– с.325–332.
2. Краткий словарь когнитивных терминов. / Под общ. ред. Е. С. Кубряковой. – М.: Филол. ф-т МГУ им. М. В. Ломоносова, 1997. – 245 с.
3. Величковский Б. М. Когнитивная наука: основы психологии познания. В 2-х тт. – М. : Смысл : Издательский центр «Академия», 2006.
4. Альтшуллер Г. Найти идею. Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач/ М.:Альпина Бизнес Букс, 2007.– 400 с.

Содержание

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Матюхин В.Г., Шабунин А.Б.

Построение ИТ-архитектуры производственного блока
ОАО «РЖД» в рамках реализации проекта ИСУЖТ..... 5

Чехов А.В., Капустин Н.И., Гончарова Е.И.

Регулировка движения грузовых поездов на восточном полигоне с
использованием технологии интеллектуальных агентов 17

Ефремов Г.А., Ефремова А.П.

Диспетчерское управление движением поездов
на основе интеллектуальных многоагентных систем 27

Матюхин В.Г., Галдин А.А.

Использование технологии электронной подписи
для организации юридически значимого электронного
документооборота ОАО «РЖД» с клиентами и контрагентами..... 32

ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Шаров В.А.

К вопросу о приоритетности пропуска грузовых поездов..... 41

Лысков М.Г.

Постановка задачи управления перевозочным процессом
на региональном уровне и её взаимосвязь
с показателями работы транспортных систем..... 61

Феофилов А.Н.

Обоснование бизнес-модели управления грузовыми перевозками 68

Бодюл В.И., Феофилов А.Н.

Концепция организации эффективного управления
парками частных вагонов 78

Ольшанский А.М.

О формулировке некоторых подходов к оценке границ
транспортных подсистем 87

Козлов П.А., Осокин О.В.

Интеллектуальное сопровождение технологических процессов
на железнодорожном транспорте 96

Козлов П.А., Осокин О.В., Колокольников В.С.

Структура современной имитационной система 102

КОМПЛЕКСНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Шухина Е.Е., Озеров А.В., Константинов С.Г., Коровин А.С.

Новые решения по организации интервального регулирования
движения поездов на участке Сочи–Адлер–Красная Поляна 115

Батраев В.П., Маршов С.В.

Кабельная основа CAN-интерфейса 122

Батраев В.П. Батраев В.В.

Оценка характеристик импульсного сигнала
при передаче по цепям с распределенными
и сосредоточенными параметрами 132

Батраев В.П.

Анализ воздействия импульсной помехи на ЧМ сигнал
в радиотрактах с различными АЧХ 145

Куприенко О.Ю., Батраев В.В.

Комплекс регистрации параметров
автоматической локомотивной сигнализации 154

Талалаев Д.В., Пенькова Н.Г., Тихонова А.А.

О системе менеджмента качества ответственных разработок
железнодорожной автоматики и телемеханики 164

Ададунов А.С., Моисеев В.В.

О разработке измерительного комплекса параметров
приемных катушек АЛС/АЛС-ЕН ЭВС Сапсан 169

Климова Т.М.

Состояние и направления развития цифровых систем
радиосвязи на железнодорожном транспорте 175

Коган Д.А., Молдавский М.М.

Оптимизация форм карт грозовой активности
участков железной дороги с расширением
и углублением проводимой в них информации..... 183

Баландин В.И., Блиндер И.Д., Вериге А.М.

Новое поколение цифровой технологической связи ОАО «РЖД» 193

Васильев О.К., Вериге А.М., Черников А.А.

Цифровая система поездной радиосвязи и передачи данных
в радиочастотном диапазоне 160 МГц (ПРСЦ-160) 208

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ И ИМУЩЕСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ

Розенберг Е.Н., Ададунов А.С.

Экспериментальное определение характеристик
волоконно-оптического датчика для определения
загрузки грузовых вагонов 221

Вихрова Н.Ю., Шевцов Б.В.

Тенденции развития инфраструктуры
железнодорожного транспорта 237

Тамаркин В.М., Лобанова Т.Э.

Методы построения систем класса 3G-спутник
в интересах ОАО «РЖД» 254

Соколова Н.А., Васюкова Е.А., Давыдов Д.О., Горчакова Р.Л.

Комплекс мер по определению общего коэффициента
теплопередачи изотермических вагонов и контейнеров
методов СПС без использования специальной
изотермической камеры 271

Дмитриев В.Н.

Об одном подходе к разработке единой
технологии материального учета компании совместно
с внедрением технологии управления единой
нормативно-справочной информацией 285

Дмитриев В.Н., Поспелова Е.В., Акинъшина И.М.

Стратегия управления основными средствами
на базе взаимоувязки объектов инфраструктуры
в разных системах учета 299

Дроздов А.В., Зуев Д.В.

Использование автоматизированного нейросетевого программного комплекса как способ повышения эффективности перевода технической документации с бумажных носителей в электронный вид 309

Розенберг И.Н., Дулин С.К.

О перспективах географической интероперабельности в геопространственной Semantic WEB 317

Бузоверов Е.А., Давыдов А.Н., Дубенец В.С.

О применении пониженных температурных графиков в целях энергосбережения в системах централизованного теплоснабжения объектов ОАО «РЖД» 351

Василейский А.С., Карелов А.И.

Технология спутникового мониторинга потенциально-опасных участков в системе текущего содержания земляного полотна железнодорожного пути 366

Бородин А.Ф., Иванков А.Н., Крылов А.С., Панин В.В., Шипулин Н.П.

Схема разрешения и Программа развития сортировочных станций ОАО «РЖД» 375

УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ**Розенберг Е.Н., Раков В.В., Миронов В.С., Вихрова Н. Ю.**

Роль патентных исследований в разработках железнодорожной техники 409

Раков В.В., Лютынский И.Ю., Иконников Е.А.

Применение современных методов познания в изобретательской деятельности 420

Труды ОАО «НИИАС»

Выпуск 10

Главный редактор
Матюхин В.Г.

Ответственный за выпуск
Юдин В.Ф.

Компьютерная верстка
Терешкин С.Б., Фесенко А.В.

Подписано в печать 31.07.2014 г. Формат 60х90 ¹/₁₆.
Гарнитура Миньон. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 44,5. Тираж 150 экз. Заказ № .

Открытое акционерное общество
«Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт
информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте»
Дочернее общество ОАО «РЖД»
Россия, 109029 Москва, Нижегородская ул., 27, стр. 1
www.vniias.ru

Подготовлено к изданию ООО «Группа ИДТ»
Россия, 105005 Москва, наб. академика Туполева, 15, корп. 29
www.techizdat.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов в ООО «Арбалет-про»

ISBN 978-5-94833-099-0

ББК 39.2

© ОАО «НИИАС», 2014
© Авторы, 2014