

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский
институт информатизации, автоматизации и связи
на железнодорожном транспорте

Дочернее общество ОАО «РЖД»

ТРУДЫ АО «НИИАС»

11 выпуск

2
ТОМ

Москва 2021



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
**Научно-исследовательский
и проектно-конструкторский институт
информатизации, автоматизации и связи
на железнодорожном транспорте**
Дочернее общество ОАО «РЖД»

ТРУДЫ АО «НИИАС»

ВЫПУСК 11

ТОМ 2

« * »

Москва 2021

УДК 656.2/4

ББК 39.2

Труды АО «НИИАС», Выпуск 11. Том 2.

М.: Типография АО «Т 8 Издательские Технологии», 2021. – 308 с.

ISBN 978-5-94833-099-0

Сборник «Труды АО «НИИАС» представляет собой научное издание Акционерного общества «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте». Выпуск приурочен к 65-летию Института.

Сборник содержит теоретические и практические результаты исследований, проводимых сотрудниками института по актуальным для железнодорожного транспорта проблемам. В сборник вошли публикации, знакомящие читателей с направлениями работ Института, которые были положены в основу комплексного проекта «Разработка и внедрение автоматизированного комплекса управления движением поездов с интеллектуальной системой интервального регулирования на основе бесветофорной технологии с подвижными блок-участками на Московском центральном кольце (АСУ МЦК)», удостоенного премии Правительства Российской Федерации 2019 года в области науки и техники.

Сборник может представлять интерес для научных и практических работников железнодорожной отрасли, преподавателей, аспирантов и студентов железнодорожных ВУЗов.

Печатается по решению редакционного совета АО «НИИАС»

Редакционный совет:

- | | |
|----------------|---|
| Розенберг И.Н. | доктор технических наук, профессор
(председатель Редакционного совета). |
| Матюхин В.Г. | доктор технических наук
(заместитель председателя Редакционного совета). |
| Строгонов В.И. | доктор технических наук
(ответственный секретарь Редакционного совета). |

Члены Редакционного совета:

- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| Долгий А.И. | кандидат технических наук |
| Дубчак И.А. | |
| Замышляев А.М. | доктор технических наук |
| Павловский А.А. | кандидат технических наук |
| Попов П.А. | кандидат технических наук |
| Розенберг Е.Н. | доктор технических наук, профессор |
| Сазонов Н.В. | кандидат технических наук |
| Стальнова И.В. | |
| Цветков В.Я. | доктор технических наук, профессор |
| Шубинский И.Б. | доктор технических наук, профессор |

ISBN 978-5-94833-099-0

ББК 39.2

© АО «НИИАС», 2021

© Авторы, 2021

Содержание

IV. Управление инфраструктурой железнодорожного транспорта

Калинин А.В., Долганюк С.И., Савицкий А.Г.

К вопросу построения системы управления технологическим процессом Цифровой станции..... 9

*Хатламаджиян А. Е., Соколов В. Н.,
Ольгейзер И. А., Золотарев Ю. Ф.*

Развитие комплекса системообразующих технических решений цифровой станции..... 26

*Кононенко А.А., Куликова Н.Г.,
Погребинский С.М., Теслинов А.Г.*

Концептуальный подход к формированию информационной среды поддержки принятия технических решений, направленных на повышение энергетической эффективности объектов стационарной энергетики ОАО «РЖД», в условиях цифровой трансформации 38

Шабельников А.Н., Ковалев С.М.

Диагностика вагонных замедлителей при помощи метода свидетельств Демпстера-Шафера 52

Кудюкин В. В., Кузнецов В. И., Хатламаджиян А. Е.

Программно-аппаратный комплекс волоконно-оптической сенсорики для систем мониторинга на железнодорожном транспорте 59

Дулин С.К., Якушев Д.А.

Планирование проведения измерений мобильным лазерным сканером 65

Кузнецов В.И.

К вопросу определения косвенных оценок параметров и состояний динамических систем по измерениям их выходных функций..... 74

V. Геоинформационные и спутниковые технологии

Розенберг И.Н, Дулин С.К.

О некоторых аспектах железнодорожной геоинформатики (обзор) 83

*Павловский А.А., Духин С.В.,
Нуйкин А.В., Пронкин А.В.*

Состояние и перспективы применения высокоточных координатных систем в производственных процессах железнодорожного транспорта 128

Духин С.В., Василейский А.С.

Возможности применения спутникового дистанционного зондирования в системе геотехнического мониторинга железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона 137

Павловский А.А., Духин С.В., Духина Н.А.

Требования к характеристикам пространственно-временной информации, используемой для автоматизации бизнес-процессов ОАО «РЖД» 156

*Духин С.В., Пятаев С.И.,
Зубков С.А., Седых М.А.*

Особенности представления пространственных данных, используемых для обеспечения безопасности движения 166

Охотников А.Л., Соколов С.В.

Высокоточное позиционирование транспортных средств на железнодорожном транспорте 174

Иванов В.Ф., Попов П.А.

Высокоточная система позиционирования железнодорожного подвижного состава 179

Духин С.В., Зубков С.А.

Пространственно-ориентированная информация в системах управления земельными участками и объектами недвижимости 190

Охотников А.Л., Соколов С.В., Полякова М.В.

Оценка навигационных параметров локомотива на основе адаптивного фильтра Калмана 199

VI. Системы телекоммуникаций и передачи данных

Кудюкин В.В., Кукушкин С.С., Хакиев З.Б.

Создание устойчивых и безопасных каналов передачи информации для управления робототехническими комплексами 209

Блиндер И.Д., Дуренков А.В., Захаров А.В., Черников А.А.

Система телекоммуникационного доступа объектов железнодорожной инфраструктуры на перегоне к станционному оборудованию связи и ЖАТ на основе пассивных оптических сетей (ПСД)..... 216

Блиндер И.Д., Дуренков А.В., Захаров А.В., Черников А.А.

Интегрированная система станционной двухсторонней парковой связи и оповещения работающих на железнодорожных путях на базе цифровой технологической радиосвязи (РДПС-Ц) 228

Блиндер И.Д., Захаров А.В., Михеев Л.Г., Черников А.А.

Автоматизированная система оповещения работающих на железнодорожном пути и ограждения места работ 241

Васильев О.К., Ефимов А.Н., Черников А.А.

Система единого времени и тактовой сетевой синхронизации для телекоммуникационных систем Сербской железной дороги..... 246

VII. Информационная и кибербезопасность на железнодорожном транспорте

Галдин А.А., Калашиников А.М., Игин А.Г.

Механизмы единой аутентификации пользователей АО ОАО «РЖД» в подсистеме электронной подписи..... 255

Матюхин В.Г., Галдин А.А., Дудник С.Я., Терещенко Е.М., Кузнецов Н.П.

Обеспечение информационной безопасности ИСУЖТ 262

Матюхин В.Г., Галдин А.А., Давыденко Н.В., Ненартович И.С., Андрианов В.Б.

Юридически значимый электронный документооборот в ОАО «РЖД» – использование сервисов доверенной инфраструктуры на базе технических решений и услуг АО «НИИАС» 271

Матюхин В.Г., Безродный Б.Ф., Макаров Б.А., Бакуркин Р.С., Дубников Д.Г., Ковалев П.С., Любимова Л.В.

Кибербезопасность ОАО «РЖД». Опыт работы, достижения, неудачи, проблемы, задачи и перспективы 277

VIII. Управление интеллектуальной собственностью

Розенберг Е.Н., Раков В.В., Вихрова Н.Ю.

Цели и задачи проведения патентных исследований
при разработке железнодорожной техники 287

Дубчак И.А., Раков В.В.

Эффективное управление интеллектуальной
собственностью – основа инновационного
развития компании 298

*Управление
инфраструктурой
железнодорожного
транспорта*



IV

УДК 656.212.5



Калинин А.В.



Долганюк С.И.



Савицкий А.Г.

К вопросу построения системы управления технологическим процессом Цифровой станции

Ключевые слова:

цифровая железная дорога, цифровая станция, цифровая модель путевого развития станции, тяговые подвижные единицы, МАЛС, КСАУ СП, горочные технологические операции

Проект «Цифровая железнодорожная станция» (далее – Цифровая станция) – одно из направлений реализации комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога», являющегося составной частью комплекса мероприятий по реализации программы «Цифровая экономика Российской Федерации», согласно утвержденной 7.11.2018г. ОАО «РЖД» Концепции [1]. Целью данной работы заявлены: создание станции, автоматически выполняющей полный цикл технологических операций с вагонами, контроль соблюдения требований безопасности движения и охраны труда, формирование достоверной аналитической, отчетной и учетной информации о работе станции на основе автоматически формируемых в режиме реального времени данных, а также другие операции. Специалистами института и компаний партнеров разработаны и внедрены ряд систем и устройств, отвечающих требованиям проекта «Цифровая станция» при выполнении отдельных операций, но разобщенных в силу различия моделей управления и отсутствия согласованных интерфейсов. В данной статье анализируются пути создания на их основе комплексной системы управления техноло-

гическим процессом станции удовлетворяющей целям и задачам утвержденной Концепции.

Статической основой модели является цифровая модель путевого развития станции ЦМПР принятая в системе МАЛС. Она формируется на этапе проектирования системы управления и включает наименование, длины и навигационные координаты границ изолированных участков, центров и предельных столбиков стрелочных переводов, светофоров, стационарных устройств закрепления и заграждения, вагонных замедлителей и других напольных устройств, участвующих в управлении движением.

Первый этап актуализации ЦМПР осуществляется за счет цифрового интерфейса МАЛС с системами централизации: ЭЦ, МПЦ, КСАУ СП, сертифицированного по требованиям функциональной безопасности и электромагнитной совместимости. Протокол обмена между системами предусматривает циклическое обновление информации с периодичностью 0,1–0,3 с. В результате обмена информацией модель МАЛС дополняется данными о положении и состоянии устройств железнодорожной автоматики и телемеханики.

Следующий этап актуализации ЦМПР формируется непосредственно системой МАЛС, которая дополняет модель поля допустимыми зонами перемещения маневровых локомотивов с указанием их идентификационных номеров, параметрами их движения и текущего местоположения, включая длину маршрута и подвижной единицы (в метрах) и расстояние от левого стыка до перемещаемых ими вагонов.

АСУ Ст дополняет параметры модели данными входного потока в объеме ТГНЛ и поездных документов прибывающих поездов, результатами технического и коммерческого осмотров, поступающими от диспетчеров пунктов ПТО и ПКО, а также данными от подсистем грузовой работы, подготовки локомотивов и наличия локомотивных бригад, подготовки и ремонта вагонов. По локальным сетям в АСУ Ст поступает информация от автономных автоматизированных систем: АСУВОП – о выдаче и отмене предупреждений на территории станции;

АСКИН – автоматических устройств телевизионного считывания номеров вагонов;

АСКОПВ – коммерческого осмотра вагонов;

ППСС – интегрированного поста приема сортировочной станции, объединяющего ряд датчиков, различной физической природы, контролирующих техническое состояние вагонов прибывающих на станцию которые, как правило, устанавливаются во входных горловинах;

АС ОПТ (УЗОТ) – аппаратуры Автоматизированной системы опробования тормозов, установленной в прямо-отправочных и сортировочных парках станции.

Таким образом, разработанные и апробированные аппаратно-программные средства систем и устройств, работающих на станции, позволяют, в реальном масштабе времени, сформировать динамическую модель станции для планирования и управления технологическим процессом в объеме выполняемых сегодня автоматизированных операций. Однако выполнение большинства технологических операций ориентировано на «ручное управление» и, значит, не соответствует заявленной Концепции и, прежде всего, функции автоматического управления тяговым подвижным составом без участия человека. В работе [2] уже обосновывалась необходимость серьезной подготовки инфраструктуры к такому переходу.

Необходимые изменения аппаратно-программных комплексов управляющего уровня, в соответствии с требованиями Концепции, обусловлены переходом к беспилотному управлению тяговым подвижным составом и автоматическому заданию маршрутов движения, как при маневровом, так и при поездном движении.

Система МПЦ в настоящее время реализует два вида маршрутов: до сигнала и на занятый путь. Для поездного движения этого достаточно, но при маневрах часто применяются угловые заезды и движение на занятую стрелку, для прицепки к вагонам, которые не поместились на пути. Существенным изменением в структуре МПЦ является переход от напольных светофоров к виртуальным сигналам [3] которые могут устанавливаться у каждого изолированного стыка, как в четном, так и нечетном направлении. Этот переход логичен в условиях безлюдной технологии. Кроме того, такие изменения имеют очевидные технические, технологические и экономические выгоды. Положение, состояние и управление этими сигналами не будет отличаться от привычных напольных светофоров. Их размещение и состояние будет отображаться на мониторах МПЦ, экранах машинистов бортовой аппаратуры СУДТПС (при необходимости), носимых терминалов исполнителей, регистрироваться в динамической модели станции и протоколах работы систем автоматизации.

В системе КСАУ СП управление роспуском и скатыванием отцепов ведется полностью в автоматическом режиме, с возможностью вмешательства горочных операторов при необходимости. В то же время осаживание состава при нерасцепе, съем вагонов, не разрешенных к автоматическому роспуску, перестановки вагонов в сортировочном парке и устранение межвагонных промежутков выполняются, как обычные

маневровые операции, с участием дежурного по горке ДСПГ, ДСП, составителя и машиниста, предусматривают «ручное управление» стрелочными переводами, вагонными замедлителями и светофорами на маршруте. Для автоматизации этих операций необходимо дополнить подсистему горочной централизации функциями накопления, формирования и замыкания маневровых маршрутов, как в МПЦ, в том числе с помощью введения виртуальных сигналов. Кроме того, необходимо организовать управление вагонными замедлителями с носимых терминалов составителей при съеме вагонов неразрешенных к роспуску. При замене тормозных башмаков, применяемых для закрепления и заграждения составов на путях сортировочного парка, на балочные заграждающие устройства с дистанционным управлением БЗУ ДУ необходимо разработать технологию автоматического управления ими. Взаимодействие между КСАУ СП и СУДТПС должно обеспечивать безлюдную технологию ликвидации межвагонных промежутков на путях сортировочного парка, вытяжки состава на горку и перестановке его в парк формирования, а также сквозного пропуска локомотивов и маневровых составов по путям сортировочного парка.

Основной задачей СУДТПС остается обеспечение безопасности движения. Станционные устройства СУДТПС (СУ СУДТПС) призваны играть связующую роль между системами управляющего и исполнительного уровней.

Модернизация бортовых систем, обеспечения безопасности движения, тяговых подвижных единиц ТПЕ, путем дополнения их функциями МАЛС, в соответствии с утвержденными ОАО «РЖД» в 2018г. техническими требованиями, для организации беспилотного движения, подробно рассмотрена в работе [2]. Она предусматривает также интеграцию и внедрение электронных систем управления тягой и тормозами ТПЕ. Прототипами таких систем управления являются Система автоматического управления горочным локомотивом САУ ГЛ апробированная на ст. Лужская Октябрьской дирекции инфраструктуры или действующие на ряде полигонов системы автоведения поездов. Концепция предусматривает использование автоматического управления ТПЕ, но, по крайней мере, в переходной период целесообразно предусмотреть возможность управления со стороны локомотивной бригады. Для этого в состав бортовой аппаратуры СУДТПС (БА ТПЕ) должны быть включены устройства:

- контроля бдительности и бодрствования машиниста;
- устройство выбора режима управления с машинистом или без;
- речевой информатор для передачи команд локомотивной бригаде дублированный экраном машиниста, на котором отобра-

- жаются параметры маршрута, скоростного режима, управления и диагностические сообщения;
- бортовой регистратор для записи протоколов функционирования ТПЕ и включения индивидуальных носимых электронных систем регистрации локомотивной бригады (при необходимости).

Необходимым условием реализации Концепции является наличие у исполнителей участвующих в технологическом процессе на станции носимых терминалов, получивших название мобильные рабочие места МРМ. На сетевом совещании начальников важнейших сортировочных и участковых станций в г. Кинель был продемонстрирован прототип такого устройства разработки ООО «НТЦ ТРАНССИСТЕМОТЕХНИКА». МРМ выполнено на базе смартфона, закрепленного на предплечье исполнителя. Сенсорным экраном, на который выводится текстовая информация и клавиатура управления можно управлять в перчатках. Дополнительно все входящие сообщения озвучиваются через беспроводную гарнитуру. Команды устройству можно отдавать голосом, т.к. МРМ умеет распознавать речь. Для решения задач «Цифровой станции» целесообразно дополнить МРМ датчиками состояния исполнителя, которые реагируют на падения и критическое состояние здоровья исполнителя в режиме управления ТПЕ - подачей команды экстренной остановки ТПЕ и сообщения о предоставлении помощи в случаях отсутствия ответа от исполнителя. Кроме того при управлении локомотивом с подножки вагона составителям для отдачи ответственных команд, рекомендуется пользоваться манипулятором, закрепленным на груди и подключенным к смартфону, с клавишами: «вперед», «назад», «стой плавно» и «стой экстренно», имеющими мануальные признаки, для управления локомотивом с подножки вагона без визуального контроля. Повторное нажатие клавиши вперед или назад должно приводить к увеличению позиции тяги, в обратном направлении – к ее уменьшению. Такая система команд позволит управлять ТПЕ, в том числе на нецентрализованных путях. Все МРМ должны быть подключены через беспроводную станционную сеть передачи данных, выполненную на базе дублированной системы цифровой радиосвязи СЦР, также как и БА ТПЕ и СУ СУДТПС. Кроме того, МРМ через узел межсетевое взаимодействия УМВ должны подключаться к управляющему уровню станции, для получения наряд-заданий.

На рисунке 1 представлена структурная схема комплексной системы управления технологическим процессом железнодорожной

станции, реализующая Концепцию, прежде всего в части управления движением ТПЕ.

Учитывая специфику статьи, при описании работы системы управления будем делать акцент на организационные и технологические аспекты ее функционирования, не детализируя техническую структуру и взаимодействие отдельных модулей, которая проработана в достаточной степени и защищена патентами.

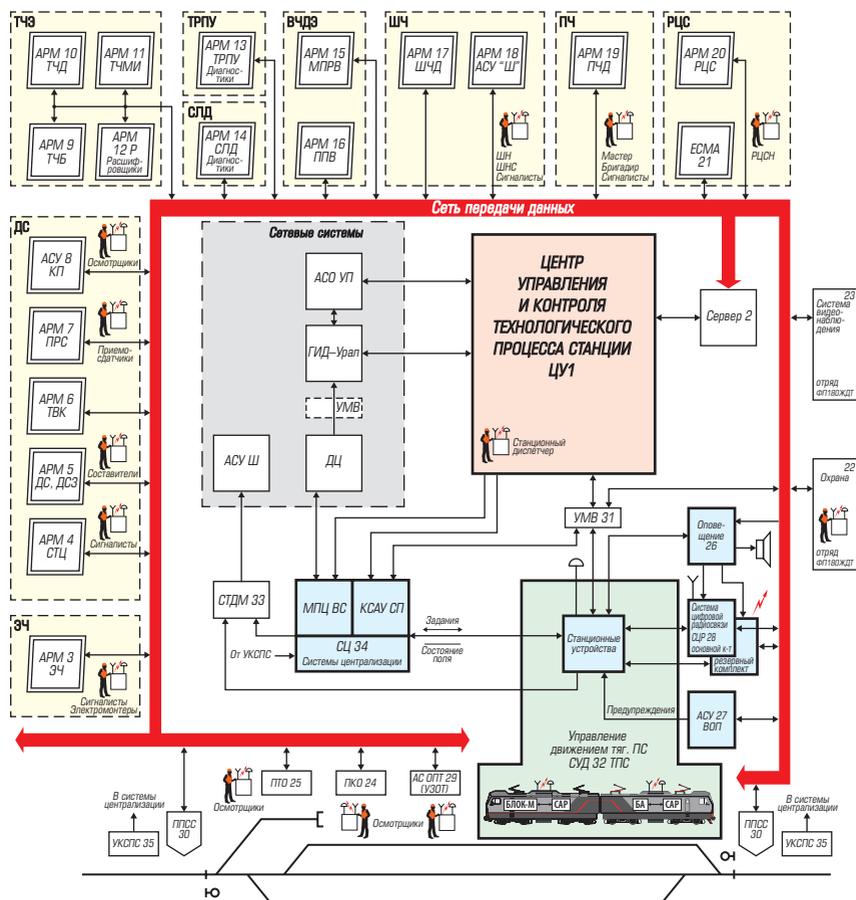


Рис.1. Структурная схема комплексной системы управления технологическим процессом железнодорожной станции

ЦУ, в соответствии с планом формирования грузовых поездов и расписанием движения пассажирских и пригородных поездов, подготавливает

ливаает суточный план-график работы станции, с учетом результатов технического нормирования по данным динамической модели, и рассылает его по сетям передачи данных причастным линейным предприятиям для согласования. Линейные предприятия, по кругу ведения, прикрепляют к план-графику локомотивы или другие тяговые подвижные единицы ТПЕ, локомотивные бригады (при необходимости), составителей поездов, сигнальщиков, осмотрщиков и другой персонал. В качестве идентификаторов используются для технических средств – номера ТПЕ, для локомотивных бригад – номера индивидуальных носимых электронных систем регистрации, а для остальных исполнителей – номера индивидуальных носимых терминалов. Инфраструктурные линейные предприятия (ШЧ, ЭЧ, ПЧ, РЦС) планируют на данный период работы на поле, указывают индивидуальные номера терминалов исполнителей, районы и виды работ, выполняемых на поле. Согласовывают и вводят в АСУ ВОП «окна» для технического обслуживания устройств и предупреждения об ограничениях скорости с указанием места, временного интервала и исполнителей, привязанных к индивидуальным носимым терминалам. Количество и номенклатура линейных предприятий зависит от типа и класса железнодорожной станции и в общем случае является величиной переменной. Ответственные исполнители указанных линейных предприятий обязаны в течении смены поддерживать прикрепление ТПЕ, локомотивных бригад и исполнителей к план-графику, своевременно внося в него изменения. План-график с прикреплением ТПЕ и исполнителей не позже, чем за 1–2 часа до начала периода исполнения, поступает в ЦУ, отображается на АРМ станционного диспетчера (единственного представителя диспетчерского персонала станции), вместе с текущим состоянием модели станции, а также данными ожидаемого похода поездов. После согласования станционного диспетчера суточный план-график передается исполнительным блокам ЦУ и линейным предприятиям для контроля и оперативной коррекции, при необходимости. ЦУ на основе информации о текущих параметрах модели технологического процесса, обновляемых норм технического нормирования для данной станции и прогноза (на 1–1,5 часа) подхода поездов и вагонов от АСОУП и ГИД Урал, формирует оперативный предварительный план-график работы станции на 1–2 часа, детализирует его на имитационной модели, построенной на базе известной технологии АС ТРА, до уровня не менее трех вариантов последовательного выполнения адресных наряд-заданий тяговыми подвижными единицами и прикрепленными работниками линейных предприятий железной дороги, по критериям, заданным станционным или поездным (по телефонной связи) диспетчером, или формируемым платформой ИСУЖТ и в графиче-

ском виде представляет станционному диспетчеру. Согласованный диспетчером вариант оперативного графика передается в накопитель ЦУ и далее для управления и контроля исполнительным блокам ЦУ, совместно с наряд-заданиями исполнителей не участвующих непосредственно в управлении ТПЕ. Наряд-задания ТПЕ и исполнителей участвующих в управлении ими синхронно с ходом технологического процесса передаются из накопителя ЦУ, через устройство межсетевого взаимодействия, в СУ СУДТПС.

СУДТПС отвечает за результат выполнения операции, безопасность движения и охрану труда исполнителя. Наряд-задания исполнителям не участвующим в процессе управления ТПЕ (для ПТО, ПКО, АС ОПТ) формируются ЦУ в части уведомления исполнителя, информационного сопровождения выполнения операции, уведомления от исполнителя о выполнении и подтверждения выполнения.

Организация маневровой работы по наряд-заданиям ЦУ определяется действующими инструкциями. В настоящее время за безопасность движения при маневрах отвечают машинист при движении локомотивом вперед и составитель, который должен располагаться на подножке первого вагона при движении вагонами вперед. Это означает, что при использовании маневровых локомотивов без машинистов, за каждым локомотивом закрепляется составитель, который сопровождает его при выполнении любых операций.

В процессе выполнения любой операции по перемещению подвижных единиц СУДТПС измеряет ее длину, как путь, пройденный от момента занятия изолированного участка до освобождения предыдущего участка на маршруте движения. Неоднократное измерение этого параметра в течении одного или нескольких полурейсов, без изменения длины состава, позволяет получить достоверную оценку длины подвижной единицы.

При известной длине изолированных участков, информация о которой содержится в модели, и известной длине колесной базы ПЕ (определяемой инвентарными номерами входящих в маневровый состав вагонов), ее скорости и направлении движения, СУДТПС прогнозирует моменты занятия и освобождения изолированных участков маршрута движения. Отклонения этих событий, поступающие из СЦ, от расчетных значений, подтвержденные несколькими измерениями подряд, являются основанием для формирования заявок в систему технической диагностики для проверки работоспособности рельсовых цепей на этих участках. Кроме того, информация о времени проследования участка известной длины используется СУ СУДТПС

для оценки значения средней скорости ТПЕ и сравнения ее с допустимым значением на этом участке. При угрозе безопасности движения СУ СУДТПС может изменить задание ТПЕ и откорректировать его скоростной режим, вплоть до принудительной остановки. БА ТПЕ по информации о моментах занятия и освобождения изолированных участков известной длины, поступающих от СУ СУДТПС по каналам СЦР, проверяет и, при необходимости, автоматически юстирует бортовые датчики скорости.

СУДТПС регистрирует перемещения ПЕ известного веса по изолированным участкам, обеспечивает индивидуальный учет нагрузки каждого участка, транслируя эту информацию в ЦУ для планирования обоснованных сроков и объемов капитального ремонта пути.

Горочные технологические операции по управлению надвигом и роспуском составов выполняются локомотивом без локомотивной бригады и включают заезд локомотива под состав, подтягивание/попутный надвиг/основной надвиг и роспуск состава. При возникновении нерасцепа или нештатной ситуации на спускной части горки возможны неплановые остановки роспуска или осаживание на необходимую для расцепки вагонов глубину. Программа роспуска, в виде сортировочного листка, рассчитывается ЦУ и вводится в КСАУ СП после уточнения по результатам технического и коммерческого осмотра состава. Параметры маршрута надвига горочного локомотива регистрируются и рассчитываются СУДТПС, а затем вводятся в КСАУ СП в соответствии с наряд-заданием на надвиг состава, для расчета переменной скорости роспуска. Дополнительный контроль скоростного режима движения локомотива во время выполнения горочных операций по роспуску, осаживанию или съему вагонов, не разрешенных к роспуску, осуществляет составитель, выполняющий расцепку вагонов на вершине горки. В его функции входят операции: остановка роспуска, например, при нерасцепе, отдача команды и управление движением назад для осаживания состава после остановки роспуска, остановка осаживания состава и разрешение движения для продолжения роспуска, которые выполняются при помощи носимого терминала. При съеме вагонов с горки, составитель может, управляя локомотивом с носимого терминала, спустить нерасцепленный состав до верхней тормозной позиции и отдать команду КСАУ СП для затормаживания его в вагонных замедлителях требуемой тормозной позиции, а затем выполнить операцию отцепки вагона и вытяжку состава на пути надвига для продолжения роспуска. Скатывание оставленного в вагонном замедлителе отцепа осуществляется КСАУ СП штатным порядком или выполняется другим

локомотивом под управлением составителя, в соответствии с наряд-заданием. Уведомление о начале надвига состава поступает на прикрепленный носимый терминал составителя, осуществляющего расцепку вагонов, от ЦУ. Условия для переключения носимого терминала составителя в управляющий режим создаются при выходе головного вагона надвигаемого состава за виртуальный повторитель горочного светофора, с проверкой выхода составителя в зону расцепки вагонов и запроса на передачу управления, которые проверяются СУДТПС. В противном случае роспуск состава останавливается у горочного светофора. Программа роспуска передается на носимый терминал из ЦУ, через УМВ, по каналам СЦР, а длина отцепов, синхронно с ходом роспуска и результатами расцепа, отображается на указателях количества вагонов в трех смежных отцепах, устанавливаемых в зоне горба горки и управляемых КСАУ СП. Скорость горочного локомотива рассчитывается КСАУ СП, по условиям разделения вытормаживания отцепов, на основании анализа программы роспуска и, указанных в сортировочном листе, параметров и особых признаков смежных отцепов. Глубина расчета определяется суммарной длиной отцепов достаточной для снижения текущей скорости состава до минимального расчетного значения. Дополнительно при расчете скорости учитываются индивидуальные особенности плана и профиля сортировочной горки и путей надвига, условия безопасной работы составителя и возможности локомотива по реализации перепадов скоростей. Значения заданной скорости роспуска передаются из КСАУ СП в СУ СУДТПС и далее БА локомотива по каналам СЦР синхронно с ходом роспуска. При остановках роспуска или после осаживания скоростной режим КСАУ СП пересчитывается. По окончании роспуска, команда на остановку горочного локомотива поступает с носимого терминала составителя или от СУ СУДТПС по команде от КСАУ СП об окончании роспуска. Заезд горочного локомотива под состав, как правило, состоит из двух или более полурейсов: от вершины горки за разделительную стрелку, а затем на путь, занятый подготовленным к расформированию составом со сменой направления движения. ЦУ уведомляет сигналиста об операции по снятию закрепления на пути ХХХ парка ХХ с упреждением относительно горочного локомотива. Прикрепленный носимый терминал переводится сигналистом в режим управления ТПЕ после проверки СУДТПС следующих требований безопасности: прикрепленный носимый терминал и номер локомотива соответствуют наряд-заданию, сигналист находится в зоне устройства закрепления заданного пути УТС, локомотив выполняет маршрут заезда на путь занятый данным составом, есть запрос на

перевод носимого терминала в режим управления. СУДТПС рассчитывает тормозную кривую локомотива с остановкой перед последним вагоном расформировываемого состава, координата которого определяется, как удаление от УТС на длину состава и по данным о заполнении пути, на котором находится состав. Сигналист с напольного пульта управления УТС дает команду СЦ на активацию УТС, которая выполняется с проверкой замыкания УТС и наличия колеса вагона в рабочей зоне устройства. По показаниям носимого терминала, поступающим от датчиков скорости и приближения локомотива, сигналист контролирует скорость и расстояние до вагона, при необходимости останавливает локомотив перед вагоном и отдает команду вперед (назад) на прицепку к составу. Зафиксировав прицепку, сигналист отдает команду назад (вперед) с башмака и проверяет по движению состава надежность прицепки. При необходимости операция повторяется. После освобождения рабочей зоны УТС колесом вагона, сигналист с напольного пульта УТС отдает команду упор снять. СЦ, с проверкой ухода колеса из зоны закрепления, снимает блокировку и переводит УТС в нейтральное положение. Сигналист, убедившись в переводе УТС в нейтральное положение, информирует СУДТПС о завершении операции, которая проверяет достоверность события по сообщениям СЦ и БА ТПЕ отражает его в модели дислокации и передает в ЦУ. Одновременно СУДТПС отменяет режим управления ТПЕ с прикрепленного носимого терминала.

В ряде случаев, когда необходима прицепка и отцепка от состава одиночного локомотива, а закрепление состава выполнено с помощью устройств типа вагонных замедлителей или напольных устройств точечного типа, операция может быть выполнена без участия сигналиста или составителя. Прицепка в этом случае осуществляется по показаниям датчика приближения локомотива, установленного на его переднем буферном бруске по ходу движения. Сигнал датчика о соединении с составом служит командой остановки ТПЕ. Проверка надежности прицепки выполняется при движении в противоположную сторону и считается успешной, если этот же датчик приближения не фиксирует увеличение расстояния от локомотива до ближнего вагона состава. Такая технология успешно внедрена в сортировочной системе ст. Лужская. Отцепка локомотива осуществляется кратковременным движением в сторону состава с одновременной подачей команды на отцепку устройствам управления автосцепкой по ходу движения. Для проверки отцепки локомотив кратковременно двигается в обратную сторону. При успешной операции датчик приближения локомотива со стороны состава должен показывать удаление от вагона.

Выполнение операции осаживания вагонов в сортировочном парке при закреплении накопленного состава с помощью ручных тормозных башмаков выполняется ТПЕ без локомотивной бригады с сигнальщиком по технологии описанной выше. Если на выходе путей сортировочного парка стоит устройство закрепления типа заторможенного вагонного замедлителя огражденного путевыми датчиками или БЗУ ДУ, то процедура осаживания выполняется без сигнальщика и предусматривает:

- задание маршрута, длину которого вычисляют по данным системы Контроля заполнения путей сортировочного парка КЗП, на путь занятый осаживаемыми вагонами;
- прицепку локомотива к составу по показаниям датчика приближения локомотива расположенного на переднем буферном бруске по ходу движения;
- осаживание состава по пути сортировочного парка до фиксации КСАУ СП движения вагонных колес по датчикам (счетчикам осей) ограждающим устройство закрепления на данном пути;
- остановка локомотива по команде КСАУ СП;
- команда отцепки устройствам управления автосцепкой ТПЕ по ходу движения, остановку и движение назад с проверкой отцепки по датчику приближения локомотива;
- сообщение СУДТПС о завершении операции.

Экстренная остановка ТПЕ по команде от прикрепленного терминала, находящегося в режиме управления, в случае падения или критическом ухудшении здоровья исполнителя регистрируется СУДТПС и доводится до станционного диспетчера. Возможность движения восстанавливается, если в течении контрольного периода поступает запрос от исполнителя на продолжение операции, а показания навигационных датчиков и датчиков состояния его носимого терминала подтверждают его способность к продолжению работы. При отсутствии запроса от исполнителя и положительных показаний датчиков, СУДТПС формирует сообщение в ЦУ о замене исполнителя. Прерванное наряд-задание аннулируется, а место происшествия ограждается. Оперативный план работы станции и соответствующая ему последовательность наряд-заданий корректируется, в части причастных, к данному ТПЕ, ниток графика. Контроль технологического процесса на станции осуществляет станционный диспетчер, на экранах АРМ которого отображается динамическая модель технологического процесса, оперативный и суточный план-графики работы станции, ожидаемый подход поездов. При возникновении на станции нештатных

ситуаций или отказов технических средств централизации диспетчер имеет возможность остановить роспуск, с помощью перекрытия горочного светофора или отменить запрет на продолжение роспуска. Принять поезд по пригласительному сигналу входного светофора, после докладов работников причастных линейных предприятий об установке стрелок по маршруту. Координацию действий исполнителей станционный диспетчер осуществляет по каналам цифровой радиосвязи через носимые терминалы.

Выполнение профилактических и ремонтных полевых работ инфраструктурными линейными предприятиями регламентируется предупреждениями аккумулируемыми АСУВОП. С упреждением к заявленному времени проведения полевых работ, АСУВОП уведомляет, через АРМ, диспетчера соответствующего линейного предприятия о запланированной операции по сети передачи данных и исполнителей на носимые терминалы по каналам СЦР. Получив подтверждение от диспетчера, АСУВОП передает предупреждение СУДТПС. Процедура управления ТПЕ в зоне проведения работ описана выше. Контроль местоположения исполнителей, состояния технических средств ЖАТ по маршруту движения, а также формирование сообщения с упреждением исполнителей осуществляет СУДТПС. Регистрирует команду исполнителя о начале работ и, начиная с этого момента, посылает сообщения на носимые терминалы исполнителей, предупреждая о приближении ПЕ, а также информирует БА ТПЕ о месте проведения работ. БА ТПЕ в режиме управления без машиниста, получив по цепям СЦР предупреждение о месте проведения работ, корректирует скоростной режим проследования места работ и управляет подачей звуковых сигналов. В режиме с машинистом сообщение о предупреждении выводится на монитор БА ТПЕ и в форме речевого сообщения о предупреждении. В обоих случаях БА ТПЕ контролирует выполнение маршрутного задания, скоростного режима, исправность функционирования оборудования и предотвращает нарушения безопасности движения, корректируя задания по скорости или, в крайнем случае, формируя команду экстренной остановки, которая исполняется системой управления. СУ СУДТПС контролирует процесс выполнения предупреждения ТПЕ и информирует СТДМ о проведении профилактических и ремонтных работ по хозяйству автоматики и телемеханики, через УМВ и сеть передачи данных информирует систему ЕСМА о работах по хозяйству связи, а также диагностические АРМы других хозяйств по кругу ведения. Приведенные выше технические решения обеспечивают движения, труда и контроль выполнения профилактических работ и ремонта технических средств.

Приближение ПЕ к местам перехода через пути и пассажирским платформам, а также к другим местам, отмеченным в модели станции, как пункт оповещения, контролируется СУДТПС, которая, с фиксированным упреждением, инициирует голосовое сообщение через систему Оповещения.

Технологические операции технического и коммерческого осмотров по прибытии состава с переработкой на станцию, а также при подготовке сформированного состава к отправлению, осуществляются путем взаимодействия ЦУ с соответствующими пунктами ПТО и ПКО по станционной сети передачи данных, а с исполнителями по каналам СЦР через аппаратуру УМВ. Предварительное опробование тормозов выполняется вагонниками совместно с системой АС ОПТ. Опробование тормозов перед отправлением поезда выполняется после прицепки поездного локомотива вагонниками с носимыми терминалами, управляющими тормозной системой локомотива по разрешению СУДТПС, которое они получают после выполнения процедуры описанной выше для маневровых операций. Результаты осмотров и опробования тормозов передаются соответственно от аппаратно-программных комплексов ПТО, ПКО, АС ОПТ, СУДТПС в ЦУ, регистрируются в динамической модели и протоколах работы системы управления станцией, а также документально оформляются в соответствии с требованиями электронного документооборота.

БА ТПЕ поездного локомотива, после оформления электронного пакета поездных документов, получает от СУ СУДТПС маршрут отправления и разрешение на движение. На участке удаления по навигационной координате БА ТПЕ настраивают аппаратуру на прием кодов АЛСН, датчиков САУТ и переходят на частоту управления РБЦ данного перегона. ЦУ формирует для АСОУП и ГИД «Урал – ВНИИЖТ» сообщение об отправлении поезда и передает пакет поездных документов.

Таким образом, Комплексная система управления технологическим процессом железнодорожной станции позволяет в режиме автоматического управления:

- обеспечивать безопасность движения при выполнении поездных, маневровых и горочных операций;
- обеспечивать безопасность труда работников железнодорожного транспорта путем применения малолюдных и безлюдных технологий, индивидуального информирования людей на путях о приближении подвижного состава, подачи звуковых сигналов, снижения скорости роспуска и экстренной остановки ТПЕ при предупреждениях, происшествиях или ухудшении состояния здоровья исполнителей;

- обеспечивать управление тяговым подвижным составом ТПЕ на территории станции и прилегающих путях без участия локомотивных бригад;
- обеспечивать задание маршрутов в поездном, маневровом и горочном режимах без дежурных по станции и сортировочной горке;
- исключить существенное влияние на безопасность движения и эффективность технологического процесса «человеческого фактора»;
- автоматизировать операции планирования, технического нормирования, документирования и отчетности при управлении технологическим процессом на станции;
- снизить капитальные затраты на автоматизацию технологического процесса на железнодорожных станциях за счет исключения оборудования напольных светофоров, устройств АЛСН и САУТ, АРМ дежурных по станции и маневровых диспетчеров, а также их аппаратуру обеспечения – кабельные сети и питающие установки;
- существенно снизить эксплуатационные затраты на станции за счет сокращения ряда категорий работников станции: дежурных по станции, маневровых диспетчеров, сотрудников СТЦ, списочков; локомотивного эксплуатационного депо: локомотивные бригады и количество машинистов-инструкторов; сокращения объектов обслуживания и их энергетических затрат;
- повысить пропускную способность железнодорожных станций за счет оптимизации планирования, сокращения длины полурейсов и межоперационных интервалов, совмещения поездных и маневровых маршрутов в горловинах, применения прогрессивной технологии расформирования/ формирования составов, исключения негативного влияния климатического фактора;
- повысить точность планирования технологических операций посредством замены усредненных технических норм сетевого или регионального значения на индивидуальные объектные нормы, дифференцированные по климатическим периодам и характеру перерабатываемого потока;
- снизить потери от отказов и сбоев напольных устройств систем управления путем организации контроля со стороны смежных устройств и парирования негативных последствий за счет межблочного резервирования.
- улучшить качество обслуживания и дисциплину работников инфраструктурных линейных предприятий путем ежедневного планирования работ и контроля действий каждого исполнителя;
- обеспечить прозрачность и объективность технологического процесса станции для систем управления регионального и сетевого

уровней, а также соответствующих служб управлений железных дорог и дирекций ОАО «РЖД»;

- ввести безбумажный документооборот на железнодорожной станции;
- обеспечить контроль своевременной профилактики, ремонта и замены элементов путевого развития станции (стрелочных переводов и путей), напольных устройств (вагонных замедлителей, УТС и др.) путем учета нарастающим итогом веса пройденных подвижных единиц и количества срабатываний исполнительных механизмов.

В заключении оценим полноту решаемых задач приведенных в настоящей статье. В качестве критерия примем Таблицу 1 Модульный принцип построения системы управления станцией, помещенную в конце Концепции. Из 25 модулей рекомендованных Концепцией в представленных материалах 2 не рассмотрено.

Модуль 17 Автоматическое закрепление подвижного состава. Существующие решения в виде точечных стояночных замедлителей апробированные на ст. Лужская требуют, как минимум, специализированных профилей станционных парков и целесообразны только при работе с поездами. Кроме того, необходимо проверить его эффективность с учетом трудоемкости обслуживания, в условиях снежного покрова, в зоне которого находится значительное число станций ОАО «РЖД». Предложенный в статье способ закрепления основан на традиционных средствах и применим для поездов, сформированных составов и отдельных групп вагонов. Может применяться для парков с различным профилем, а также для закрепления с двух сторон. Кроме того выполнение маневровых операций по прицепке/отцепке вагонов силами составителя в значительной степени обесценивает целесообразность применения модуля 17, по крайней мере, в зоне расформирования/формирования составов маневровыми локомотивами.

Модуль 20 Автоматическое расцепление вагонов на сортировочной горке. Разработчики ОАО «РЖД» неоднократно пытались решить эту проблему, но неудачно. В мире нет подобных устройств, ориентированных на существенную неравномерность длин отцепов, на чем настаивают функциональные заказчики. Предварительное расцепление вагонов, например в Германии, не применяется на сортировочных станциях ОАО «РЖД», по условиям безопасности, эффективности и жестким требованиям к профилю. В тоже время необходимость управления составом при нерасцепках и осаживании, находясь непосредственно в зоне расцепления состава, делает необходимость в применении модуля 20 не таким привлекательным.

Список литературы

1. Концепция «Цифровая железнодорожная станция», утверждена ОАО «РЖД» 7.11.2018г.
2. Савицкий А.Г. К вопросу организации беспилотного движения / А.Г. Савицкий, И.Ю. Рудышин, Г.А. Зуев // Железнодорожный транспорт. – 2019 - №5 – С. 39-44.
3. Савицкий А.Г. Инновационный подход к управлению движением на станциях / А.Г. Савицкий, А.В. Шурдак, И.В. Мирошкин // Автоматика, связь, информатика. – 2016 - №№ 3, 4, 5.



Хатламаджян А.Е. Соколов В.Н. Ольгейзер И.А. Золотарев Ю.Ф.

Развитие комплекса системообразующих технических решений цифровой станции

Ключевые слова:

железнодорожная станция, цифровые интеллектуальные технологии, модели реального времени, системообразующая техническая платформа, системы автоматизации, цифровая станция, интеллектуальные технологии

Введение

Применение современных прорывных информационных и интеллектуальных технологий киберфизических систем и индустрии 4.0 [1] на железнодорожной станции и, в частности, на сортировочной станции, как самой сложной части системы обслуживания грузопотоков, должно привести к резкому повышению производительности труда, сокращению эксплуатационных расходов, переходу на малолюдные технологии работы с одновременным повышением безопасности прохождения технологических процессов.

Реинжиниринг бизнес-процессов в рамках цифровой трансформации прежде всего опирается на автоматизацию существующих технологических процессов, роботизацию, электронный документооборот, формирование цифровых моделей объектов и процессов с переходом, в дальнейшем, к цифровым двойникам.

В развитие проекта «Цифровая железная дорога» в ОАО «РЖД» в 2018 году была разработана концепция «Цифровая железнодорожная станция». Концепцией определены направления развития и со-

вершенствования работы станций за счет цифровой трансформации, подразумевающей комплекс мероприятий, призванных увязать технологические цепочки работы станции в единый сквозной технологический процесс.

Концепцией предусмотрен блок из 24 цифровых модулей, позволяющих реализовать в целом идею цифровой железнодорожной станции, используя как уже внедренные на сети автоматизированные и информационные системы, так и новые, разрабатываемые на основе инновационных технологий.

В целом, задачи цифровизации станции можно поделить на две взаимоувязанных группы: информационно-планирующие системы и контрольно-управляющие (обеспечивающие).

В информационно-планирующих системах реализуются бизнес-процессы управления работой станций, включающие в себя оперативное обеспечение документооборота, управление перевозочным процессом, оборотом вагонов, локомотивов, планирование составообразования, движения поездов и т.п.

Для нормальной работы систем первой группы необходимо техническое обеспечение, предоставляющее объективный контроль реальной технологической ситуации, выполнение управляющих команд, контроль работы систем и устройств, обеспечение безопасности и т.п. Эти базисные функции обеспечиваются второй группой систем. Очевидно, что без реализации функционала систем «нижнего уровня» ожидаемого эффекта от внедрения цифровой железнодорожной станции не будет.

Центральной дирекцией управления движением ОАО «РЖД» реализуется проект на базе сетевой системы Цифровая железнодорожная станция (ЦЖС), позволяющий, наряду с используемыми системами управления станциями (АСУ СТ), оптимизировать работу станций за счет автоматизации и интеллектуализации процессов планирования и контроля выполнения.

Несмотря на свою инновационность, системы «верхнего уровня» управления станциями (ЦЖС, АСУ СТ) вынуждены использовать данные ручного ввода информации о выполнении технологических операций, что вносит значительные искажения в формируемые показатели и ограничивает эффективность автоматизированного планирования работы станции.

АО «НИИАС» имеет многолетний опыт разработки сложных технико-технологических автоматизированных систем, выполняющих различные функции управления, безопасности, контроля и измерения. Также, институтом разработаны сложные комплексные информационно-управляющие системы. Благодаря наличию большого числа нарабо-

ток и уникального опыта, сотрудникам института удалось создать ряд автоматизированных систем, выполняющих базисные функции в реализации концепции «Цифровая железнодорожная станция» - обеспечение информационно-планирующих систем (ИПС) объективной информацией о состоянии объектов и субъектов управления работой станции в реальном времени в автоматическом режиме (дислокация подвижных единиц, работников, фиксация технологических операций и пр.), а также управление технологическими процессами (КСАУ СП, ПГИ, МАЛС).

В настоящий момент на решающих узловых станциях сети дорог ОАО «РЖД» согласно утвержденной «Актуализированной схеме размещения и программы развития сортировочных станций, с учетом развития вспомогательных к ним (технических, предузловых) станций» и ее подпрограммы «Цифровой сортировочный комплекс» ведется проектирование и внедрение модулей цифрового сортировочного комплекса (ЦСК), к которым относятся:

- Интегрированный пост автоматизированного приема и диагностики подвижного состава на сортировочных станциях ППСС;
- Комплексная система автоматизации управления сортировочным процессом КСАУ СП [3];
- Маневровая автоматическая локомотивная сигнализация МАЛС;
- Интерактивный пульт КСАУ СП[4];
- Автоматизация маневровых передвижений по горке;
- Автоматизированное ограждение/закрепление в парках станции;
- Расширенный обмен информацией с АСУ станции;
- Система контроля и подготовки информации о перемещениях вагонов и локомотивов на станции в реальном времени СКПИ ПВЛ РВ[5].

Реализация пилотного проекта ЦСК и ЦЖС наглядно продемонстрировала необходимость в комплексной обеспечивающей технической платформе, без которой невозможно прорывное развитие работы станций.

Анализ функционального наполнения разработанных АО «НИИАС» автоматизированных систем и робототехнических комплексов (РТК) показал, что реализация 18 из 24 модулей, определенных концепцией «Цифровая железнодорожная станция», реализуются на основе системообразующих технических решений, разработанных институтом.

Следуя комплексному подходу, АО «НИИАС» удалось повысить эффективность работы каждой системы за счет взаимной увязки внедряемых модулей и оперативного обмена технологической информацией, что позволило расширить функциональные возможности и качественные характеристики работы ЦСК в целом (табл.1).

Таблица 1. Практическая реализация интеграции основных системообразующих технических решений

№	МОДУЛИ ЦИФРОВОЙ СТАНЦИИ	Технические решения								
		ППСС (УТТ 9)	КСАУ СП (УТТ 9)	МАЛС (УТТ 9)	СКПИ ПВД РВ (УТТ 9)	АКУ БЗУ (УТТ 9)	АКУ КЗС (УТТ 6)	СМАРТ- ПЕРСОНАЛ (УТТ 6)	КЗСП (УТТ 8)	РПК (УТТ 6)
1	Цифровая модель станции (формирование топологии, база данных объектов и событий)									
2	Модуль нормативной информации о работе всех подразделений станции									
3	Модуль Планирования очередности приема, отправления и обработки поездов									
4	Модуль автоматизированной диагностики технического состояния подвижного состава и коммерческих неисправностей									
5	Модуль автоматизированной диагностики технического состояния подвижного состава и коммерческих неисправностей по приему груза к перевозке и допуску на инфраструктуру РЖД с путей необщего пользования									
6	Модуль планирования очередности отпуска поездов и выставки в парк отправления									
7	Модуль планирования составообразования и отправления поездов									
8	Модуль планирования маневровой работы в парках и на местах необщего пользования									
9	Модуль автоматизированного формирования сменного-суточного и текущего плана работы станции и заданий на смену									
10	Модуль автоматического формирования сообщений о событиях и положении на станции всех объектов контроля (вагон, поезд, локомотив, локомотивная бригада, работник)									

№	МОДУЛИ ЦИФРОВОЙ СТАНЦИИ	Технические решения								
		ИПСС (УГТ 9)	КСАУ СП (УГТ 9)	МАЛС (УГТ 9)	СКПИШВЛРВ (УГТ 9)	АКУ ВЗУ (УГТ 9)	АКУ КЭС (УГТ 6)	СМАРТ- ПЕРСОНАЛ (УГТ 6)	КЭСИ (УГТ 8)	РТК (УГТ 6)
11	Модуль электронного документооборота									
12	Модуль автоматизированного формирования анализа эксплуатационной работы станции и выработки предложений по распределению ресурсов									
13	Модуль автоматической подготовки поездных и маневровых маршрутов									
14	Модуль контроля выполнения требований безопасности движения поездов и охраны труда, нахождения на рабочем месте									
15	Модуль автоматического закрепления подвижного состава									
16	Модуль автоматического управления поездными и маневровыми передвижениями									
17	Модуль автоматического управления сортировочным процессом									
18	Модуль автоматической расцепки вагонов на сортировочной горке									
19	Модуль подтягивания (осаживания) отцепов на путях сортировочного парка									
20	Модуль контроля предотвращения выхода подвижного состава со стороны, противоположной сортировочной горке									
21	Модуль автоматического опробования автотормозов									
22	Модуль автоматического управления процессом организации текущего содержания, ремонта ж.д. пути и его обустройств									
24	Модуль контроля исполнения									
24	Модуль контроля исполнения									

Практическая реализация интеграции основных системообразующих технических решений на базе разработок АО «НИИАС» позволяет создать техническую платформу, которая обеспечит обобщение исходной информации от всех действующих на станции систем автоматизации и централизации, проверку ее на непротиворечивость, устранение избыточности информации и формирование в реальном времени текущей поездной и вагонной модели сортировочной станции на основе данных «от колеса». Получаемый синергетический эффект от данного подхода подтверждает необходимость развития в этом направлении, поскольку напрямую влияет на показатели работы не только отдельных станций, но и сети в целом за счет наполнения достоверной информацией сетевых информационных ресурсов ОАО «РЖД».

В настоящей работе описаны основы концепции разрабатываемой системообразующей технической платформы, а также представлены примеры новых технических решений, основанных на алгоритмах машинного обучения, для повышения достоверности получаемых данных.

Принципы построения предлагаемой системообразующей технической платформы

Цифровая станция должна обеспечить комплексную автоматизацию управления и контроля технологических процессов, состояния станционной инфраструктуры в реальном времени на основе интеграции систем низовой автоматики и исключения ручного ввода информации. Цифровая станция за счет ведения динамической цифровой модели станции позволит строить график исполненной работы (ГИР) станции только по фактическим данным, формировать и актуализировать планы работы станции в режиме реального времени.

Исходя из этого, системообразующая техническая платформа должна строиться на следующих принципах [6]:

- покрытие станционных парков устройствами контроля, обеспечивающими возможность ведения достоверной цифровой модели станции;
- непрерывный мониторинг состояния всех устройств, механизмов, подвижных единиц посредством интернета вещей, технического зрения, создания алгоритмов предсказательной диагностики по прогнозируемому технико-технологическому обслуживанию объектов инфраструктуры, добавления в сеть системы персонала станции;

- непрерывное ведение цифровой модели станции на нескольких уровнях – график исполненной и планируемой работы, фактическое состояние напольных устройств, расположение подвижного состава, расположение локомотивов, расположение персонала.

Реализация вышеуказанных принципов в той или иной степени самостоятельно, либо в увязке с другими модулями цифрового сортировочного комплекса, а также с информационными системами верхнего уровня (ЦЖС, АСУ станции), осуществляется системой контроля и подготовки информации о перемещениях вагонов и локомотивов на станции в реальном времени СКПИ ПВЛ РВ. СКПИ ПВЛ РВ разработана специалистами АО «НИИАС» на основе многолетнего опыта автоматизации сортировочных процессов на решающих станциях сети дорог ОАО «РЖД».

Целями разработки системы СКПИ ПВЛ РВ являются:

- Построение единой системы фиксации событий на станции в режиме реального времени, не зависящей от конкретного типа систем низовой автоматики и напольного оборудования.
- Обеспечение АСУ станции и других информационно-планирующих систем (ИПС) достоверной информацией о фактических передвижениях подвижного состава, времени начала и окончания технологических операций на станции по реальным данным.

Эти цели в системе реализуются за счет:

- сбора информации от систем низовой автоматики и АСУ ТП станции;
- отслеживания и фиксации передвижения подвижного состава на станции;
- передачи в ИПС информации об изменении состояния и накопления в парках станции;
- передачи в ИПС информации о начале и завершении технологических операций в парках станции;
- отображения текущей дислокации подвижного состава на экранах АРМ (в том числе удаленных) и на табло коллективного пользования оперативно-диспетчерского персонала станции;
- протоколирования зафиксированных передвижений подвижного состава по станции;
- протоколирования сообщений при обмене с другими АСУ;
- диагностирования постовых и напольных устройств СЦБ станции.

Фактически, в настоящее время СКПИ ПВЛ РВ является не только самостоятельной системой сбора и обработки информации от устройств

низовой автоматике, но и агрегатором информации от систем автоматизации и контроля отдельных зон станции (КСАУ СП, ППСС, системы контроля и управления заграждающими устройствами и т.д.).

С учетом большого количества уже существующих внедряемых систем автоматизации на станции и появляющихся новых технических средств, в рамках парадигмы интернета вещей и других интеллектуальных технологий Индустрии 4.0, естественным образом появляется необходимость развития СКПИ ПВЛ РВ до общей технической станционной платформы взаимодействия всех систем, устройств, подвижных единиц и персонала на станции в реальном времени посредством общей виртуальной «сети». К основным функциям такой системообразующей технической платформы можно отнести:

- Ведение единой модели реального времени состояния всех напольных устройств на станции.
- Ведение единой модели реального времени расположения всех подвижных единиц станции (вагон, локомотив, маневровая группа, состав). Модель должна включать информацию о типе, габаритах, состоянии подвижного состава по данным, полученным от ППСС, либо от других пунктов фиксации перемещения подвижного состава по станции.
- Ведение единой модели реального времени расположения всего персонала станции, в том числе находящегося в опасных зонах, имеющего электронные средства контроля местоположения.
- Обеспечение информационного взаимодействия между смежными подсистемами по общему универсальному протоколу взаимодействия за счет информации из модели реального времени.
- Возможность добавления новых устройств, персонала и систем в общую «сеть».
- Передача данных о перемещениях перерабатываемого вагонопотока и маневровых локомотивов, а также о состоянии напольных устройств в систему верхнего уровня для формирования плана работ и графика исполненной работы по данным «от колеса».
- Сохранение всей поступающей информации в базу данных.
- Работа с большими данными по накопленной статистике для анализа узких мест и возможных резервов в использовании оборудования.
- Диагностика и выдача рекомендаций по необходимому техническому обслуживанию и очередности выполнения тех или иных технологических процессов.

Реализация вышеуказанных функций с высоким уровнем готовности технологий реализована специалистами АО «НИИАС» в про-

цессе внедрения комплекса систем на станции Челябинск-Главный в 2020 году в рамках выполнения инвестиционной программы «Цифровой сортировочный комплекс».

Для реализации и развития функций системообразующей технической платформы специалистами института разработаны и разрабатываются научная основа и ряд дополнительных взаимосвязанных технических решений.

Построение цифровой модели дислокации подвижных единиц на станции в СКПИ ПВЛ РВ реализовано за счет интеллектуального взаимодействия сигналов напольных устройств (счетных точек на базе датчиков счета осей и видеораспознавания, рельсовых цепей), нейросетевых алгоритмов распознавания изображений от специализированных видеокамер и комплексирования полученной информации с другими имеющимися источниками информации от смежных систем и устройств, а также данными от информационных систем о планах по перестановке вагонов, натуральных листов и т.п.

Использование алгоритмов глубокого обучения [7] и механизмов параллельных вычислений [8] обеспечивает обработку данных и их передачу в центральный модуль управления в реальном времени. Отличительной особенностью разработанных нейросетевых алгоритмов является одновременное детектирование нескольких показателей – автосцепок, осей и номеров подвижного состава. При этом, за счет взаимодействия каждой счетной точки с общей станционной моделью размещения подвижного состава и комплексирования данных от различных источников, достигается очень высокая точность идентификации подвижных единиц, достаточная для ведения достоверной модели, при минимально необходимом составе оборудования.

Важным шагом в развитии СКПИ ПВЛ РВ является использование разработанных АО «НИИАС» беспроводных датчиков счета осей SMART.CO, позволяющее кардинально снизить затраты на внедрение системы, а также обеспечить возможность изменения конфигурации системы и расстановки счетных точек, не требующих дополнительных затрат.

Дальнейшее развитие проекта

Модель реального времени по размещению подвижных единиц на станции и по состоянию напольных устройств с достоверной информацией «от колеса» позволит на порядок повысить качество планирования выполнения технологического процесса в информационных

системах верхнего уровня (ЦЖС, АСУ СТ) с учетом реального состояния и прогноза необходимости обслуживания инфраструктуры.

Только в случае реализации основных функций системообразующей технической платформы на станции, указанных выше, станет возможным реализация алгоритмов микропроцессорной централизации с возможностью автоматического исполнения программы маршрутных заданий любого размера. Это, в свою очередь, позволит, решить задачу создания интеллектуального автомата, способного заменить человека при подготовке и проверке маршрутов приема-отправления поездов.

Также, разрабатываемая техническая платформа для сторонних систем фактически превращается в цифровой двойник [9] станции. Это позволяет использовать технологии дополненной реальности: представлять прогнозируемые производственные результаты работы станции, т.е. предоставлять обслуживающему персоналу информацию о том, что будет на различных горизонтах планирования работ; отражать текущее и прогнозировать будущее состояние объектов инфраструктуры станции, например, остаточный ресурс работы компрессорной станции и время технического обслуживания.

Цифровой двойник, по мере накопления в своем составе элементов – цифровых копий устройств инфраструктуры, а также статистики их функционирования, за счет множества зафиксированных вариантов их взаимодействия становится в сущности полноценным носителем искусственного интеллекта.

Предлагаемая структура взаимодействия подсистем цифровой станции и системообразующей технической платформы будет выглядеть следующим образом (рис. 1).

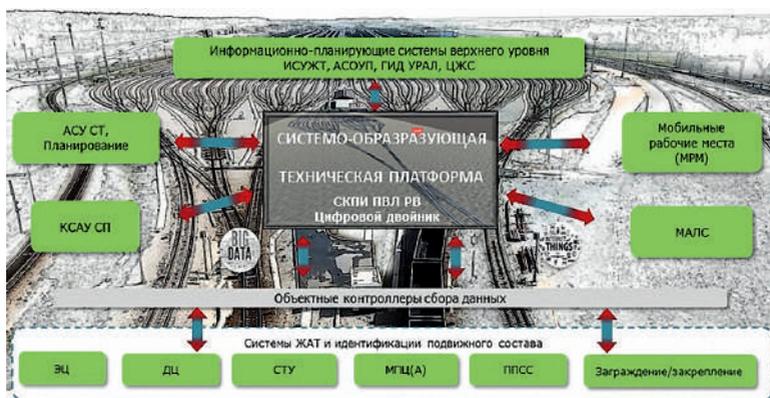


Рис. 1. Структурная схема взаимодействия системообразующей технической платформы цифровой станции

Особенностью структуры инфраструктурного обеспечения цифровой станции является возможность добавления новых подсистем посредством подключения к технической платформе по единому протоколу информационного взаимодействия.

Принципиальным отличием предлагаемой структуры является то, что человек-оператор не сможет изменить физические параметры технологического процесса (изменение дислокации подвижного состава, контрольные сигналы начала/окончания технологических операций) при несоответствии предлагаемых изменений показаниям данных системы от технических устройств.

Заключение.

В работе представлены основы концепции системообразующей технической платформы, которая позволит осуществить комплексную автоматизацию управления и контроля технологических процессов в реальном времени на основе слияния данных, получаемых от различных станционных устройств, с исключением влияния человеческого фактора.

Список литературы

1. Долгий А.И., Колесников М.В. Стратегические приоритеты развития транспорта в России. Материалы Международной научно-практической конференции «Транспорт России: Проблемы и перспективы». ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук. 2017. С 66-69.
2. Хатламаджиян А. Е., Лебедев А. И. Интегрированный пост автоматизированного приема и диагностики подвижного состава на сортировочной станции. Вагоны и вагонное хозяйство. №2. 2019 г. С. 9-13..
3. Шабельников А.Н., Иванченко В.Н., Ковалев С.М., Лябах Н.Н., Соколов В.Н., Одикадзе В.Р., Сачко В.И. Системы автоматизации сортировочных горок на основе современных компьютерных технологий. Учебник для вузов железнодорожного транспорта. Под общей редакцией проф. А.Н. Шабельникова. – Ростов-на-Дону: НИИАС, РГУПС, 2010. – 436 с.
4. Аношкин В. В., Шабельников А. Н., Шипулин Н. П. Интерактивный горочный пульт. Автоматика, связь и информатика. 2020. №5.
5. Долгий А.И., Хатламаджиян А.Е., Меерович В.Д., Разработка автоматизированной системы повагонного моделирования на железнодорожной станции. Труды второй НТК с международным участием «Интеллектуальные системы управления на железнодо-

- рожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование» (ИСУЖТ-2013).
6. Шабельников А. Н., Ольгейзер И. А., Рогов С. А. От механизации к цифровизации сортировочной станции. // Автоматика, связь и информатика. 2018. №1. С. 21-23.
 7. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation //International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention. – Springer, Cham, 2015. – С. 234-241.
 8. Sergeev A., Del Balso M. Horovod: fast and easy distributed deep learning in TensorFlow //arXiv preprint arXiv:1802.05799. – 2018.
 9. Ольгейзер И. А. Цифровой двойник сортировочной горки. // Автоматика, связь и информатика. 2020. №1. С. 20-22.



Кононенко А.А. Куликова Н.Г. Погребинский С.М. Теслинов А.Г.

Концептуальный подход к формированию информационной среды поддержки принятия технических решений, направленных на повышение энергетической эффективности объектов стационарной энергетики ОАО «РЖД», в условиях цифровой трансформации

Ключевые слова:

энергетическая эффективность, стационарная энергетика, автоматизация принятия решений

Введение

Развитие информационных технологий и одновременно повышение требований к качеству инфраструктуры ОАО «РЖД» расширяет спектр запросов к качеству процессов принятия решений относительно поддержки функционирования и развития объектов стационарной энергетики (далее – ОСЭ) и зависимых стационарных объектов (далее – СО). Основными из них являются следующие:

1. запрос на ускорение и увеличение качества расчетов энергоэффективности таких объектов и других параметров их функционирования;
2. запрос на качество выбора объектов модернизации, которые должны рассматриваться в задачах комплексного перевооружения ОСЭ и СО;

3. запрос на разработку целевых параметров совершенствования и развития ОСЭ и СО и к качеству самого процесса целеполагания;
4. запрос к точности, достоверности и регулярности контроля состояний таких объектов с помощью цифровых автоматизированных средств;
5. запрос к уровню обоснованности принятия решений на ранней стадии подготовки инвестиционных предложений относительно поддержки функционирования и развития ОСЭ и СО. Острота этого вызова в настоящее время возрастает, поскольку затраты на осуществление технических решений, связанных с реконструкцией и техническим перевооружением сложных объектов в стационарной энергетике, непрерывно возрастают, а последствия неудачных решений становятся все более ощутимыми.

Эти и другие запросы ставят перед ОАО «РЖД» сложные задачи, связанные с большим количеством разнородных решений относительно множества факторов. При этом во всех подобных задачах должен быть выполнен ряд противоречивых условий:

1. Должен быть сохранен разумный баланс между целями технического и технологического развития ОСЭ и СО и объемами инвестиций, затрачиваемых на их достижение.

2. Должна быть обеспечена высокая степень синхронизации управленческих и технических решений, принимаемых руководителями различных структурных подразделений ОАО «РЖД».

3. В процессах принятия решений должен учитываться расширяющийся спектр новых технологий, широкий диапазон характеристик используемого оборудования ОСЭ и СО (эксплуатационных, технических, стоимостных и др.), изменение критериев выбора оптимальных вариантов технического перевооружения энергетической инфраструктуры ОАО «РЖД» и многое другое.

В этих обстоятельствах принципиально важным является выбор подходов к принятию решений, которые минимизировали бы инвестиционные риски. В расхожей практике такие подходы основываются на методах системного анализа, теории принятия решений, математического аппарата нечеткого моделирования [1] и других алгоритмов решения сложных задач. Однако, сложность, неструктурированность проблем, с которыми имеют дело лица, принимающие решения (далее – ЛПР) в области повышении энергетической эффективности объектов стационарной энергетики ОАО «РЖД», превосходит возможности этих и им подобных методов.

На Рис. 1. представлена структура факторов, которые должны быть учтены при разработке решений о развитии ОСЭ и СО для улучшения показателей их энергетической эффективности.

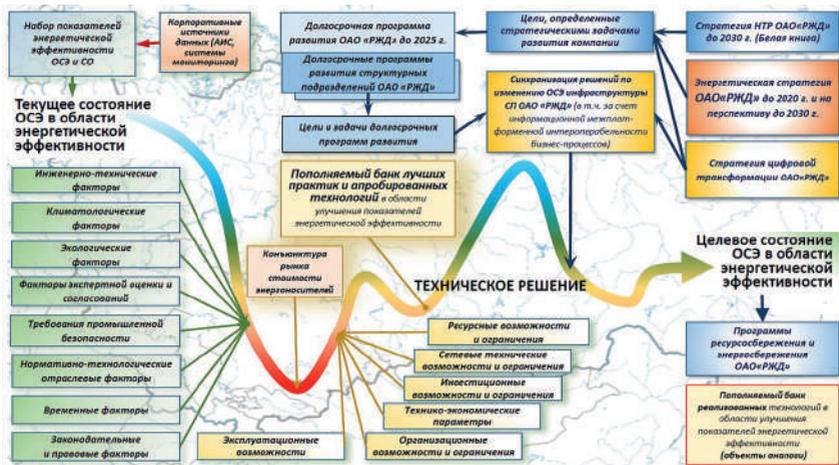


Рис. 1. Структура информационной среды принятия технических решений, направленных на улучшение показателей энергетической эффективности ОСЭ и СО

Вся эта совокупность условий задач создает чрезвычайно противоречивую информационную среду, в которой должны состояться решения [6]. В этой среде должна быть интегрирована разнородная информация о целях и стратегиях развития ОСЭ и СО, о внешних условиях их функционирования, о массивах характеристик ОСЭ и СО, о ресурсных, методических, эксплуатационных и других ограничениях принятия решений о модернизации и развитии энергетической инфраструктуры и многое другое. Очевидно, организация процессов принятия решений в такой информационной среде требует подходов, обладающих высокой продуктивностью работы с исходной неопределенностью.

Далее в статье предлагается подход, основанный на использовании ресурса концептов для анализа и проектирования сложных целостностей [7]. Подход демонстрируется на примерах, упорядочивающих процессы принятия решений о повышении энергетической эффективности ОСЭ и СО на верхних уровнях целостности, необходимой для организации продуктивной информационно-аналитической среды таких решений.

Базовые концептуальные основания организации пространства принятия решений

Центральным компонентом любой целостности, создаваемой для управления какими бы то ни было процессами, является объект управления. В пространстве решений о поддержке функционирования

ния и развития ОСЭ, обеспечивающей энергетические потребности СО, таким объектом являются состояния ОСЭ и СО. В цифровом будущем инфраструктуры ОАО «РЖД» эти состояния должны быть развернуты в виде статических и динамических цифровых моделей (далее – ЦМ) ее объектов.

Исходя из этого, первым концептуальным основанием пространства решений является идея моделирования состояний ОСЭ в виде совокупности характеристик срезов функционально-методных отношений (далее – ФМО) ОСЭ на всех фазах их жизненных циклов. Эта идея опирается на следующий ряд представлений и решений:

1. За «единицу» исследования принимается совокупность ОСЭ конкретного железнодорожного узла (ж/д узла). Каждая такая единица является субъектом сложной автоматизированной деятельности, выполняющей полный функционал энергоснабжения. У совокупности всех взаимодействующих ОСЭ, расположенных на территории ж/д узла, есть базовая функция, обусловленная их инфраструктурным назначением. Это функция обеспечения производства, передачи, распределения и потребления тепловой (электрической) энергии для нужд стационарных объектов ж/д узла;

2. Выполнение базовой функции совокупностью ОСЭ ж/д узла образуется возможностями каждого ОСЭ выполнять свою роль в упорядоченной функциональной системе в виде подфункций. Каждая подфункция имеет ряд характеристик, значимых для выполнения базовой функции, например, генерируемая мощность, нагрузка, количество пользователей, устойчивость, надежность и др. Каждая подфункция ОСЭ характеризуется конкретными наборами параметров, значимыми для выполнения ими своего назначения (потребляемая мощность, срок использования надежность и пр.), которые должны быть представлены в ЦМ ОСЭ вместе с их значениями. При этом разнообразии параметров должно быть представлено в различных типологиях, позволяющих исследовать функции ОСЭ с различных точек зрения.

3. Каждая подфункция реализуется специфическими ОСЭ, которые выступают в роли методов выполнения функций. В этом смысле методами являются котельная; тепловой пункт; тепловая сеть и другие ОСЭ. Каждый метод реализует одну или несколько функций (полифункциональные методы, монофункциональные, полиметодные функции и др.). ОСЭ как методы реализации функций должны быть представлены в ЦМ со своими признаками, характеризующими их свойства по различным основаниям (символические, географические, хронологические, геометрические и др.);

4. У каждого ОСЭ, как у метода, должны поддерживаться конкретные функции, необходимые для их бесперебойного действия. Это, например, функции восстановления, ремонта, модернизации и другие. Эти функции в цифровой модели ОСЭ следует называть «вторичными», то есть обеспечивающими функционирование каждого ОСЭ. В ЦМ методы должны быть представлены вместе с обеспечивающими их функционирование методами, реализующими необходимые функции. Такие методы называются «вторичными» методами.

5. В структуре ФМО между названными компонентами ЦМ должны быть установлены необходимые отношения. Так, между функциями и методами должны быть установлены отношения «реализации», в которых каждую функцию реализует один или несколько методов; между функциями и подфункциями должны быть установлены отношения «включения», в которых функция включает в себя несколько подфункций; между функциями и их параметрами и между методами и их параметрами должны быть установлены отношения «характеризации», в которых каждую функцию (метод) характеризует множества соответствующих им признаков.

6. Точно так же должны быть созданы ЦМ СО.

7. Таким образом мы будем строить «целостность» ЦМ комплексов ОСЭ и СО итерационной последовательностью шагов, направленных на исключение «белых пятен», а избыточность ЦМ будет редуцироваться возможностью аспектной выборки.

Такого рода представления образуют концепты состояний ОСЭ и СО, которые могут быть представлены с разной степенью полноты. А поскольку признаки так сформированных концептов формируются в виде множеств, то этим создается возможность создавать полноценные цифровые модели состояний ОСЭ и СО с разнородными классами характеристик функций и методов их реализации, фиксированных в каждый конкретный момент времени. Так организованные сведения об ОСЭ и СО представляют собой структуры базы данных о них, пригодные к использованию в различных процессах принятия решений относительно изменения их обликов (Рис. 2).

Представленными здесь моделями может быть в цифровом виде отражена статика состояний ОСЭ. Это позволит создавать цифровые модели их динамики, возникающей в ходе трансформации ОСЭ в виде их реконструкции, технологизации, модернизации, инновационного преобразования.

В процессах принятия решений относительно состояний ОСЭ должна быть реализована возможность исследовать ЦМ ОСЭ на раз-

ных фазах их жизненного цикла, обусловленного технологической генемой ОСЭ. Основными фазами жизненного цикла ОСЭ являются:

- фаза конструирования замысла (идеи) ОСЭ или комплекса ОСЭ;
- фаза разработки проекта ОСЭ;
- фаза актуального состояния ОСЭ как воплощенного проекта;
- фаза состояния на прогнозируемый момент времени за счет естественной амортизации;
- фаза прогнозируемых проектных изменений параметров и другие.

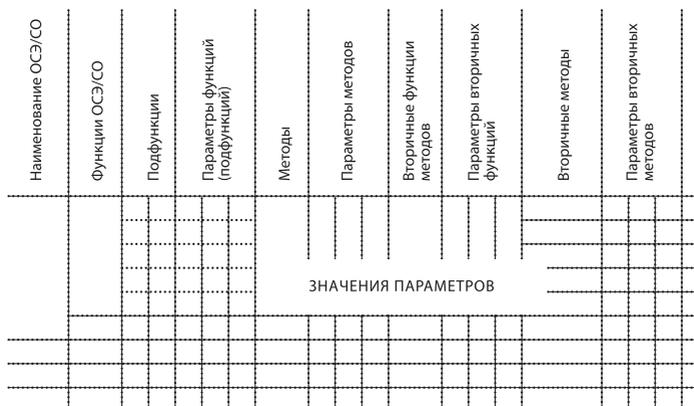


Рис. 2. Схема ЦМ ОСЭ и СО как структуры функционально-методных отношений

Исходя из этого, в информационном пространстве решений могут быть предусмотрены возможности создания нескольких ЦМ одних и тех же объектов для разных фаз их жизненного цикла (Рис. 3). Друг от друга они могут отличаться как составом компонентов, так и структурой отношений между ними.

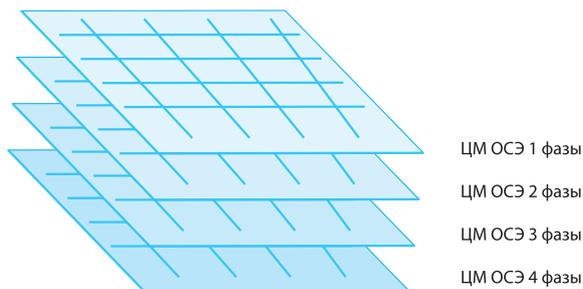


Рис. 3. Схема ЦМ ОСЭ с учетом их фаз

Эти положения приводят к концептуальной схеме ЦМ ОСЭ и СО, образованной многоместным кортежем (O,X,H,M,P,F) из шести множеств:

- O – множество объектов инфраструктуры энергетики ОАО «РЖД» (ОСЭ и СО);
- X – множество функций объектов (первичных и вторичных);
- H – множество характеристик функций;
- M – множество методов реализации функций (первичных и вторичных);
- P – множество характеристик методов;
- F – множество фаз ЖЦ ОСЭ.

Цифровое моделирование ОСЭ и СО в таком виде создает ряд возможностей, необходимых для решения разнородных задач относительно поддержки их функционирования и развития:

- Возможность оперировать значениями как реальных оценок ОСЭ и СО, отражающих реальные положения дел на станциях РЖД, так и гипотетических, проектных, идеальных, требуемых и других и сопоставлять их друг с другом для различных по целям видов анализа данных;
- Возможность создавать большое разнообразие гипотез относительно обликов ОСЭ и СО, которые могут использоваться для решения широкого комплекса разнородных задач развития инфраструктуры ОАО «РЖД»;
- Возможность расширять поле характеристик ОСЭ и СО, создавая в нем различные слои, разнообразие параметров, что позволит наращивать глубину исследования объектов для удовлетворения развивающихся потребностей их использования;
- Возможность моделировать и использовать в цифровой среде как искусственные объекты (теплогенерирующие установки, тепломеханическое оборудование, тепловые сети и другие искусственные ОСЭ и СО), так и работающих с ними людей как методов реализации функций;
- Возможность создания цифровых моделей не только конкретных ОСЭ и СО, но и их комплексов, рассматривая при этом и всю совокупность таких объектов ОАО «РЖД» как единый комплекс. Эта возможность связана с тем, что каждый ж/д узел состоит из многих функционально связанных ОСЭ и СО. Следовательно, цифровое представление каждого ОСЭ, сопоставленного в соответствующие отношения с другими ОСЭ, создаст ЦМ комплекса ОСЭ и самого ж/д узла. А поскольку ж/д узел является частью территориального участка, который входит в состав железной дороги, а совокупность дорог объединяется в инфраструктуру железнодорожной сети ОАО «РЖД», то так может быть построены ЦМ ОСЭ и СО всей организации.

Вторым базовым основанием организации пространства рассматриваемых решений является концепт системы организационного управления (СОУ) энергетической эффективностью ОСЭ и СО. Обобщенно под СОУ следует понимать человеко-машинное воплощение идеальных целостностей, создаваемых для овладения сложными объектами реальности [5]. Речь идет о концепте системы, которая могла бы обеспечивать синхронность отношений между ОСЭ и СО в широком диапазоне возмущений на их функционирование. Объектом управления в ней должны быть отношения между ОСЭ и СО, регулируемые через изменение обликов ОСЭ и СО (Рис. 4)

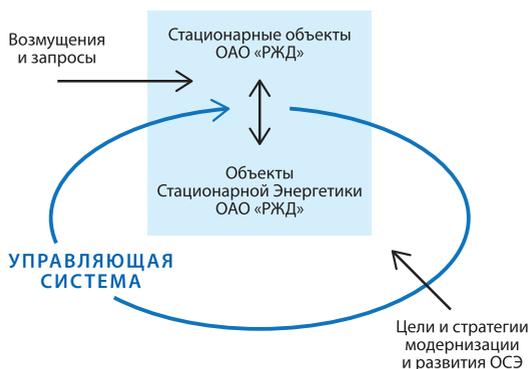


Рис. 4. Обобщенный облик системы организационного управления отношениями между ОСЭ и СО ОАО «РЖД»

Этот концепт может быть сформирован на базе конструкта целенаправленной системы адаптивного типа [8].

Цифровые аналитические инструменты, необходимые для такой СОУ, должны быть способны выполнять интеллектуальные процессы обработки данных ЦМ ОСЭ и СО, получаемых на основе цифровой трансформации результатов их аппаратного измерения с учетом разнообразных запросов, целей, стратегий модернизации и развития энергетической инфраструктуры ОАО «РЖД». В результате обработки этой разнородной информации и анализа большого массива гипотез относительно вариантов изменения технического облика ОСЭ могут вырабатываться решения относительно конкретных вариантов изменения энергоэффективности ОСЭ и комплексов ОСЭ. При этом интеллектуальная работа с гипотезами позволит обосновать наиболее оптимальные варианты поддержки функционирования и развития ОСЭ на этапе концептуального

обоснования конкретных решений. Именно это позволит снизить инвестиционные риски на ранних фазах принятия решений относительно ОСЭ.

Структура так организованной целостности представлена на Рис. 5. По мере развития инфраструктуры ОАО «РЖД» в такой СОУ будут меняться ее тезаурус (состав внутренней информации), разнообразие внешних запросов, внешние условия ее функционирования. Это потребует развития самого концепта СОУ и средств воплощения его компонентов.

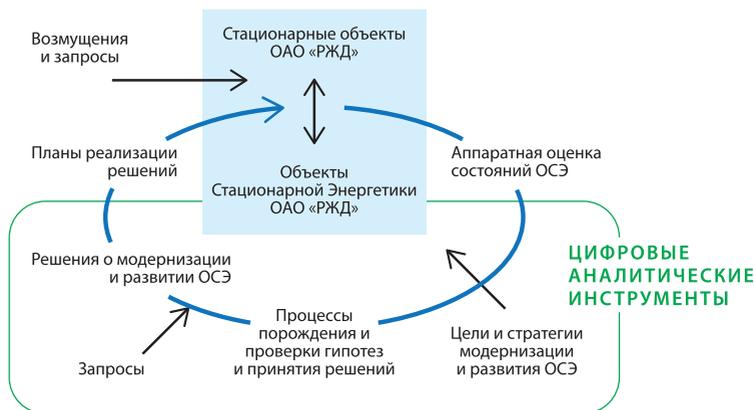


Рис. 5. СОУ ОСЭ с цифровыми аналитическими инструментами

Для полноценного упорядочения информационной среды, в которой могут приниматься технические решения относительно поддержки функционирования и развития энергетической инфраструктуры ОАО «РЖД», должны и могут быть построены и другие концептуальные конструкции. Основными из них являются следующие:

1. Концепт технической трансформации ОСЭ и СО, определяющий динамику их функционально-методных обликов;
2. Концепт экономической трансформации ОСЭ и СО, определяющий динамику экономических характеристик решений относительно развития ОСЭ и СО;
3. Концепт генератора разнообразия гипотез относительно технических обликов ОСЭ и СО, необходимых для глубокого исследования возможностей альтернативных вариантов трансформации энергетической инфраструктуры ОАО «РЖД»;

4. Концепт разнообразия запросов к СОУ со стороны различных ЛПР, заинтересованных в аспектном исследовании возможностей развития ОСЭ и СО;
5. Концепт структуры данных, необходимых для принятия решений относительно поддержки функционирования и развития ОСЭ и СО, и другие.

Концептуальные разработки по этим предметным областям ведутся в настоящее время в НИИАС. Они позволят обосновать облик интеллектуальной платформы цифровых аналитических инструментов, определить возможности их сопряжения (интеграции) с цифровыми средствами ОАО «РЖД», предложить сценарии их использования в задачах ОАО «РЖД» и рассчитать технико-экономические характеристики их внедрения.

Возможности автоматизации процессов принятия решений в концептуально спроектированной информационно-аналитической среде

Подготовка и принятие решений в СОУ, действующей с использованием ЦМ ОСЭ и СО, требует сбора, обработки и анализа больших объемов информации, для проведения расчетов на основе экономико-математических моделей и использования опыта экспертов. В современных автоматизированных системах эту роль играют информационные системы поддержки принятия решений (СППР). Под СППР понимают интерактивные компьютерные системы, которые помогают ЛПР использовать информацию и модели для решения разнородных задач. Основными преимуществами СППР, которые могут быть использованы рассматриваемой предметной области, являются следующие [3]:

- они позволяют ликвидировать разрыв между аналитиками и ЛПР, поскольку их конечными пользователями являются именно специалисты, принимающие решения, а не технические специалисты;
- они вовлекут в пространство решений экономико-математические методы и модели для обоснования альтернативных вариантов решений относительно трансформации обликов ОСЭ и СО;
- они будут оперировать данными ЦМ СОЭ и СО;
- они смогут отображать информацию в формате и терминологии, которые привычны ЛПР;
- они позволят предоставлять информацию выборочно и избегать избыточности информации.

Второй вид систем, которые должны использоваться при обосновании решений, представляют собой экспертные системы (ЭС). Под

экспертной системой понимается программная система, которая моделирует рассуждения человека – эксперта в некоторой определенной предметной области, используя базу знаний, содержащую факты и правила об этой области, и некоторый механизм логического вывода результата экспертизы. Экспертные системы не универсальны, наоборот, они моделируют знания экспертов в достаточно узких и четко определенных предметных областях. Эта особенность означает, что экспертная система, разработанная для принятия решений в одной предметной области, не может применяться в другой предметной области: требуется переработка механизма логического вывода, изменения в базе знаний и т. д.

Особенностями экспертных систем являются следующие:

- четкая ограниченность предметной области;
- наличие базы знаний;
- разделение декларативных и процедурных знаний (фактов и механизмов вывода заключений);
- возможность принятия решений в уникальных проблемных ситуациях, для которых алгоритм заранее не известен и формируется по исходным данным в виде цепочек правил принятия решений из базы знаний;
- возможность решить задачу в условиях неполноты, недостоверности, многозначности исходной информации и отсутствия количественных оценок альтернатив;
- способность в нужный момент выводить правила решений и отвечать на конкретные вопросы пользователя;
- использование интерфейса, наиболее приемлемого для пользователя данной профессии.

С учетом ситуационной неполноты и неструктурированности данных, характеризующих комплексное состояние ОСЭ и СО в области энергоэффективности, эффективным может оказаться применение многокомпонентных интеллектуальных систем. Это такие разнородные средства искусственного интеллекта, которые объединены в единую вычислительную модель и взаимодействуют между собой.

Одним из видов многокомпонентных интеллектуальных систем являются гибридные интеллектуальные системы. Это, например, гибридные экспертные системы, представляющие собой совокупность экспертных систем и нейронных сетей и соединяющие формализуемые знания (в экспертных системах) и неформализуемые знания (в нейронных сетях). В архитектуре интегрированных гибридных интеллектуальных систем главную роль играет основной модуль-интегратор, который в зависимости от текущих условий нахождения ре-

шения и поставленной цели выбирает для функционирования те или иные интеллектуальные модули, входящие в систему, и объединяет отклики задействованных модулей.

Соединение этих методов с другими методами искусственного интеллекта позволяет увеличить эффективность их способности к обучению. Интеллектуальные модули, входящие в состав ассоциативных гибридных интеллектуальных систем, могут работать как автономно, так и в интеграции с другими модулями [2].

Заключение

Сложные условия принятия решений относительно непрерывной поддержки функционирования и развития ОСЭ и СО создают риски в выполнении задач энергообеспечения инфраструктуры ОАО «РЖД». Основными рисками этой деятельности в настоящее время являются следующие:

1) риск неверного целеполагания ввиду рассмотрения вариантов изменения ОСЭ и СО изолировано от стратегических планов развития инфраструктуры смежных структурных подразделений в рамках долгосрочных программ развития и других стратегических планов развития ОАО «РЖД»;

2) риск выхода из строя оборудования из-за отсутствия достоверной (актуальной) информации о режимах и параметрах его работы;

3) риск ускорения износа узлов и агрегатов, связанного с неоптимальными режимами работы и истечением срока надежной эксплуатации;

4) риск опоздания реакций на отказ оборудования и возникновения аварийных ситуаций в случае его работы вне режимных параметров эксплуатации из-за низкой оперативности персонала;

5) риск выпадения объектов ОАО «РЖД» из цифрового ландшафта территориальных объединений, на которых они расположены, в результате отставания в автоматизации и цифровизации процессов Оценки и эксплуатации ОСЭ;

6) риск возникновения ложных (недостоверных) оценок качества состояния ОСЭ из-за неадекватных методов Оценки, индифферентных по отношению к динамичным условиям функционирования и развития ОСЭ;

7) риск больших затрат на поддержку функционирования, модернизацию и развитие ОСЭ, возникающих из-за отсутствия возможности технологичной (цифровой) проверки большого массива гипотез о вариантах решений об этой деятельности на цифровых моделях ОСЭ;

8) риск технологического отставания ОАО «РЖД» от уровня поставщиков и потребителей из-за рутинных способов технологизации,

не использующей цифровые средства контроля за объектами инфраструктуры и принятия решений на основе задействования возможностей искусственного интеллекта;

9) риск некорректной расстановки приоритетов при формировании инвестиционных программ модернизации ОСЭ, когда более критичные для модернизации ОСЭ остаются неизменными, а модернизируются те, руководство которых способно «продать» решение о модернизации.

Эти и ряд других затруднений актуальной практики энергообеспечения объектов инфраструктуры ОАО «РЖД» является отражением ряда теоретических (знаниевых) проблем деятельности, связанной с поддержкой функционирования и развития ОСЭ. Основными такими проблемами можно считать следующие:

- проблема отсутствия информационной, процессной, функциональной, методной и других моделей пространства принятия решений относительно качества ОСЭ и ее надсистем, связывающих на единой технологической платформе в целом разнородные процессы, из которых состоит принятие решений относительно функционирования и развития ОСЭ и СО. Эта проблема связана с обоснованной мобилизацией существующих возможности цифровых средств для повышения качества процесса оценки функционирования и развития ОСЭ и СО и средств, опережающих эти возможности на годы;
- проблема отсутствия обоснованных решений о сборе, интеграции и использовании разнородных данных об ОСЭ, СО и внешней среде, определяющей характер управления состояниями ОСЭ;
- проблема дефицита методологических и теоретических оснований решений относительно целевых значений результатов поддержки и функционирования и развития ОСЭ и СО, которые влияют на результативность этой деятельности.

Эти проблемы могут быть решены на основе продуктивных методов концептуального проектирования сложных решений [4]. Они изначально предназначены для структуризации чрезвычайно размытых предметных областей и теоретико-множественное обоснование сложных решений уровня концепций. Оперирование множествами, которое является инструментальной основой методологии, в наибольшей мере ориентировано на цифровой способ последующей работы с концептуально сделанными решениями. Это позволит создать конструктивную информационно-аналитическую среду для цифро-

вой трансформации процессов принятия решений в области повышения энергетической эффективности объектов стационарной энергетики ОАО «РЖД».

Список литературы

1. Городецкий А. Е., Тарасова И. Л. Нечеткое математическое моделирование плохо формализуемых процессов и систем. — СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2010. — 336 с.
2. Игнатъев В.В. Адаптивные гибридные интеллектуальные системы управления // Журнал «Известия ЮФУ». Технические науки. Тематический выпуск, Раздел III. Искусственный интеллект и нечеткие системы, с.89–94.
3. Кравченко Т.К. Экспертная система поддержки принятия решений // ОТКРЫТОЕ ОБРАЗОВАНИЕ» Издательство: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова (Москва). С. 147-156.
4. Никаноров С.П., Никитина Н.К., Теслинов А.Г. Введение в концептуальное проектирование АСУ: Анализ и синтез структур. – М.: РВСН, 1995. – 234 с.
5. Никаноров С.П. Теоретико-системные конструкты для концептуального анализа и проектирования. – М.: Концепт. – 2006. – 312с.
6. Семенов С.С., Полтавский А.В., Маклаков В.В., Крянев А.В.. Анализ методов принятия решений при проектировании сложных технических систем // XII Всероссийское совещание по проблемам управления, Москва 16-19 июня 2014 г.
7. Теслинов А.Г. Концептуальное проектирование сложных решений. – СПб. : Изд-во Питер», 2009. – 288 с.
8. Теслинов А.Г. Развитие систем управления: методология и концептуальные структуры. – М.: «Глобус», 1998. – 229с.



Шабельников А.Н. Ковалев С.М.

Диагностика вагонных замедлителей при помощи метода свидетельств Демпстера-Шафера¹

Ключевые слова:

вагонный замедлитель, комбинирование свидетельств, базовые вероятности, работоспособность, метод Демпстера-Шафера

Введение.

Основным техническим средством механизации и автоматизации процесса роспуска составов на сортировочных горках являются вагонные замедлители [5]. Посредством вагонных замедлителей осуществляется регулирование скорости свободного скатывания вагонов на сортировочной горке. Одновременно с появлением современных эффективных систем автоматизации управления вагонными замедлителями (ВГЗ) [3] актуальным стал вопрос анализа их работы для определения исправности, технических характеристик и автоматической адаптации алгоритмов управления [2].

Техническое состояние ВГЗ оценивается на основе анализа эффективности торможения проходящих через него в процессе роспуска вагонов. Торможение группы вагонов (отцеп) осуществляется в процессе ее прохождения вдоль ВГЗ путем переключения ступеней

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №№ 19-07- 00263, 19-07-00195

торможения ВГЗ в соответствии с заранее выбранной тактикой регулирования [4] (рис. 1). Каждое включение ступени ВГЗ s_i на некоторое время Δt_i , в течение которого шины замедлителя воздействуют на оси отцепа, вызывает гашение его скорости на некоторую величину $\Delta V_i'$, которая может быть зафиксирована измерительной системой.

Величину $\Delta V_i'$ назовем экспериментальным или наблюдаемым значением замедления скорости отцепа. С другой стороны, величина замедления скорости отцепа ΔV_i может быть рассчитана по одной из эмпирических формул или получена на основании данных технического паспорта. Данное значение ΔV_i назовем теоретическим замедлением скорости отцепа.

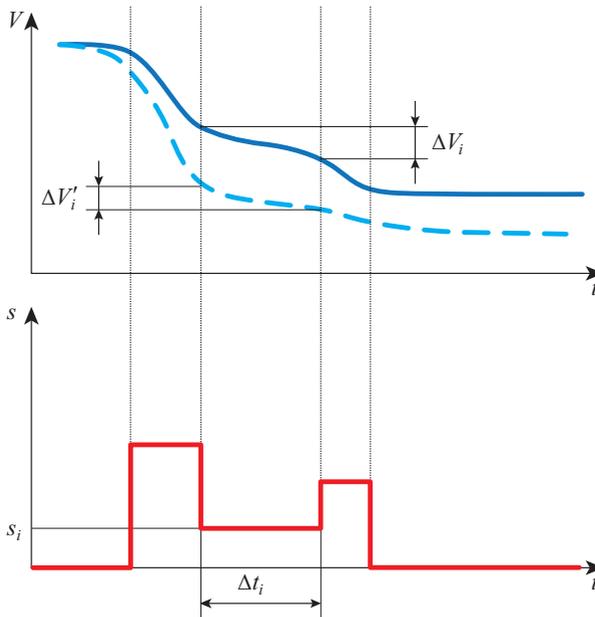


Рис. 1. Графики соответствия уменьшения скорости отцепа и включения ступеней торможения замедлителя

Очевидно, что при возникновении неисправности или постепенном износе ВГЗ теоретические оценки изменения скоростей отцепа ΔV_i будут отличаться от реально наблюдаемых в процессе торможения экспериментальных значений $\Delta V_i'$. Причем, расхождение в оценках будет тем больше, чем в более «худшем» состоянии находится ВГЗ. Поэтому расхождение в изменении скоростей между рассчитанным

теоретическим и реально измеренным экспериментальным значением отражает степень работоспособности ВГЗ.

Описание неопределенности состояния ВГЗ с помощью метода комбинирования свидетельств.

Практически значимыми при оценке работоспособности ВГЗ являются два состояния: **G** – исправное, **R** – неисправное. Каждое из этих состояний рассматривается в качестве элементарной гипотезы о техническом состоянии ВГЗ (гипотезы состояния). На практике имеет также место неизвестное состояние ВГЗ, которое может быть рассмотрено как составная гипотеза **{G, R}**. Таким образом, полное множество гипотез состояний ВГЗ $\Omega = \{G, R, \{G, R\}\}$.

Целью алгоритма является вычисление вероятностных оценок гипотез состояния ВГЗ на основе имеющейся информации об управляющих воздействиях, параметрах отцепя и его реакции на управляющие воздействия. Для этого воспользуемся формализмами теории нечетких множеств [8] и аппаратом теории комбинирования свидетельств Демпстера-Шафера [6, 7], учитывающем субъективные вероятности появления гипотез.

С точки зрения теории нечетких множеств, имеется лингвистическая переменная РАБОТОСПОСОБНОСТЬ, имеющая два лингвистических значения (ЛЗ) G и R, соответствующих выше определенным гипотезам состояний устройства **G** и **R**. Для формализации данных ЛЗ введем в рассмотрение величину δ_i , рассчитываемую по формуле (1):

$$\delta_i = \begin{cases} \frac{|\Delta V_i - \Delta V_i'|}{V_{max}} & \text{при } |\Delta V_i - \Delta V_i'| < V_{max} \\ 1 & \text{при } |\Delta V_i - \Delta V_i'| > V_{max} \end{cases}, \quad (1)$$

где V_{max} – максимально допустимое расхождение скорости отцепя, используемое для нормализации.

δ_i характеризует относительное отклонение теоретически рассчитанного замедления отцепя ΔV_i от реально наблюдаемого уменьшения скорости $\Delta V_i'$. Величина δ_i выступает в качестве базового числового признака (базовой шкалы) для оценки ЛЗ гипотез **G** и **R**. Естественно предположить, что степень работоспособности ВГЗ (субъективная вероятность исправности) находится в обратной зависимости от величины отклонения δ_i , а степень неработоспособности ВГЗ (субъективная вероятность неисправности) находится в прямой зависимости от δ_i . В этом случае в качестве функций принадлежности (ФП),

количественно характеризующих ЛЗ, можно взять простейшие линейные параметрические функции:

$$\mu_R(\delta_i) = 1 - c_2(1 - \delta_i) \text{ при } \delta > 1 - \frac{1}{c_2} \text{ и } \mu_R(\delta_i) = 0 \text{ при } \delta < 1 - \frac{1}{c_2}$$

$$\mu_G(\delta_i) = 1 - c_1\delta_i \text{ при } \delta < \frac{1}{c_1} \text{ и } \mu_G(\delta_i) = 0 \text{ при } \delta > \frac{1}{c_1}$$

где c_1 и c_2 – параметры неоднозначности оценки работоспособности и неработоспособности (при $c_1 = 0$ или $c_2 = 0$ замедлитель может находиться в неоднозначном состоянии).

Вид ФП гипотез состояния для параметров $c_1=1$ и $c_2=2$ приведен на рис. 2.

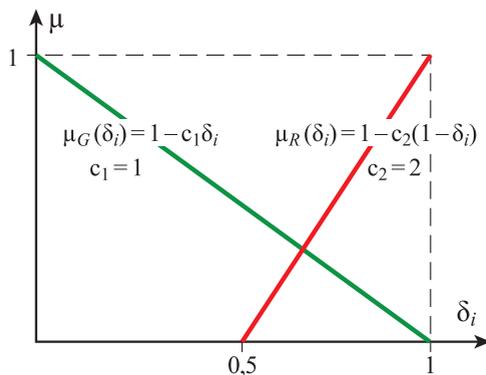


Рис. 2. Графическое представление работоспособности ВГЗ

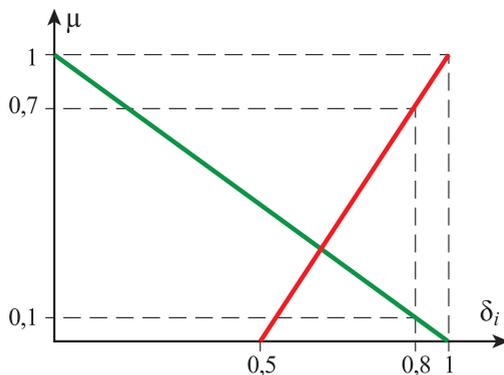


Рис. 3. Базовые вероятности состояния замедлителя при 80-процентном отклонении скорости ($m(G|s_i, \Delta t_i) = 0,1$; $m(R|s_i, \Delta t_i) = 0,7$; $m(\{G, R\}|s_i, \Delta t_i) = 0,2$)

С точки зрения теории Демпстера-Шеффера, имеются базовые вероятности $m(G|\Delta t_i)$ и $m(R|\Delta t_i)$ гипотез состояний **G** и **R** при параметрах управления $(s_i \text{ и } \Delta t_i)$, которые вычисляются для конкретного значения δ_i как степень исправности (неисправности) замедлителя за период Δt_i при подаче управляющего воздействия s_i следующим образом:

$$m(G|s_i, \Delta t_i) = \mu_G(\delta_i), \quad m(R|s_i, \Delta t_i) = \mu_R(\delta_i). \quad (2)$$

Тогда базовая вероятность гипотезы **{G, R}** о состоянии ВГЗ вычисляется на основании формулы:

$$m(\{G, R\}|s_i, \Delta t_i) = \max(0, 1 - m(G) - m(R)). \quad (3)$$

На рис. 3 приведен пример вычисления базовых вероятностей для 80-процентного отклонения теоретического изменения скорости отцепы от экспериментального ($\delta_i = 0,8$).

Предлагаемый алгоритм оценки технического состояния вагонного замедлителя

Для вычисления вероятностных оценок состояния ВГЗ предлагается следующий алгоритм.

Рассматривается сценарий торможения отцепы, состоящий из k последовательных включений ступеней ВГЗ s_1, s_2, \dots, s_k . Предполагаются известными все параметры сценария торможения (параметры отцепы, номера ступеней торможения, время активации, паспортные данные ВГЗ, текущие погодные-климатические условия [1] и пр.).

1. Полагаем $i=1$ и для текущего i -го управляющего воздействия s_i на основании формул (2) и (3) вычисляются базовые вероятности гипотез о состояниях ВГЗ, зафиксированные на i -ом временном интервале торможения Δt_i : $m^i(G), m^i(R), m^i(\{G, R\})$. В рассмотрение вводим итоговые значения вероятностей гипотез, которые полагаем равными:

$$m^\Sigma(G) = m^i(G), m^\Sigma(R) = m^i(R), m^\Sigma(\{G, R\}) = m^i(\{G, R\}).$$

Увеличиваем шаг итерирования $i=i+1$ и переходим к п. 2

2. Для текущего i -го управляющего воздействия s_i на основании формул (2) и (3) вычисляются базовые вероятности гипотез о состояниях ВГЗ, зафиксированные на очередном i -ом временном интервале торможения Δt_i : $m^i(G), m^i(R), m^i(\{G, R\})$.

Полученные на i -ом шаге вероятностные оценки гипотез $m^i(G), m^i(R), m^i(\{G, R\})$ и ранее полученные итоговые оценки гипотез на предыдущей $(i-1)$ -й итерации

$$m^{\Sigma}(G) = m^i(G), m^{\Sigma}(R) = m^i(R), m^{\Sigma}(\{G, R\}) = m^i(\{G, R\})$$

рассматриваются в качестве независимых свидетельств о состоянии ВГЗ и объединяются по схеме вывода Демпстера-Шафера. В результате получают новые итоговые оценки:

$$m^{\Sigma}(G) = m^i(G) \cdot m^{\Sigma}(G) + m^i(G) \cdot m^{\Sigma}(\{G, R\}) + m^{\Sigma}(G) \cdot m^i(\{G, R\})$$

$$m^{\Sigma}(R) = m^i(R) \cdot m^{\Sigma}(R) + m^i(R) \cdot m^{\Sigma}(\{G, R\}) + m^{\Sigma}(R) \cdot m^i(\{G, R\})$$

$$m^{\Sigma}(\{G, R\}) = m^i(\{G, R\}) \cdot m^{\Sigma}(\{G, R\})$$

3. Осуществляется нормализация полученных вероятностных оценок путем их деления на нормализующий коэффициент:

$$K = m^i(G) \cdot m^{\Sigma}(R) + m^i(R) \cdot m^{\Sigma}(G).$$

4. Полагаем $i=i+1$ и переходим к п. 2.

5. Итерирование п.п. 2-4 осуществляется пока $i < k$

Точность полученных оценок будет тем выше, чем больше количество рассматриваемых независимых сценариев торможения различных отцепов.

Далее, после анализа полученных оценок и подбора параметров c_1 , c_2 может быть выработан алгоритм принятия решений, позволяющий автоматически определять состояние ВГЗ и необходимость его технического обслуживания.

Заключение

Предложенный в работе алгоритм позволяет формализовать субъективное представление о работоспособности вагонного замедлителя. Проведенные теоретические исследования показали возможность использования представленного подхода применительно к эксплуатации вагонных замедлителей. В будущем планируется внедрение описанного алгоритма в работу. В качестве дальнейших исследований предлагается развитие метода принятия решений на основе представленного алгоритма, а также описание результатов его внедрения на автоматизированных горках, оборудованных комплексной системой автоматизированного управления сортировочным процессом (КСАУ СП).

Список литературы

1. Ольгейзер И. А. Анализ математического аппарата моделирования факторов внешней среды, влияющих на роспуск составов на со-

- ртировочной горке. 9 Всероссийский симпозиум по прикладной и промышленной математике, Волгоград – Волжский, 5-11 октября 2009. – С. 549-550.
2. Ольгейзер И. А., Афонин К. В., Оленич Д. А. Анализ работы парковых тормозных позиций. Автоматика, связь, информатика. Москва. 2007. – С. 27-28.
 3. Ольгейзер И. А., Рогов С. А., Жальский М. А. Расширение возможностей КСАУ СП //Автоматика, связь, информатика. – 2017. – №. 1. – С. 24-25.
 4. Шабельников А. Н., Ольгейзер И. А., Рогов С. А. Управление тормозными средствами сортировочных горок: повышение качества и эффективности //Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – №. 2. – С. 74-79.
 5. Шабельников А.Н., Соколов В.Н. Устройство управления прицельным торможением. Патент на полезную модель № 54348. Зарегистрирован в Гос. реестре полезных моделей РФ 27 июня 2006 г.
 6. Dolgiy, A. I. Evolutionary Design of Fuzzy Systems Based on Multi-objective Optimization and Dempster-Shafer Schemes / S.M. Kovalev, A.E. Kolodenkova, A.V. Sukhanov // Russian Conference on Artificial Intelligence. – Springer, Cham, 2019. – pp. 203-217
 7. Sentz K. et al. Combination of evidence in Dempster-Shafer theory. – Albuquerque: Sandia National Laboratories, 2002. – Т. 4015.
 8. Zadeh L. A. Fuzzy logic //Computer. – 1988. – Т. 21. – №. 4. – С. 83-93.

УДК 004.5



Кудюкин В.В.



Кузнецов В.И.



Хатламаджиян А.Е.

Программно-аппаратный комплекс волоконно-оптической сенсорики для систем мониторинга на железнодорожном транспорте

Ключевые слова:

волоконно-оптический кабель, мониторинг, железные дороги, программно-аппаратный комплекс, рефлектометр

Обеспечение безопасности перевозочного процесса и эксплуатации объектов железнодорожного транспорта являются приоритетными задачами компании ОАО «РЖД», решение которых в условиях возрастающих нагрузок на ось и развития высокоскоростного движения становится крайне важным.

Вместе с тем большая часть российских железных дорог расположена в малонаселенных регионах, а также в районах со сложными инженерно-геологическими условиями (вечная мерзлота, слабые грунты, карстовые явления и др.). Учитывая эти особенности функционирования железных дорог, актуальность разработки и внедрения экономически и технологически эффективных инновационных технических решений для обеспечения бесперебойного и безопасного перевозочного процесса не вызывает сомнений.

Одним из перспективных направлений исследования в этой области является разработка распределенных высокотехнологичных систем мониторинга объектов путевой инфраструктуры для участков железнодорожного пути на основе волоконно-оптических техно-

логий для повышения уровня безопасности движения и увеличения пропускной способности на сети железных дорог. В рамках указанного направления исследования рассматривается широкий круг задач, в том числе:

- распределенный мониторинг деградации (растепления) мерзлых грунтов для проведения в режиме близком к реальному времени наблюдения за границей таяния и просадкой грунтов земляного полотна, а также оценки эффективности применяемых мер по стабилизации мерзлотных грунтов;
- распределенный мониторинг деформации земляного полотна, возникающей в результате оползневых процессов и оценка эффективности принятых противооползневых мероприятий;
- распределенный мониторинг состояния рельсовых плетей для выявления критических состояний пути с целью обеспечения безопасной круглогодичной эксплуатации.
- мониторинг железнодорожных мостовых сооружений, включая контроль деформации и температуры пролетных элементов конструкций, динамических вибрационных нагрузок, величину нагрузки и наклон опор, деформацию грунта переходных участков железнодорожных путей;
- мониторинг несанкционированного проникновения в канализационно-кабельные сооружения железнодорожной инфраструктуры;
- обоснование предельных характеристик волоконно-оптических распределенных акустических сенсоров с целью оптимизации параметров виброакустических распределенных волоконно-оптических систем мониторинга для установки на объектах железнодорожной инфраструктуры.

Можно отметить, что за формулировками перечисленных задач скрывается целый пласт многочисленных проблем технического, информационного и научного характера, разрешение которых требуется не столько в отношении каждой отдельной ситуации, сколько в приложении к совокупному множеству возможных их проявлений, что определяет уникальность проводимого исследования в отношении именно российских железных дорог. В связи с этим наиболее целесообразным является разработка и внедрение унифицированных решений, масштабируемых для конкретных ситуаций.

В качестве такого унифицированного решения рассматривается программно-аппаратный комплекс волоконно-оптической сенсорики (ПАК ВОС), который может быть использован в качестве информационно-технологического ядра в различных системах мониторинга.

Высокая степень унификации и обеспечение масштабируемости ПАК ВОС достигаются за счет реализации трехуровневого функционального деления (рис. 1):

- на первом уровне функциональности обеспечивается аппаратное сопряжение с различными приборными реализациями рефлектометров, отличающихся техническими характеристиками, что позволяет подбирать требуемую модель в зависимости от особенностей контролируемого объекта;
- второй функциональный уровень обеспечивает реализацию различных алгоритмов обработки и анализа данных, поступающих с выхода рефлектометра, что открывает широкие возможности в применении тех или иных технологических последовательностей обработки и анализа данных в зависимости от условий функционирования объекта контроля и решаемых задач по его контролю [1];
- третий функциональный уровень обеспечивает интерфейсное взаимодействие ПАК ВОС с привлекаемыми дежурными силами, а также информационное взаимодействие с внешними автоматизированными системами.

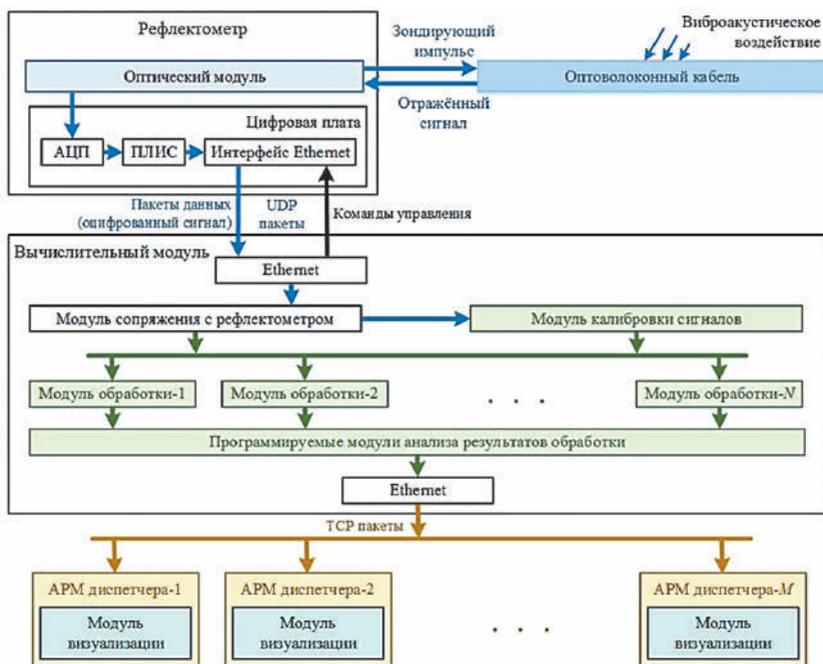


Рис. 1. Увеличенная функциональная схема ПАК ВОС

Рефлектометр совместно с оптоволоконным кабелем выполняет роль распределенного оптоволоконного сенсора, преобразующего различные внешние виброакустические воздействия на оптоволоконный кабель в цифровой код. С одной стороны, организация такого распределенного сенсора обеспечивает определенные преимущества, в частности, возможность контроля протяженных участков, а с другой, неизбежно приводит к возрастанию неопределенности в интерпретации получаемых сигналов. Причинами возрастания такой неопределенности являются особенности организации высокочувствительной составной части датчика (сенсора) на основе волоконно-оптического кабеля, проявляющиеся в том, что:

- распределенный сенсор не позволяет локализовать точечное воздействие;
- точечный сенсор не позволяет локализовать распределенное воздействие;
- распределенный сенсор не позволяет локализовать распределенное воздействие.

Иллюстрации некоторых исходных сигналов с выхода рефлектометра и результатов их обработки представлены на рис. 2–4.

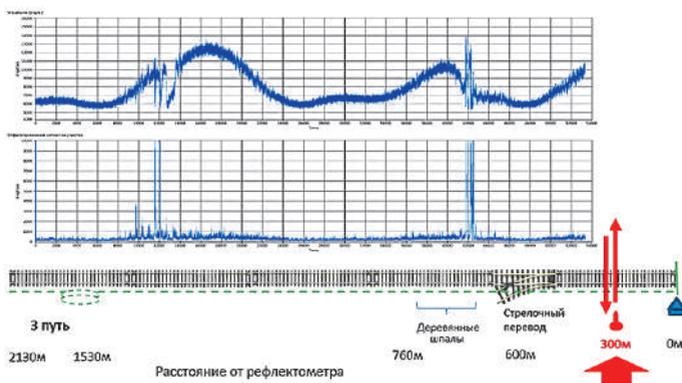


Рис. 2. Иллюстрация исходного сигнала с выхода рефлектометра и результата его обработки в эксперименте с прохождением поперек ж/д полотна

Исходя из названных причин, область практического применения ПАК ВОС должна определяться условиями решаемых задач, связанных с контролем различного рода внешних виброакустических воздействий на волоконно-оптический кабель. Это еще раз приводит к выводу о том, что построение универсального ПАК ВОС не является целесообразным, в первую очередь, в связи с его функциональной

перегруженностью и, как следствие, повышенной стоимостью. Напротив, реализация унифицированных ПАК ВОС, масштабируемых под конкретные задачи мониторинга, представляется обоснованной с позиции технико-экономической эффективности.

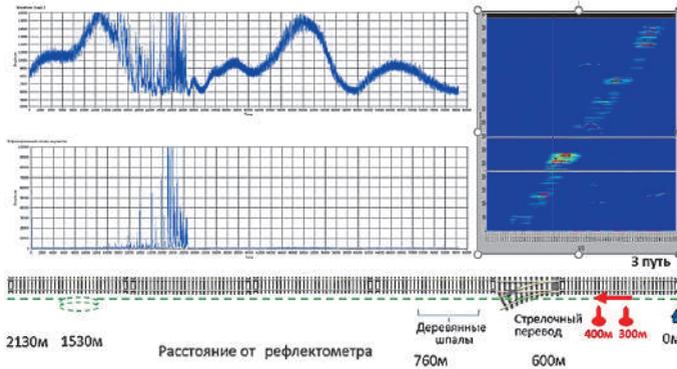


Рис. 3. Иллюстрация исходного сигнала с выхода рефлектометра и результата его обработки в эксперименте с прохождением вдоль ж/д полотна. Справа показан когнитивный график («водопад») обработанного сигнала

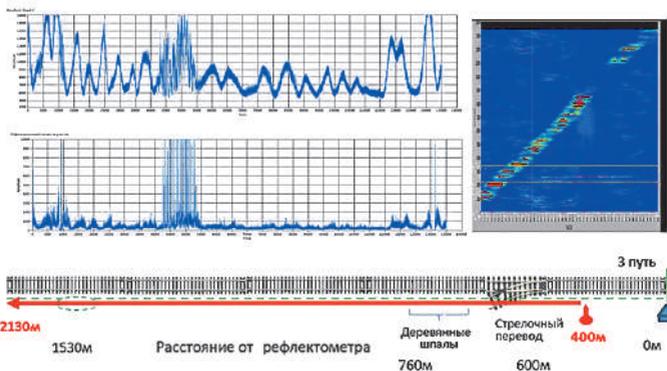


Рис. 4. Иллюстрация исходного сигнала с выхода рефлектометра и результата его обработки в эксперименте с прохождением вдоль ж/д полотна. Справа показан когнитивный график («водопад») обработанного сигнала

В таких унифицированных ПАК ВОС вычислительный модуль может быть реализован на различных платформах-операционных системах и средствах вычислений от универсальных компьютеров до высокопроизводительных RISC-процессоров [2]. Важной особенностью вычислительного модуля ПАК ВОС является возможность

его гибкого функционального наполнения необходимыми модулями обработки данных и анализа результатов, что обеспечивает наиболее полное соответствие условиям решаемых задач, а также позволяет выполнять наращивание функциональности за счет подключения дополнительных модулей обработки данных и анализа получаемых результатов.

Следующим важным элементом ПАК ВОС являются автоматизированные рабочие места, оснащаемые теми пользовательскими интерфейсами, которые в наибольшей степени соответствуют решаемым задачам.

В качестве заключения можно отметить, что разработка и внедрение ПАК ВОС в различные системы мониторинга позволит повысить эффективность их функционирования, в том числе повысить сигнализационную надежность — комплексный показатель, включающий вероятность правильного принятия решения и время наработки на ложное срабатывание, а также оперативность принятия решений, что является наиболее важным при мониторинге и контроле состояния объектов железнодорожной инфраструктуры в малонаселенных регионах, а также в сложных инженерно-геологических условиях.

Список литературы

1. Кузнецов В. И. Введение в статистический анализ измерительных данных. М.: АО. «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон», 2020 г. 524 с.
2. RISC-архитектура процессора.
3. <https://fb.ru/article/350271/risc-arhitektura-protссора>



Дулин С.К.



Якушев Д.А.

Планирование проведения измерений мобильным лазерным сканером

Ключевые слова:

контроль качества результатов мобильного лазерного сканирования, методология экспресс-анализа, особенности проведения измерений лазерным сканером

1. Введение

Системы мобильного лазерного сканирования могут собирать больше данных в день, чем команда геодезистов, использующая традиционные методы в течение недель или даже месяцев. Одно из основных преимуществ лазерной съемки состоит в одномоментном (в пределах короткого интервала времени), точном измерении геометрических параметров множества объектов на достаточно большой территории, что невозможно сделать традиционными способами.

Собрав один раз полные трехмерные данные, пользоваться ими можно многократно. Если данные собраны быстро, аккуратно и точно – мобильный лазерный сканер может быть перенаправлен для выполнения другого крупного проекта, а собранные данные использованы для создания высокоточных моделей инфраструктуры. Для протяженных линейных объектов их актуальность, как правило, составляет не менее 5 лет, а в условиях полного или частичного отсутствия проектной документации в электронном виде – собранная информация бесценна.

Программные продукты с автоматическими возможностями получения необходимой информации из результатов трехмерного измерения для той или иной функциональной задачи придерживаются принципа разделения данных для каждой из них и в большинстве случаев могут быть использованы совместно в одной базе данных.

Но для полноценного использования данных измерений необходимо выполнение следующих условий:

- Данные должны быть актуальны и своевременны;
- Данные должны находиться в пределах допустимых погрешностей;
- Поколения данных должны находиться в одной системе координат;
- Доступ к данным должен осуществляться настолько быстро, насколько этого требуют функциональные приложения.

Организация лазерной съемки и подготовительные мероприятия занимают достаточно длительный промежуток времени, часто связанный с получением специальных разрешений на съемку. Что означает подчас невозможность проведения повторной съемки для исправления ошибок. Особенно это касается мобильного сканирования на железной дороге. В связи с этим на передний план выступает задача оценки потенциальных рисков и их минимизации. Одной из таких подзадач является расчет благоприятной навигационной обстановки. На примере GPS данных рассмотрим что необходимо учитывать при планировании проведения воздушной (мобильной) лазерной съемки.

2. Анализ информации и GPS-планирование

GPS-планирование необходимо для определения оптимального времени проведения съемки с использованием спутникового оборудования (которое входит в состав системы мобильного лазерного сканирования). Соблюдение полученного в результате планирования графика позволит существенно уменьшить риск потери данных из-за некачественной съемки.

Для GPS-планирования используются следующие данные:

Альманахи

В альманахе содержатся параметры орбит спутников группировки и состояние каждого спутника.

GPS-планирование (GPSF) выполняется с использованием наиболее свежего альманаха. Обычно достаточно использовать альманах недельной давности для точного краткосрочного планирования на

период от 1 до 3 дней. Долгосрочное планирование выполняется на период до 60 дней со дня получения альманаха.

Лучше всего использовать альманах из последнего скачанного с бортового/базового GPS-приемника набора данных. Либо альманахи с сайтов поставщиков навигационных данных.

Оперативная информация о состоянии группировки GPS-спутников.

А) NANU – *Navigational Advisory for Navstar Users*

Самая оперативная информация о состоянии группировки, планируемых отключениях и сбоях распространяется в NANU. Самый простой способ получать NANU – подписаться на их рассылку, которая рассылается пользователям как только появляется оперативная информация о изменении в состоянии группировки.

Каждое сообщение NANU имеет свой уникальный номер: YYYYNNN, где YYYY – год выхода NANU, NNN – порядковый номер NANU в году. С помощью этого номера легко отследить историю NANU, анализ которой поможет в дальнейшем при принятии решения о работоспособности какого-либо конкретного спутника. В каждом сообщении NANU содержится информация об одном спутнике.

Некоторые важные информационные поля в NANU:

SVN, *SpaceVehicleNumber*, уникальный номер спутника в группировке. Этот номер присваивается спутнику при запуске и не используется в навигационных сообщениях для гражданских пользователей. С его помощью можно отследить историю работы спутника.

PRN, *PseudoRandomNumber*, случайно выбранный порядковый номер спутника в группировке. Порядковый номер присваивается спутнику с момента его включения и сохраняется за ним в течение всего срока его службы. Именно этот номер высвечивается в списке спутников в программах GPS-планирования.

START JDAY – день начала события, описанного в NANU

START TIME ZULU – время начала события

START CALENDAR DATE – дата начала события

STOP JDAY – окончание события

STOP TIME ZULU - - - - / - - - - / - - - -

STOP CALENDAR DATE - - - - / - - - - / - - - -

CONDITION – сообщение о состоянии спутника.

Б) STATUS – состояние группировки.

Сообщение о статусе группировки кратко резюмирует все NANU за день.

Расшифровка информационных полей сообщения о статусе:

FCSTDV – предупреждение о запланированной операции Delta-V по перемещению спутника на его исходную орбиту

FCSTMX – предупреждение о предстоящем обслуживании спутника. Чаще всего это перевод передатчика на резервный эталон частоты, накачка эмиссионной трубки или обновление ПО.

FCSTEXTD – продление периода неработоспособности спутника на неопределенное время.

FCSTSUMM – сообщение о вводе спутника снова в эксплуатацию, содержит точные времена, когда спутник был недоступен.

FCSTCANC – сообщение об отмене запланированной ранее недоступности спутника.

FCSTRESCD – сообщение о переносе ранее запланированной недоступности спутника, обычно связанной с его обслуживанием.

UNUSUFN – уведомление о том, что спутник недоступен на неопределенное время.

UNUSABLE – сообщение, которое «закрывает» период недоступности спутника, «открытый» сообщением UNUSUFN

UNUNOREF – сообщение о кратковременной недоступности спутника, которая была устранена менее чем за 1 час.

USABINIT – сообщение о вводе в группировку нового спутника

LEAPSEC – сообщение о точном времени «скачкообразного» введения 1-секундной поправки во время системы GPS для компенсации рассогласования UTCи GPS времен со временем UT1 превышающем 0.9 секунды [1-3].

Сообщения NANU и STATUS – оперативные источники информации о состоянии группировки. Состояние спутников в альманахе отражается с существенной задержкой, особенно это касается смены состояния из нерабочего в рабочее.

В конце каждого сообщения NANUи STATUS публикуется строка POC (*PointOfContact*), где можно найти дополнительную контактную информацию.

В) YUMA-альманахи.

В YUMA-альманахах раз в неделю публикуется информация о прогнозируемых параметрах орбит и о состоянии спутников. Наиболее важная информация о состоянии спутников содержится в строке *SatelliteHealth*. Состояние спутника кодируется двумя цифрами. Расшифровка кодов состояния:

- 00 ALLSIGNALSOK
- 01 ALL SIGNALS WEAK, 3 - 6DB BELOW SPECS
- 02 ALL SIGNALS DEAD
- 03 ALL SIGNALS HAVE NO DATA MODULATION
- 04 L1-P SIGNAL WEAK
- 05 L1-P SIGNAL DEAD
- 06 L1-P SIGNAL HAS NO DATA DEMODULATION
- 07 L2-P SIGNAL WEAK
- 08 L2-P SIGNAL DEAD
- 09 L2-P SIGNAL HAS NO DATA DEMODULATION
- 10 L1-C SIGNAL WEAK
- 11 L1-C SIGNAL DEAD
- 12 L1-C SIGNAL HAS NO DATA DEMODULATION
- 13 L2-C SIGNAL WEAK
- 14 L2-C SIGNAL DEAD
- 15 L2-C SIGNAL HAS NO DATA DEMODULATION
- 16 L1 & L2-P SIGNAL WEAK
- 17 L1 & L2-P SIGNAL DEAD
- 18 L1 & L2-P SIGNAL HAS NO DATA DEMODULATION
- 19 L1 & L2-C SIGNAL WEAK
- 20 L1 & L2-C SIGNAL DEAD
- 21 L1 & L2-C SIGNAL HAS NO DATA DEMODULATION
- 22 L1 SIGNAL WEAK
- 23 L1 SIGNAL DEAD
- 24 L1 SIGNAL HAS NO DATA DEMODULATION
- 25 L2 SIGNAL WEAK
- 26 L2 SIGNAL DEAD
- 27 L2 SIGNAL HAS NO DATA DEMODULATION

Код 0 указывает на нормальную работу спутника. Коды 7, 8, 9, 13, 14, 15, 25, 26, 27 соответствуют состоянию спутника, позволяющему принимать навигационные сигналы и проводить обработку данных лазерного сканирования. Сравнение NANU и YUMA-альманаха помогает принять решения о возможности использования спутника.

Оперативная информация о прогнозируемых аномалиях в атмосфере и ионосфере, солнечная активность

Каждый час и по мере поступления информации, на сайте <http://www.swpc.noaa.gov> в разделе *CurrentAlertsAndWarnings* обновляется информация о солнечной активности, состоянии тропосферы и

ионосферы. В этом разделе печатаются предупреждения пользователям навигационной системы GPS о возможных сбоях.

Стандартный вид публикуемого предупреждения:

:ALERTS:

Magnetic A-Index ≥ 50 Watch for 15 Sep 2000 UT

Comment: None

The following Alert was CONTINUED at 0100 UT on 15 Sep 2000

Protons Event > 10 MeV @ ≥ 10 pfu BEG 12 Sep 2000 1555 UT

Comment: The current flux level is 19 pfu's.

A maximum flux of 321 pfu's was reached at 0340 UT on 13 Sept. Sudden Impulse observed at Boulder 15 Sep 2000 0510 UT 36 nT

Comment: None

Magnetic K-Index of 4 Warning valid from 15 Sep 2000 0545 to 1500 UT

Comment: None

На что в этих сообщениях стоит обращать внимание:

- а) Присутствие в сообщении информации о *ProtonEvent* > 10 MeV @ ≥ 10 pfu. (выброс тяжелых протонов с Солнца). Выброс тяжелых протонов с большой вероятностью может привести к различного рода сбоям в работе GPS-спутников [1-6].
- б) *Magnetic K-Index of XX Warning*. Сообщение о «магнитной буре», оказывающей влияние на систему GPS. Значения XX более 5 соответствуют «геомагнитным штормам», приводящим к существенным изменениям орбит спутников GPS.

Прогнозирование GPS обстановки производится с помощью специальной программы *Mission Planning*.

На основе полученных данных о состоянии спутников, принимается решение о включении или выключении соответствующих спутников в «таблице доступности спутников». Выключение спутника в этой таблице будет транслироваться программой как его отсутствие, что фактически будет отражать реальную ситуацию. Если прогнозируется, что какой-либо спутник будет недоступен (выключен) не в течение всего дня, то планирование с выключением этого спутника выполняется только в период его недоступности.

Во время рассмотрения периодов времени с количеством доступных спутников не более шести, стоит обращать внимание на прогнозы *SEC Alerts & Warnings*. Если в прогнозе SEC указано, что в это время

ождается SSEU (*SatelliteSingleEventUpset*), то существует вероятность того, что GPS-покрытие может стать недостаточным из-за сбоя хотя бы одного спутника. Прогноз SSEU обычно появляется за несколько дней до события и имеет неплохую (20–30 мин) точность.

В процессе работы программы *Mission Planning* необходимо указать координаты планируемого базирования GPS-приемника и указать затенения небосвода (маскирование).

После соответствующих вычислений программой могут быть выведены на экран зависимости (рис. 1) количества доступных спутников от времени (*Availability*) и дифференциального параметра точности от времени (PDOP).

В процессе анализа полученных зависимостей GPS обстановка считается приемлемой для следующих полученных условий:

- а) Количество спутников (*Availability*) не менее 6.
- б) График PDOP не должен иметь явно выраженных максимумов и значение PDOP должно быть равным или менее 5.

Обычно приемлемое время «наступает» сразу после появления 6-го по счету спутника в зоне видимости, однако стараются иметь некоторый запас (5–10 мин) перед его выходом из зоны видимости.

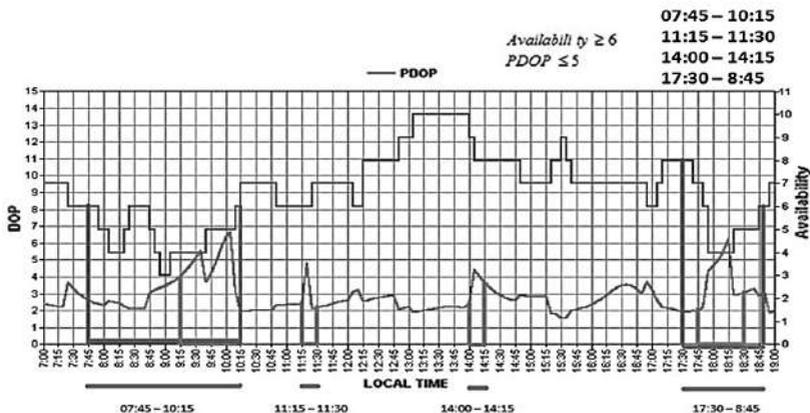


Рис. 1. Прогноз GPS обстановки. Маскирование 15° круговое.
Под шкалой времени показаны отрезки времени с неблагоприятной GPS-обстановкой

Резкое увеличение PDOP говорит о выходе из зоны видимости одного или сразу нескольких спутников. Если увеличить область графика, на которой наблюдается всплеск PDOP (путем сужения границ шкалы времени), то можно оценить скорость увеличения PDOP (PDOP

AugmentationSpeed, PAS) во времени. Если PAS превышает $\sim 0,25$ 1/мин, то необходимо провести более детальный анализ ситуации, в результате которого принимается решение о возможности проведения полетов в соответствующий промежуток времени. Если известно, что лазерное сканирование будет проводиться в каком-то определенном направлении, и известно, какое маскирование имеет бортовая GPS антенна, то легко оценить, будет ли достаточно спутников на небосводе. Здесь удобно ввести дополнительное, к круговому 15-ти градусному, маскирование антенны, отражающее реальное затенение.

PDOP вычисляется для оптимального, из числа обозреваемых, расположения спутников. Однако, с учетом реального маскирования антенны оптимальное расположение спутников может оказаться недоступным. В этом случае можно либо исключить затененные спутники из рассмотрения либо ввести дополнительное маскирование. Если все же оказалось, что для выбранного периода времени GPS покрытие недостаточно, можно указать, что в соответствующий промежуток времени проводить съемку можно только в определенном направлении.

Круговое маскирование 15° принято наиболее оптимальным для бортового GPS приемника.

3. Заключение

К основным преимуществам технологии лазерного сканирования, несомненно, можно отнести высокую скорость и оперативность съемки, недостижимую любыми другими методами измерений. В области обследования линий электропередач воздушная лазерная съемка сегодня является практически мировым стандартом. При этом нельзя забывать о правовых вопросах. Например, для проведения любой аэросъемки требуется пройти долгий путь получения соответствующих разрешений, связанных как с вопросами секретности, так и с вопросами использования воздушного пространства. Это может занимать весьма значительное время, что отрицательно влияет на оперативность. Основным результатом лазерного сканирования – будь то наземное, воздушное или мобильное – является облако трехмерных точек, с той или иной точностью описывающих геометрические параметры объекта съемки. Количество лазерных отражений, полученных при съемке объекта обследования, часто составляет сотни миллионов и даже миллиарды. Обработка таких массивов данных и формирование на их основе конечных продуктов для пользователей в различных отраслях деятельности сегодня является наиболее трудоемкой составляющей лазерной технологии.

Список литературы

1. Single Event Upsets (SEUs), US Satellites and Space Weather Center, https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/single-event-upset?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con , Файл GPS Forecast Guide.
2. Satellites and Space Weather, US Satellites and Space Weather Center, <https://www.swpc.noaa.gov/communities/satellites>, Файл GPS Forecast Guide.
3. Santerre, R., Geiger, A. & Banville, S. Geometry of GPS dilution of precision: revisited. GPS Solut 21, 1747–1763 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10291-017-0649-y>
4. IEEE Space Environment Topics: Navigation, Файл GPS Forecast Guide, RN GPSF-5
5. Ionospheric effects on GPS, GPS World, vol.2, no. 4, p. 48, April 1991
6. Effects of the Equatorial Ionosphere on GPS, GPS World, vol. 4, no. 7, p. 48, July 1993.



Кузнецов В.И.

К вопросу определения косвенных оценок параметров и состояний динамических систем по измерениям их выходных функций

Ключевые слова:

состояние динамических систем, комплексированные векторы переменной размерности, нелинейные модели

Одним из направлений исследования различных динамических систем [4] с позиции возможностей определения их параметров и состояний по измерениям выходных функций является анализ свойств наблюдаемости [9] и, как частный случай, идентифицируемости [7, 9]. В этом смысле обоснование состава измеряемых выходов динамических систем, с одной стороны, может быть направлено на улучшение наблюдаемости, а с другой, - предоставляет теоретическую базу для изучения информационной значимости измеряемых параметров. Можно отметить, что анализ свойств наблюдаемости в приложении к наиболее широкому представительству динамических систем в классе нелинейных стохастических с нестационарными параметрами до настоящего времени является актуальным направлением исследования.

Ниже представлен методический подход к анализу наблюдаемости динамических систем для случая, когда модель состояний является нелинейной нестационарной [6], а измерительные данные представлены

в виде комплексированных векторов переменной размерности [5], что в наибольшей степени соответствует условиям современной практики.

Пусть детерминированная составляющая динамической системы описывается нелинейной моделью состояний, т.е. задано гладкое многообразие [3, 6]

$$\dot{x}(t) = f(x, t), \quad (1)$$

где $x \in R^n$ – вектор состояния динамической системы размерности n ; $f: R^n \rightarrow R^n$ – детерминированная функция; $t \in T \subset R$ – переменная времени.

Для гладкого многообразия (1) векторное поле – дифференциальный (инфинитезимальный) оператор [2, 10], определяющий динамику системы – задается соотношением

$$X = \dot{x}_1(t) \frac{\partial}{\partial x_1} + \dot{x}_2(t) \frac{\partial}{\partial x_2} + \dots + \dot{x}_n(t) \frac{\partial}{\partial x_n} \quad (2)$$

и рассматриваются ситуации решения задач совместного оценивания состояний и идентификации параметров.

Скалярная модель измерений. Пусть измеряемая (выходная) функция $y(t)$ системы определяется уравнением измерений

$$y(t) = h[x(t), t]$$

и может быть записано в виде:

$$F_0 = \{h[x(t), t]\}.$$

Используя инфинитезимальный оператор (2) можно расширить пространство функций F_0

$$F_1 = L_x(h[x(t), t]);$$

$$F_2 = L_x^2(h[x(t), t]) = L_x(L_x(h[x(t), t]));$$

⋮

На основе этих функций становится возможным сформировать линейное пространство dF дифференциальных 1-форм [1, 3]

$$dF_0 = dh[x(t), t];$$

$$dF_1 = dL_x(h[x(t), t]);$$

$$dF_2 = L_x^2(h[x(t), t]);$$

⋮

Полученные гладкие функции дифференциальных 1-форм позволяют сформировать матрицу $M(t)$ коэффициентов, связывающих дифференциалы функций dF с дифференциалами переменных состояния dx , в виде:

$$\begin{pmatrix} dh[x(t), t]; \\ dL_x(h[x(t), t]); \\ dL_x^2(h[x(t), t]); \\ \vdots \end{pmatrix} = M(t)dx(t).$$

Полученная матрица $M(t)$ может быть использована для определения наблюдаемости динамической системы, т.е. определения максимального ранга матрицы $M(t)$, характеризующего наблюдаемость системы (1).

Векторная модель измерений. Пусть множество измеряемых (выходных) функций $y(t)$ системы определяется уравнением измерений

$$y(t) = h[x(t), t] = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_m(t))^T$$

В этом случае становится возможным сформировать соответствующее множество матриц коэффициентов

$$M(t) = (M_1(t), M_2(t), \dots, M_m(t)) M_1(t),$$

используемых при описании дифференциальных 1-форм [7], для каждой измеряемой функции $y_i(t)$, $i \in \overline{1, m}$ в виде множеств:

$$F_{0i} = \{h_i[x(t), t]\}, \quad i \in \overline{1, m}$$

Далее, с использованием оператора (2) можно расширить пространство функций F_{0i} :

$$\begin{aligned} F_{1i} &= L_x(h_i[x(t), t]); \\ F_{2i} &= L_x^2(h_i[x(t), t]); \\ &\vdots \end{aligned}$$

на основе которых можно сформировать линейные пространства dF_i , $i \in \overline{1, m}$ дифференциальных 1-форм

$$\begin{aligned} dF_{0i} &= dh_i[x(t), t]; \\ dF_{1i} &= dL_x(h_i[x(t), t]); \\ dF_{2i} &= dL_x^2(h_i[x(t), t]); \\ &\vdots \end{aligned}$$

Полученные гладкие функции дифференциальных 1-форм позволяют сформировать матрицы $M_i(t)$, $i \in \overline{1, m}$ коэффициентов, связыва-

ющих дифференциалы dF_p , $i \in \overline{1, m}$ с дифференциалами переменных состояния dx , в виде:

$$\begin{pmatrix} dh_i[x(t), t]; \\ dL_x(h_i[x(t), t]); \\ dL_x^2(h_i[x(t), t]); \\ \vdots \end{pmatrix} = M_i(t) dx(t), \quad i \in \overline{1, m},$$

после чего становится возможным сформировать результирующую матрицу коэффициентов $M(t)$ путем простого суммирования матриц $M_i(t)$, $i \in \overline{1, m}$, т.е.:

$$M(t) = \sum_{i=1}^m M_i(t) \quad (3)$$

Полученная таким образом (3) результирующая матрица коэффициентов $M(t)$ может быть использована для определения наблюдаемости системы (1).

Модель комплексированных измерений. Пусть множество измеряемых (выходных) функций системы определяется уравнением измерений

$$y(t_k) = h[x(t_k), t_k],$$

в котором вектор измерений $y(t_k) \subset Y$ и матрица измерений $h[x(t_k), t_k] \subseteq H$ имеют переменную размерность в разные моменты времени $t_k \in T$ на интервале T .

В такой ситуации анализ наблюдаемости распадается на две части:

- первоначально необходимо исследовать наблюдаемость системы по полному вектору измерений, т.е. вектору измерений максимальной размерности;
- в том случае, когда система является наблюдаемой по полному вектору измерений, необходимо исследовать наблюдаемость на ограниченных временных (локально временных) интервалах измерений.

Первая часть анализа наблюдаемости выполняется в соответствии с правилами (3) для векторной модели измерений.

Вторая часть анализа наблюдаемости сводится к определению временного интервала измерений, на котором будет достигнута наблюдаемость динамической системы по полному вектору измерений. В связи с этим необходимо определить:

- длительность временного интервала измерений для определения наблюдаемости системы;

- порядок формирования результирующей матрицы коэффициентов для определения наблюдаемости динамической системы.

Определение временного интервала измерений. Пусть задан временной отсчет $t_k \in T$, определяющий начало временного интервала $(t_k, t_k + \tau)$ длительности τ , на котором производятся измерения выходов динамической системы. Пусть также известны частоты $f_i, i \in 1, m$, с которыми производятся измерения каждой выходной функции $y_p, i \in 1, m$. Тогда, длительность τ временного интервала измерений, на котором для каждой измеряемой функции $y_i, i \in 1, m$ будет получено не менее одного измерения определяется зависимостью:

$$\tau = \max_{i=1, m} (f_i^{-1}). \tag{4}$$

Формирование результирующей матрицы коэффициентов. Результирующая матрица $M(t)$ коэффициентов может быть сформирована в виде суммы:

$$M(t) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} M_i(t_{i,j}), \tag{5}$$

где n_i – количество измерений i -й выходной функции на интервале $(t_k, t_k + \tau)$; $t_{i,j}$ – временной отсчет j -го измерения i -й выходной функции.

Полученная матрица $M(t)$ может быть использована для определения наблюдаемости динамической системы, т.е. определения максимального ранга матрицы $M(t)$, характеризующего наблюдаемость системы (1). В том случае, когда установлена полная наблюдаемость динамической системы по полному вектору измерений, можно говорить, что матрица $M(t)$ (5) не содержит нулевых или линейно зависимых строк или столбцов. Другими словами, если $Det(M(t)) \neq 0$, то существует взаимно однозначное отображение $h^{-1} : y(t_k) \rightarrow x(t_k)$ на текущий момент времени $t_k \in T$.

В то же время, поскольку

$$M(t_k) = \sum_{i=1}^m M_i(t_k) \tag{6}$$

и для неполных векторов измерений выходных функций динамической системы, представленных векторами переменной размерности $m' \leq m$, где $m' = Dim(y(t_k))$ есть размерность вектора результатов измерений на момент времени $t_k \in T$, возможна неполная наблюдаемость, что приводит к необходимости выявления только некоторого подмножества наблюдаемых переменных $x'(t_k) \subset x$.

Для наиболее общего случая, когда динамическая система представлена в классе нелинейных с нестационарными параметрами, для

определения оценок параметров и состояний наиболее приемлемыми являются методы, основанные на теории Калмановской фильтрации [7]. Это, в частности, означает, что на каждый момент времени $t_k \in T$ по измерениям подмножества $y'(t_k) \subset y$ можно определить соответствующее подмножество переменных $x'(t_k) \subset x$, входящих в не полностью наблюдаемое множество x . Такое соответствие легко устанавливается при известном матричном коэффициенте усиления фильтра:

$$\gamma_x(t_k) = K_x(t_k | t_{k-1}) h^T(t_k) [h(t_k) K_x(t_k | t_{k-1}) h^T(t_k) + K_v'(t_k)]^{-1},$$

где $K_v'(t_k)$ – ковариационная матрица случайной помехи в результатах измерений выходов динамической системы на момент времени $t_k \in T$, и может быть представлено в виде матрицы связностей M_x следующим образом: $M_x = \gamma_x(t_k) \gamma_x^T(t_k) M_x(t_k) = \gamma_x(t_k) \gamma_x^T(t_k)$.

Ненулевые коэффициенты матрицы M_x , расположенные на главной диагонали, характеризуют наблюдаемость соответствующей переменной вектора состояния x на момент времени $t_k \in T$.

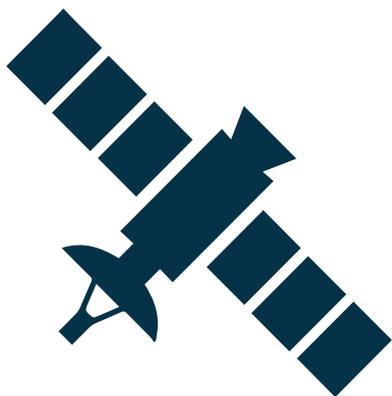
Таким образом, в том случае, когда установлена полная наблюдаемость динамической системы по полному вектору измерений, то для выбранного временного интервала измерений длительности τ , на котором для каждой измеряемой функции $y_i, i \in 1, m$ будет получено хотя бы одно измерение, становится возможным достигнуть полной наблюдаемости динамической системы. Этот вывод является определяющим при анализе наблюдаемости (и идентифицируемости) нелинейных динамических систем с нестационарными параметрами при использовании комплексированных измерительных данных, представленных векторами переменной размерности.

Список литературы

1. Аграчев А.А., Сачков Ю.Л. Геометрическая теория управления. – М.: Физматлит, 2005. – 392 с
2. Базылев В.Т. Геометрия дифференцируемых многообразий: Учебное пособие. Изд. 2-е. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 224 с.
3. Волобуев И.П., Кубышин Ю.А. Дифференциальная геометрия и алгебры Ли и их приложения в теории поля. Изд. 3-е. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 232 с.
4. Калман Р., Фалб П., Арбиб М. Очерки по математической теории систем. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1971. – 400 с.
5. Кузнецов В.И. Статистическая идентификация. Комплексирование измерительных данных. – Промышленные АСУ и контроллеры, 2014, №12. – с. 30-33.

6. Кузнецов В.И. Статистическая идентификация. Модели состояний и измерений. ISSN 1561–1531. Промышленные АСУ и контроллеры, №3, 2014, с. 45–51.
7. Мальцев В.А., Мухин И.И. Основы теории оптимизации динамических систем: Уч. Пособие. – М.: МО СССР, 1976. – 326 с.
8. Понтрягин Л.С. Гладкие многообразия и их применения в теории гомотопий. – 2-е изд. – М.: Наука, 1976. – 176 с.
9. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А.Красовского. – М.:Наука, 1987. – 712 с.
10. Фавар Ж. Курс локальной дифференциальной геометрии / Пер. с франц. Ю.А. Ржанский и С.П. Финикова. Изд-во Иностранной литературы, М.: 1960 г. – 560 с.

*Геоинформационные
и спутниковые
технологии*



V



Розенберг И.Н.



Дулин С.К.

О некоторых аспектах железнодорожной геоинформатики (обзор)

Ключевые слова:

геоинформатика, географическая информация, географическая информационная система (ГИС), геоинформационное пространство, единая геоинформационная база данных, репозиторий геоданных, геointероперабельность, геоинформационный синтез, железнодорожный транспорт, железнодорожная инфраструктура

Введение

Геоинформатика – научная дисциплина, в сферу интересов которой входят природные, технические и социально-экономические пространственные системы, изучаемые посредством компьютерного моделирования локализуемых объектов и явлений [1].

Основные цели геоинформатики как науки – это визуализация, локализация и принятие решений относительно пространственных преобразований окружающей среды. Структура геоинформатики включает такие разделы, как геосистемное моделирование, пространственный анализ и собственно прикладная геоинформатика. Развитие технологий сбора, хранения, преобразования и обмена пространственно-временными данными привели к бурному развитию ГИС-технологий и появлению большому разнообразию промышленных географических информационных систем (ГИС), нацеленных на переработку геоданных с целью принятия обоснованных решений. В настоящее время геоинформатика во многих отраслях воспринима-

ется как геоинформационная индустрия, подразумевающая наличие собственной аппаратуры, разработку коммерческих программных продуктов типа ГИС, штат опытных экспертов-аналитиков и организацию маркетинга.

Эффективное управление таким сложным территориально распределенным объектом как железная дорога невозможно без использования современных средств представления и обработки геоинформации. Основные преимущества геоинформационных баз данных: наглядное представление информации, удобный интерфейс, высокая степень интеграции текстовой и графической информации, – широко используются для представления схем и планов станций, схемы сети дорог, диспетчерских участков и регионов управления. Однако эффективность использования геоинформатики могла бы быть существенно повышена, если бы удалось, во-первых, интегрировать разрозненные геоинформационные ресурсы и создать единую геоинформационную базу данных, а во-вторых – увязать ее с параметрами работы и развития отрасли, получаемыми в результате функционирования других автоматизированных систем. Особый интерес вызывают вопросы, связанные с формированием и сопровождением интегрированной базы геоданных при решении задач мониторинга, характеризующихся необходимостью оперативной обработки поступающих данных и обусловленной ими реструктуризации базы геоданных.

В настоящее время накоплен большой объем геоинформационных ресурсов различного назначения, служащих для выполнения разного рода задач управления. Это электронная схема сети железных дорог Российской Федерации и стран Содружества; схемы отдельных дорог с нанесенными на них объектами, привязанными к станциям и перегонам; схемы железнодорожных узлов, схемы диспетчерских участков, масштабные и немасштабные схемы станций.

Кроме того, в рамках опытного внедрения созданы геоинформационные базы данных крупных водно–транспортных узлов, схем перспективного развития станций, масштабных планов крупных станций с расположенными на них объектами инфраструктуры различных хозяйств, масштабных планов полосы отвода с точным указанием границ земельных участков и объектами недвижимости. Повышение эффективности использования геоинформационных ресурсов возможно путем создания геоинформационного портала с возможностью облачного хранения геоинформационных ресурсов. В состав геоинформационного портала отрасли должны входить функции, позволяющие осуществлять поиск требуемого геоинформационного ресурса по его текстовому описанию, формирование заявки на под-

ключение к ресурсу, администрирование и актуализация каталога геоинформационных ресурсов отрасли. Реализация геоинформационного портала отрасли позволяет:

- а) Рассматривать все виды геоинформационных ресурсов отрасли во взаимосвязи. Это означает, что все виды графической пространственной информации будут представлять собой некоторую иерархию в соответствии с масштабами (абсолютными или условными), в которых они представлены. С увеличением масштаба детальность карт, планов и схем возрастает, а площадь охватываемой территории уменьшается. То есть, для получения общей картины необходимо использовать изображения в минимальных масштабах, и, наоборот, для детального анализа расположения объектов, например, на станции – планы достаточно больших масштабов. Кроме того, в пределах одного уровня масштабности представляются слои с различным набором типов объектов и создаются специальные тематические виды, например, для показа взаимного расположения объектов различных служб. В условиях разрозненных геоинформационных ресурсов такое решение не представляется возможным.
- б) Оперативно получать графическую информацию необходимого вида и содержания. На текущий момент в отрасли в качестве типовых уже используются геоинформационные ресурсы. В их состав входят: общая схема сети железных дорог, схемы железных дорог, схемы диспетчерских участков, схемы станций. Определен состав объектов и перечень условных обозначений для типовых геоинформационных ресурсов. Разработаны технологии и регламенты их актуализации. Однако в процессе анализа и принятия решений руководство отрасли зачастую использует и другую графическую информацию, например, схемы транспортных коридоров, схемы развития водно–транспортных узлов, схемы крупных железнодорожных узлов, и т.п. [2]. Необходимо сформулировать требования к виду, масштабу, составу объектов и их условным обозначениям для каждого из таких ресурсов, разработать технологию и регламент их корректировки и актуализации, определить должностное лицо, отвечающее за правильность информации.

Для выполнения действий по созданию, ведению и использованию интегрированной геоинформационной базы данных отрасли необходимо специальное программное обеспечение, опирающееся на типовые функции ГИС.

Специализированные графические и текстовые редакторы и анализаторы обеспечивают проверку правильности ввода текстовой и

графической информации и максимально автоматизируют работы по ведению графических данных.

Программные интерфейсы интеграции данных геоинформационных баз с другими автоматизированными системами для обеспечения увязки с параметрами работы и развития ОАО «РЖД». Для их реализации необходим анализ информационных потоков и разработка принципов совместного использования интегрированной геоинформационной базы данных с другими автоматизированными отраслевыми системами с целью решения задач стратегического мониторинга, оптимизации инвестиционной деятельности, прогнозирования работы отрасли.

Перечисленные программные средства практически обеспечивают функции мониторинга геоинформационных ресурсов

Современные системы управления геоинформационными ресурсами воплотили в себе комплексные технологические решения, направленные на поддержку различных этапов формирования и использования корпоративных данных и знаний. На каждом из этих этапов решаются самостоятельные задачи, однако, важнейшими среди них являются задачи, связанные с мониторингом.

В общем случае задача мониторинга заключается в перманентном сборе из различных источников необходимой информации, ее аналитической обработке экспертами и выработке на основе этого соответствующих решений. Условно, задачи мониторинга можно разделить на два класса: внутренний и внешний мониторинг.

Первый класс задач связан в большей степени с мониторингом внутренних параметров деятельности, например, с постоянным контролем за функционированием сложного оборудования, использованием собственных ресурсов и пр. В качестве примера можно привести сложные системы управления электростанциями, системы обеспечения транспортных перевозок и т.д. Характерной особенностью таких задач можно считать относительно постоянный набор параметров, по которым оценивается текущее состояние производственного или иного процесса (физические параметры оборудования и пр.).

Внешний мониторинг, в отличие от внутреннего, в большей степени связан с оценкой состояния внешней среды и внешних условий, в которых осуществляется деятельность компании. В качестве примера такого мониторинга можно привести анализ предоставления транспортных услуг в зависимости условий поставки энергоносителей, специфики регионов, сезонных ограничений. Характерной особенностью таких задач является то, что оцениваемые параметры не носят четко формализованный характер с одной стороны, а с

другой – состав этих параметров может постоянно изменяться, что требует от специалистов–аналитиков реорганизации своих знаний в соответствии с новыми условиями. В задачах внешнего мониторинга особые требования должны предъявляться к информационным источникам, используемым экспертами для локализации необходимых им знаний и данных.

Современное развитие информационных технологий позволяет успешно представлять данные и знания о реальном пространственном местоположении тех или иных объектов. Информационное взаимодействие с указанным представлением обеспечивают ГИС. Первоначально они получили широкое распространение в областях, напрямую связанных с географией, геодезией и картографией, однако в дальнейшем, преимущества полноценной информационной модели с реальной привязкой к местоположению объектов стимулировали распространение ГИС в широкий спектр областей применения. В настоящее время ГИС уже можно рассматривать как необходимый инструмент при оценке, анализе и принятии решений в широком круге аспектов человеческой деятельности [1].

Основой современных ГИС являются пространственные базы данных или базы геоданных (БГД), содержащие в себе векторную и растровую картографическую информацию и ассоциированные с ними атрибутивные (семантические) данные. Технология построения картографических серверов, предоставляющих своим пользователям возможности динамического доступа и анализа геоинформационных данных, превратилась в отдельную отрасль симбиоза WEB-индустрии и ГИС.

Основным вопросом реализации ГИС является выбор модели представления и отображения геоданных на существующие системы управления базами данных, т.е. практически речь идет о размещении геоданных в среде какой-либо SQL-подобной СУБД, а именно: SQL-сервер, *Oracle*, *DB2*, *Informix*, *Sybase*. Помимо атрибутивной информации, с размещением которой в реляционной БД проблем не может быть, БГД содержит еще и географические данные в четырех представлениях [1], требующие специальных методов и приемов для их отображения в реляционной среде:

- векторные данные для представления пространственных объектов,
- растровые данные для представления непрерывных полутонных изображений, сеточных тематических данных и поверхностей,
- нерегулярные триангуляционные сети (*TINs*) для представления поверхностей,
- адреса и локаторы (*locators*) для нахождения географического положения.

Топологические отношения геообъектов.

При размещении геоданных особый интерес вызывает проблема группировки данных в наборы, классы, категории, проекты и другие классификации, соответствующие однородности (достаточной близости) геоданных, дающей основание для помещения их в одну и ту же таблицу. Если атрибутивные данные из одной таблицы можно рассматривать как класс эквивалентности экземпляров одного логического типа с точностью до перечисления списка атрибутов, то с геоданными все выглядит не так просто. Набор «похожих» пространственных объектов, таких как участки или реки, хранится в таблице и называется классом объектов. Наборы связанных классов объектов, имеющих одинаковую пространственную привязку, могут быть организованы в более крупную структуру, называемую набором классов объектов. Каждый пространственный объект в базе геоданных содержит форму (геометрию) и может участвовать в топологических отношениях. Способность хранения геометрии объекта является одним из обязательных условий существования БГД, поскольку каждый пространственный объект всегда должен быть доступен для отображения и анализа.

Что касается отношений, то помимо типичных (общих) для реляционной БД «родо-видовых» отношений или отношений типа «часть-целое» необходимо позаботиться об отображении топологических (соединение, узел пересечения и др.) и пространственных (касание, внутри, снаружи и др.) отношений. Можно заметить, что в действительности пространственные отношения могут быть представлены в рамках реализации топологических отношений заданием соответствующей топологии.

Обеспечивающие функционирование ГИС объекты в БГД хранятся в связанных реляционных таблицах. Часть из этих таблиц содержат атрибутивные данные, другие – представляют собой группировки пространственных объектов. Специальные таблицы задают отношения между пространственными объектами, правила проверки корректности и домены атрибутов.

Большинство реальных географических объектов, имеющих четкие очертания, целесообразно моделировать с помощью векторного представления. Векторные данные описывают форму пространственных объектов в виде упорядоченного набора координат с ассоциированными атрибутами. Такое представление поддерживает некоторые геометрические операции, среди которых расчет длины или площади, идентификация перекрытий и пересечений с другими объектами, нахождения смежных или находящихся поблизости пространственных объектов.

Векторные объекты принято классифицировать по их размерности следующим образом [1]:

- Точки являются фигурами без измерений, они представляют географические объекты, которые слишком малы, так что можно пренебречь их размерами. Каждая точка хранится как одна пара координат (x, y) и набор атрибутов.
- Линии являются фигурами с одним измерением, они представляют географические объекты, размеры которых существенны только в одном измерении. Каждая линия хранится как упорядоченный набор пар координат (x, y) и набор атрибутов. Сегменты линий могут быть прямыми, округлыми, эллиптическими или сплайновыми.
- Полигоны являются фигурами с двумя измерениями, они представляют площадные географические объекты. Каждый полигон хранится как набор сегментов, образующих его границу.
- Есть еще один тип, который условно можно отнести к векторным данным, – это надпись (аннотация). Надписи являются описаниями, которые связаны с пространственными объектами и отображают названия или атрибуты.
- Векторные данные в базе геоданных обладают структурой, которая управляет хранением пространственных объектов в соответствии с их размерностью и отношениями.
- Фоновые изображения, объекты с размытыми очертаниями и оригиналы результатов съемок, напротив, целесообразно поддерживать в растровой (сеточной) форме в виде пиксельных значений на двухмерной сетке, называемой растром.

При необходимости отображения физических рельефов с присущей им трехмерностью используется нерегулярная триангуляционная сеть (TIN), являющаяся по сути моделью поверхности. База геоданных хранит TIN в виде интегрированного набора узлов с их значениями высоты и треугольников со сторонами, соединяющими узлы. Высоту можно интерполировать для любой точки в пределах географического экстенда (области простираения) TIN. Модель данных TIN позволяет выполнять различные виды анализа поверхности, оценку видимости произвольных точек поверхности из заданной точки наблюдения др.

Из вышеперечисленного только векторные объекты могут использоваться как самостоятельные субъекты, участвующие в топологических отношениях. Растры и TIN, подобно рисункам или другим OLE-объектам, участвуют в организации БД как внедренные и обрабатываются специальными приложениями.

Очень важным и достаточно принципиальным моментом является выбор одной из трех вышеперечисленных категорий, к которой следует причислять векторный объект.

Во-первых, векторный объект обязан своим появлением процедуре векторизации некоторой части растрового изображения. Соответственно, его характеристики напрямую зависят от выбранных параметров этой процедуры.

Во-вторых, вопрос о возможности пренебрежения размерами векторного объекта решается в зависимости от условий поставленной задачи. Так, имеющий все основания считаться площадным объект «станция» при укрупнении детализации рассмотрения (генерализации) может перейти в категорию точечного объекта, а при дальнейшем агрегировании параметров задачи просто исчезнуть из рассмотрения как несущественный фактор, находящийся внутри диапазона выбранной точности. Это не означает, что он исключается из БГД, но в рамках данного рассмотрения в категории точечных объектов его нет. Таким образом, мы подходим к необходимости динамического формирования категорий векторных объектов в зависимости от условий взаимодействия с проблемной средой и поставленной задачи.

От принадлежности к определенной категории зависит участие векторного объекта в топологических отношениях. Топология, устанавливающая топологические отношения между географическими объектами, делает возможным проведение расширенного пространственного анализа и играет фундаментальную роль в обеспечении качества БГД.

В настоящий момент можно указать следующие базовые типы топологий [1]:

- **Линейно-узловая топология**
(Линейные объекты могут иметь общие конечные точки).
- **Полигональная топология**
(Площадные объекты могут иметь общие границы).
- **Топология маршрутов**
(Линейные объекты могут иметь общие сегменты).
- **Топология регионов**
(Площадные объекты могут перекрываться).
- **Узловая топология**
(Линейные объекты могут иметь общие конечные вершины).
- **Точечные события**
(Вершины линейных объектов могут совпадать с точечными объектами).

В одних и тех же топологических взаимоотношениях могут участвовать несколько классов полигональных, точечных и линейных объектов. В современных ГИС пользователи могут устанавливать, какие топологии являются подходящими для соответствующих слоев данных. Топология обычно реализуется в виде набора правил целостности, определяющих поведение пространственно взаимосвязанных геоданных и объектных классов. Топологические правила могут быть заданы для объектов внутри объектного класса или для объектов, принадлежащих двум или более объектным классам. Они позволяют моделировать пространственные отношения связности, смежности, близости и совпадения, а также контролировать целостность совпадающей геометрии у различных классов объектов. Для этого в ГИС входят инструментальные средства, интерпретирующие пространственные условия и обеспечивающие поиск и исправление любых нарушений этих правил.

Все процедуры установления топологических отношений и группировки геоданных в существующих ГИС предназначены для использования специалистом в процессе настройки ГИС на решение определенного класса задач. Для реализации в ГИС автоматической адаптации к изменению параметров взаимодействия пользователя с предметной областью нужен принципиально новый инструмент поддержки согласованности структуры топологических отношений и группировки в динамическом режиме.

Об онтологическом статусе изображений.

Онтологии и пространственные типы данных

Изображения как образы сканированных пространственных объектов – один из самых распространенных источников пространственных данных, доступных в настоящее время для исследователей, которые интересуются крупномасштабными географическими явлениями. Однако, 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?»

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*) [1]. 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 существующих технологий географических информационных систем.

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 [2].

Онтология в информатике, согласно современным толкованиям, является «точной спецификацией концептуализации предметной области», 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 возможных прикладных моделей [3].

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 так-

же 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 географических 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.

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, и конфликтами между онтологиями «здорового смысла» пользователя и математическими концепциями программного обеспечения.

Ниже онтологии классифицированы согласно их зависимости от специфики задачи или точки зрения пользователя [3]:

- Онтологии верхнего уровня описывают обобщенные понятия. В [3] онтология верхнего уровня описывает обобщенное понятие пространства. Например, теория, описывающая части и целое и их отношение к топологии, названная мереотопологией, также относится к этому уровню.
- Онтологии типов геоданных описывают словарь, связанный с групповым доменом концепций геоданных типа дистанционного восприятия перегона или железнодорожной станции.
- Онтологии задачи описывают задачу или действие типа интерпретации изображения или оценки вредного воздействия.
- Прикладные онтологии описывают концепции, зависящие как от типов геоданных, так и от задачи, и обычно являются их специализацией. Они представляют собой потребности пользователя относительно специфики приложения.

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. 1).

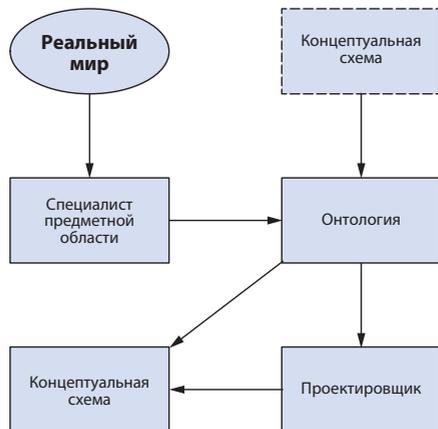


Рис. 1. Концептуальная схема и онтология

Имеются три различных уровня абстракций, на которых находятся как онтологии, так и концептуальные схемы (рис. 2).

	Онтологии	Концептуальные модели
Формальный уровень	Абстракция формальных особенностей научных предметов: <i>геометрия, география, время, пространство</i>	Понятия 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 объектов ОАО «РЖД» <i>Станции, перегоны и др.</i>	Концептуальная схема БГД атрибутивное описание сущностей ОАО «РЖД»

Рис. 2. Уровни абстракций

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, то есть, 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. Тем самым, 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 [4]. Исследование онтологического статуса пространственных типов данных – наиболее актуальное направление в геоинформатике. В [2] было введено понятие географической информационной системы, управляемой онтологиями (ODGIS), призванной обеспечивать пользователей географической информацией 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. То есть, 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. ODGIS – это структура, в которой онтологии различных пользовательских интересов могут быть скомбинированы, приводя к интеграции различных источников географической информации.

Простота растрового представления безусловно помогла в развитии теории алгоритмов обработки изображения, основанных исключительно на геометрических свойствах изображений. Однако, концепция изображений как строгой специализации именно полей неадекватна для отражения полноты их информационного содержания. Есть фундаментальное различие между цифровыми ландшафтными моделями и изображениями как представлениями непрерывных явлений. Большинство моделей ландшафта получено или из представлений на основе парадигмы поля в результате испытаний и тестов (как в случае экологических исследований), или в результате сбора стандартизированных данных некоторого мероприятия (как в воздушной фотограмметрии). Процесс измерения непосредственно зависит от онтологической привязки, сделанной исследователем априорно, так как собранные значения должны характеризовать интересующие исследователя явления (например, характеристики грунта под железнодорожным полотном).

Таким образом, существует два различных (и дополняющих друг друга) подхода к онтологическому описанию изображений, полученных в результате дистанционного сканирования или фотосъемки. Следует заметить, что ни один из них по отдельности не является достаточным, чтобы поддерживать полный процесс представления знания для данных изображения. Основная причина этого в том, что изображения имеют двойную природу: изображения – это, с одной стороны, поля на уровне измерения, но, с другой стороны, – набор типовых объектов – на уровне классификации. Поэтому, можно говорить о дуализме изображения: распознавая объекты на изображении, мы фактически измеряем части непрерывного поля. Чтобы принять во внимание этот дуализм, необходимо более полное понимание роли изображения как источника географической информации.

Как следует из вышесказанного, изображения имеют собственное онтологическое описание, отличное и независимое от онтологии прикладной области, которую специалисты используют, чтобы извлечь информацию из изображений (рис. 3).

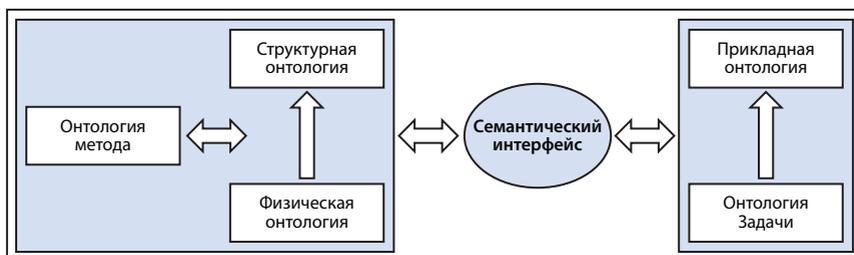


Рис. 3. Онтологический контекст извлечения информации из изображения

Онтологическое описание изображений зависит от процедуры измерения. Оно имеет три различных, но взаимодействующих компонента:

- **Физическая онтология**, которая описывает физический процесс создания изображения. Здесь мы интересуемся выражением знания об отношении между энергией, отраженной поверхностью Земли и измерениями, полученными сенсорным датчиком. Типичными понятиями здесь являются спектральный отраженный сигнал и обратное рассеяние.
- **Структурная онтология**, включающая геометрические, функциональные и описательные структуры, которые могут быть получены на основе анализа изображения посредством методов извлечения специфических особенностей, сегментации и классификации. Типичными понятиями для этой онтологии являются такие геометрические объекты как линии и зоны и функциональные описания типа кривой спектрального отраженного сигнала, оптического потока, и градиента интенсивности света.
- **Онтология метода**, состоящая из набора алгоритмов и структур данных, которые представляют многократно используемое знание в форме методов обработки изображения. Эти методы могут быть использованы, чтобы преобразовать изображение физического уровня (например, фильтруя или улучшая его) или выполнить выделение признаков и классификацию.

Алгоритмы, которые являются частью *онтологии метода*, выполняют преобразования данных физического уровня до структурного уровня, так что этот процесс можно назвать *структурной идентификацией*. Будучи примененным к изображению (или ряду изображений), этот процесс приводит к набору *структур*, строго связанных со свойствами устройства измерения и его взаимодействием с физическим ландшафтом.

Изображения имеют независимый от наблюдателя онтологический статус, поэтому процедуры извлечения знания из изображений требуют семантического интерфейса, который устанавливает соответствие между базовыми понятиями в прикладной онтологии (используемой прикладным исследователем) и понятиями феноменологической онтологии (которая описывает как изображение представляет реальный мир). Проведение четкого различия между изображением и пользовательскими онтологиями позволяет обеспечить два ключевых момента: (1) поддержку *множественных представлений для одного и того же изображения*; и (2) использование изображений для обнаружения *пространственно-временных конфигураций географических явлений*.

О согласованности данных.

Пространственный контекст согласованности

В любой информационной системе надежность результатов запросов, анализа или рассуждения, зависит от согласованности данных. В географических информационных системах, где управление качеством геоданных зависит от пространственных особенностей объектов, проблема согласованности приобретает дополнительные сложности.

Качество данных – ключевой вопрос любой информационной системы. В географической информационной системе (ГИС) геометрические особенности геоданных определяют формирование комплекса управления качеством геоданных. Комиссией пространственного качества данных ICA [5] были определены семь компонентов пространственного качества геоданных: происхождение, позиционная точность, атрибутивная точность, завершенность, логичность [6], семантическая точность [7] и временная зависимость.

Обратим здесь основное внимание на логическую согласованность и семантические аспекты точности представления геоданных.

Независимо от источников геоданных (оцифровка карты, аэрофотосъемка или данные системы GPS) получающиеся географические наборы данных должны быть непротиворечивыми, чтобы использоваться в процессе пространственного анализа и гарантировать надежность решений, основанных на геоданных (например, при городском планировании).

Однако во многих существующих наборах геоданных ощущается нехватка геометрического и топологического структурирования, что неизбежно приводит к ошибкам, не обеспечивая должным образом надежность результатов запросов, анализа или рассуждения.

Ниже используется понятие топо-семантической согласованности, которая является частью логической согласованности, определенной в [6]. Топо-семантическая согласованность касается правильности топологических отношений между двумя объектами согласно их семантике. Например, здание в другом здании – это, конечно, ошибка, тогда как здание на участке земли – не ошибка, хотя в обоих случаях используется отношение «многоугольник в многоугольнике». Поэтому использование семантики, присущей каждому объекту, обязательно, чтобы обеспечить корректность каждого отношения.

Существующие наборы геоданных содержат ошибки (и особенно ошибки, не видимые в рабочем масштабе), которые не нарушают визуализацию, но препятствуют или делают вообще невозможным проведение пространственного анализа. Более того, пространственным моделям геоданных ГИС недостает структуризации, чтобы обеспечить пространственный анализ. Таким образом, методология проверки и коррекции согласованности жизненно необходима для реализации пространственного анализа в базах геоданных.

Проверка пространственной согласованности требует разработки процедур обнаружения несогласованности и определения ошибок согласованности. Ошибка может иметь различные уровни последствий. Некоторые ошибки могут отключить процесс анализа и тем самым быть своевременно обнаруженными, тогда как другие ошибки могут привести к ошибочным конечным результатам. В этом случае трудно выяснить, надежен ли результат или нет.

Процессы сбора геоданных потенциально могут быть источниками ошибок. Некоторые из таких ошибок могут быть обнаружены прямой экспертизой геоданных, в то время как для обнаружения других видов ошибок необходимо принять во внимание семантику объектов.

Географическое информационное моделирование сопряжено с определенными проблемами, связанными с пространственными признаками геообъектов. Реальные объекты, типа зданий или озер характеризуются формой, местоположением, отношениями с другими объектами и семантикой. Форма и местоположение являются геометрическими признаками. В процессе моделирования географической информации в первую очередь следует обратить определенное внимание именно на эти два вида признаков. Наряду с геометрическими признаками объектов очень важны пространственные отношения. Пространственные отношения обычно группируются в три категории [7]:

- топологические отношения, которые являются инвариантными при топологических преобразованиях рассматриваемых объектов,

- метрические отношения в терминах расстояний и направлений,
- отношения пространственного порядка, определяющие порядок между объектами в зависимости от точки наблюдения.

Проверка пространственной согласованности должна учитывать все особенности этих категорий. Цель проверки состоит в том, чтобы гарантировать, что геометрический объект и пространственные признаки геообъектов правильно обработаны базой геоданных. На рис. 4 показана схема метода проверки пространственной согласованности. Отправные точки – окружающая среда и база геоданных.

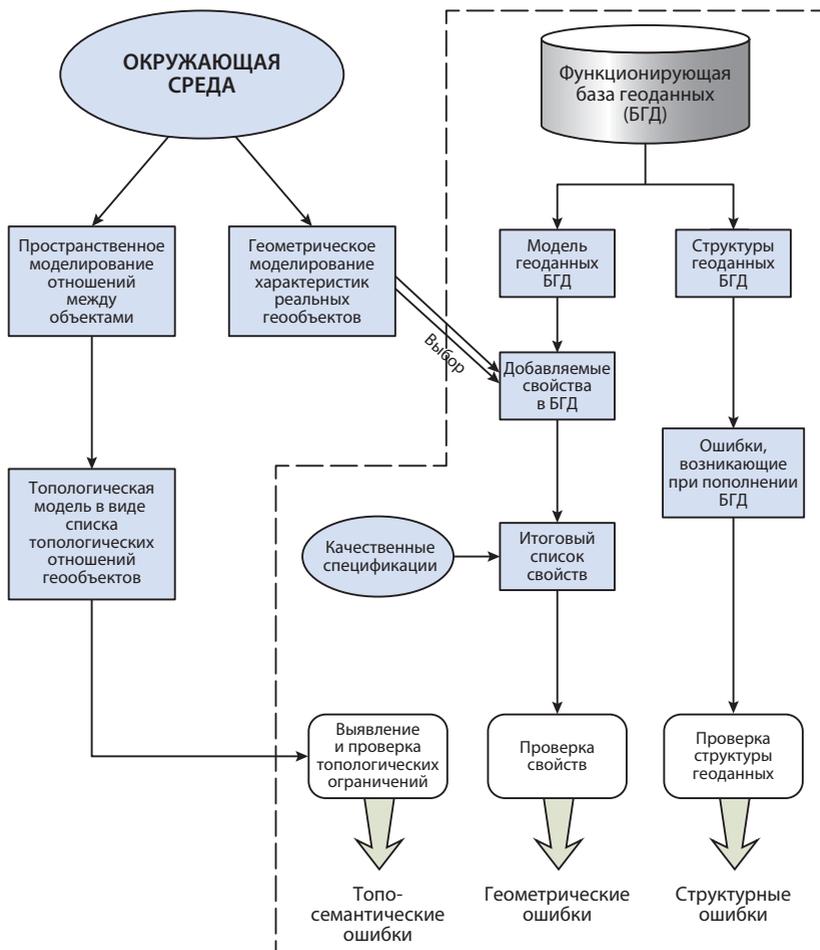


Рис. 4. Схема метода проверки согласованности

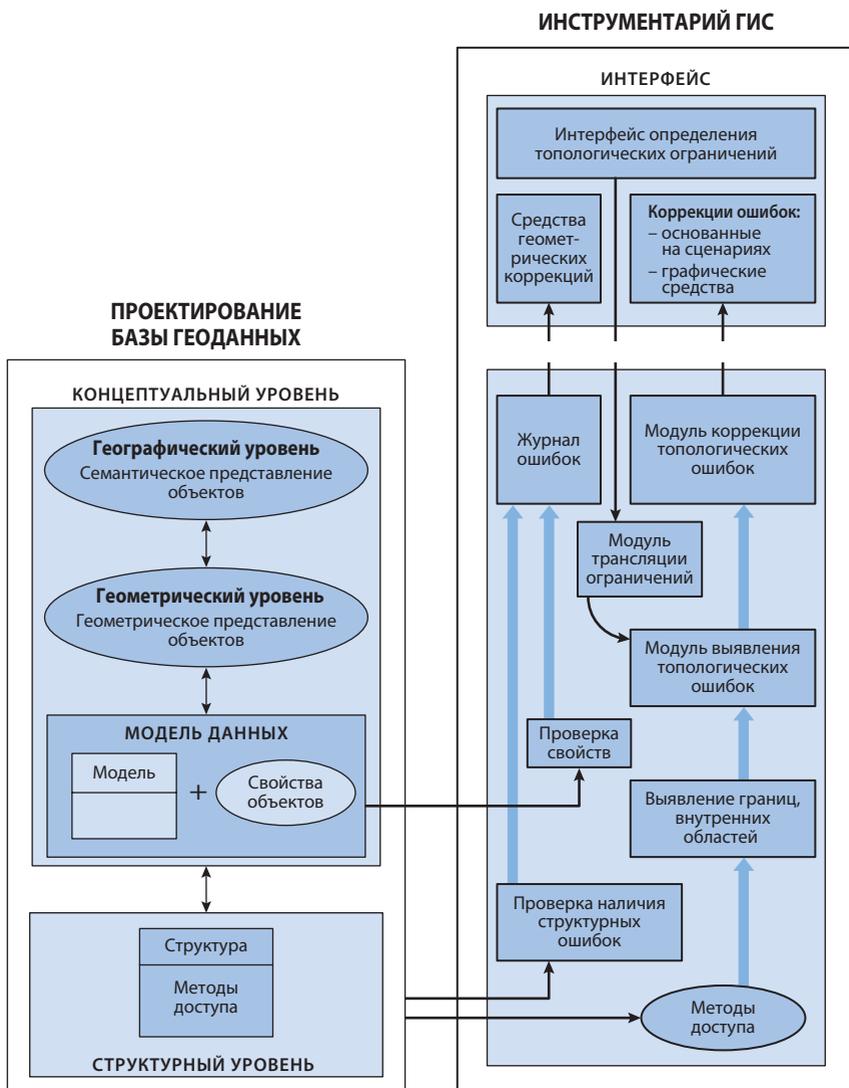


Рис. 5. Структура проверки и коррекции согласованности ГИС

Список свойств объектов фиксируется на основе наблюдений окружающей среды и исследования наиболее используемых пространственных моделей геоданных. Выбирая свойства из этого списка согласно модели геоданных и качественным спецификациям базы

геоданных, можно сформировать список свойств, необходимых для каждой ГИС. Сформированный список свойств используется для проверки геометрической согласованности набора геоданных.

Топологическое отношение между двумя сущностями основано на анализе общих частей их форм. Достоверность любого топологического отношения основана на семантике обеих сущностей. Именно поэтому ошибки, исходящие из недостоверных топологических отношений между объектами, называют топо-семантическими ошибками.

Топологические ограничения целостности основаны на топологическом отношении. Такие отношения описывают относительную позицию объектов в пространстве.

Структура на рис. 5 представляет связи между различными частями полнофункциональной ГИС, чтобы можно было проверять наборы геоданных и исправлять пространственные ошибки. Будем рассматривать две части: база геоданных, которая содержит всю информацию относительно описания реального мира и функциональные возможности ГИС, которая содержат ряд инструментальных средств доступа к данным и обработки наборов геоданных.

ГИС содержит инструментальные средства манипулирования базой геоданных. Целесообразно различать два вида инструментальных средств: инструментальные средства обработки, то есть процессы, которые вычисляют результаты запросов, анализа, вывода, и инструментальные средства интерфейса, которые обеспечивают конечного пользователя средствами формирования этих запросов. В нашем случае этот интерфейс содержит интерфейс определения топологических ограничений, интерфейс коррекции топологических ошибок, который предлагает все возможные исправления для каждой ошибки, и интерфейс коррекции геометрических ошибок. Уровень средств обработки содержит методы доступа к данным (которые зависят от структур геоданных), ведение журнала ошибок и процесс проверки топологических ограничений (трансляция ограничений и проверка).

Обработка геопространственной информации на базе репозитория ГИС

Резко возросшие объемы геоданных, обладающих гетерогенностью, обусловили необходимость использования репозитория как интегратора разнородных ресурсов ГИС и формулирование требований к архитектуре информационных ресурсов ГИС с участием репозитория.

Пространственные данные составляют ядро большинства ГИС и оказывают наибольшее влияние на многие процессы принятия решений при управлении объектами. Данные объектов железнодорожно-

го транспорта всегда идентифицируются своим географическим местоположением и пространственными отношениями, поэтому ГИС и пространственный анализ данных являются важнейшими средствами поддержки процессов управления объектами.

В большинстве реализаций ГИС до настоящего времени пространственные данные сохранялись и обрабатывались в персональных или ведомственных базах геоданных, которые ограничивали совместное использование и редактирование данных. Возрастающие требования к совместной обработке пространственных данных для различных приложений выявили острую потребность в масштабируемости ГИС и создании геоинформационного пространства [8]. Роль ГИС в поддержке развития интегрированных систем управления объектами может быть усилена на базе централизованного репозитория. Под репозиторием здесь понимается предметно-ориентированная информационная корпоративная база данных, специально разработанная для поддержки принятия решений. Репозиторий строится на базе клиент-серверной архитектуры, реляционной СУБД и утилит поддержки принятия решений.

Ключевой задачей совершенствования средств обработки геоинформационного контента является создание геоинформационного пространства, позволяющего осуществить интеграцию пространственно-распределенной информации (семантической, метрической и топологической), с которой имеет дело ГИС, с данными высокоточного спутникового позиционирования, объединив их в единой геоинформационной базе данных отрасли. Это позволит представить все виды геоинформационных ресурсов отрасли в виде геореляционных структур, рассматривать их во взаимосвязи и оперативно получать информацию необходимого вида и содержания.

Создание геоинформационного пространства с концептуальной точки зрения может быть разделено на два основных направления:

- разработка принципов интеграции геопространственной информации на растровой и/или векторной основе с присоединенными базами фактографических данных, метаданных, данных высокоточного спутникового позиционирования, а также пространственно-определенной вербальной информации;
- разработка принципов и подходов к многоуровневому семантическому моделированию и согласованной интеграции геопространственной и пространственно-определенной вербальной информации с одновременным использованием электронных знаковых форм представления геотекстов, а также растровой и/или векторной формы их представления.

Геоинформационное пространство, интегрированное в прикладные геоинформационные и автоматизированные системы, способствует решению ряда задач, комплексно повышая уровень безопасности, бесперебойности и надежности функционирования железнодорожного транспорта.

Можно выделить три основных сегмента потребителей данных геоинформационного пространства. Первый сегмент – задачи проектирования, реконструкции и текущего содержания объектов. Второй сегмент – задачи управления процессами, базирующимися на различных технологиях, в том числе на технологиях спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Третий сегмент функционирования геоинформационного пространства – обеспечение систем безопасности функционирования координатной информации, которая служит вторичным информационно-управляющим контуром систем.

Каждый из этих сегментов предполагает разработку специальных методов интеграции геоинформационных ресурсов, обеспечивающих поддержку технологий управления железнодорожным транспортом.

Актуализация геоинформационного пространства, поддерживаемого инструментальной средой ГИС, в современных условиях предполагает разработку и сопровождение централизованных репозиторий, основанных на интегрированных моделях данных. Эти модели данных описывают характеристики объектов инфраструктуры и результаты функционирования подсистем объектов, отражая тем самым различные аспекты жизненного цикла объектов (рис. 6). Репозиторий может потенциально улучшить эффективность, рентабельность и координацию различных процессов управления объектами [9].

Централизованный репозиторий данных об объектах на основе ГИС построен как внешний модуль реляционной СУБД и поэтому может обеспечить широкий диапазон совместного использования данных, интеграции и сервисов управления, типа управления версиями, многопользовательского параллельного доступа и редактирования, безопасности и авторизации, а также сервисов метаданных. Репозиторий должен гарантировать согласованность и целостность данных и объединить различные форматы данных во всестороннее и непротиворечивое представление всей системы инфраструктуры. Обеспечивая единственный вход для доступа ко всем данным объектов, репозиторий может значительно улучшить сбор, организацию, управление и распределение данных всюду по жизненному циклу объекта. Интерфейс ГИС с репозиторием расширит возможности пользователей, позволив точно определить свои требования, сделать запрос и проанализировать данные объектов в пространственном контексте.

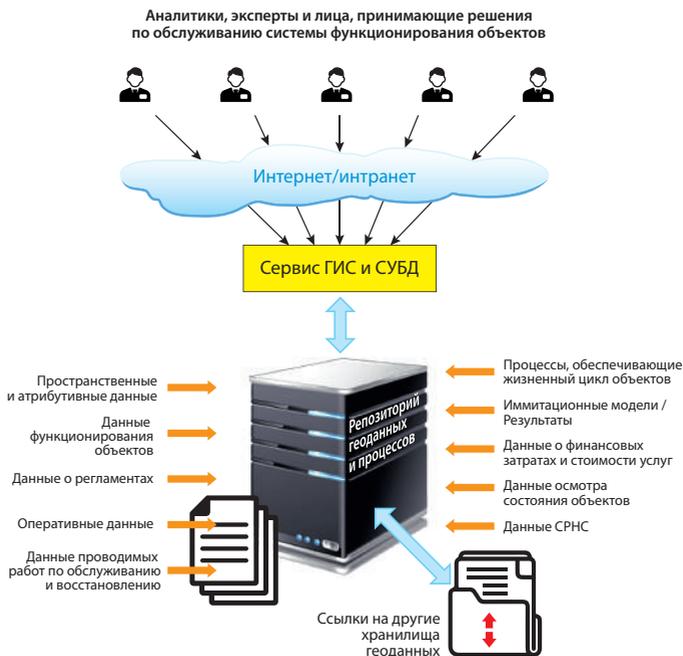


Рис. 6. Роль репозитория как интегратора данных о состоянии объектов и процессов

Репозиторий может обеспечить поддержку управления взаимозависимыми подсистемами инфраструктуры транспортных сетей интегрированным способом. Этими подсистемами инфраструктуры обычно управляют сепарабельно, при этом данные хранятся в отдельных и, возможно, несовместимых базах данных. Централизованный репозиторий может поддерживать перекрестные ссылки и отношения между различными подсистемами инфраструктуры, обеспечивающими взаимодействие между со-расположенными или накладывающимися объектами. Различные рабочие группы при этом будут в состоянии объединиться на основе согласованного представления данных.

Репозиторий допускает функциональную совместимость и эффективное совместное использование данных несовместимыми подсистемами управления объектами. Репозиторий может также поддержать использование распределенных источников данных и обеспечить доступ к этим источникам локально или через Интернет/интранет (в доступной через сеть архитектуре клиент–сервер) распределенным приложениям–клиентам. Можно перечислить некоторые другие преимущества централизованных репозиторийев:

- эффективное хранение, индексация, запрос и анализ данных объекта с параллельным поиском и редактированием этих данных для множественных приложений;
- поддержка координации и упрощение процессов управления объектами, увеличивающая операционную эффективность и расширяющая коммуникации между различными департаментами и заинтересованными пользователями;
- возможность многократного совместного использования данных и, таким образом, устранение дублирования усилий, потенциальной несогласованности и избыточности при сборе, верификации и хранении данных об объектах;
- использование согласованных, интегрированных и стандартизированных моделей данных и форматов;
- легко выполняемая интеграция инструментальных средств программного обеспечения, предварительно сформированных в виде отдельных модулей, в единую инструментальную среду.

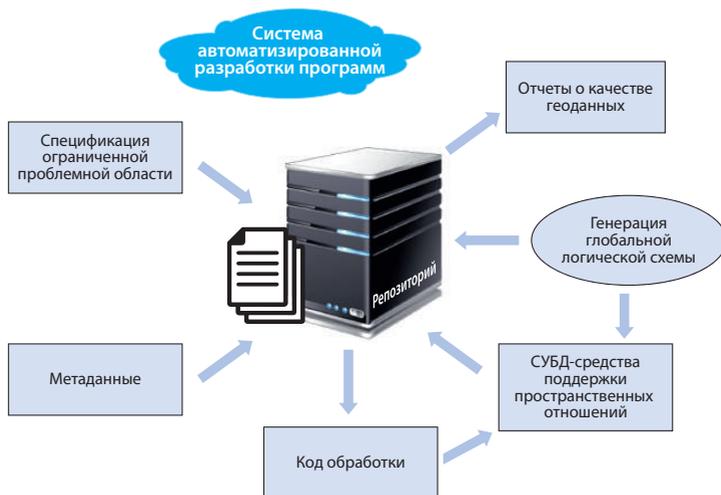


Рис. 7. Интегрированная пространственная среда программирования

Репозиторий отличается от различных словарей данных, поддерживающих ГИС, которые являются файлами или наборами файлов, ориентированных на одно конкретное приложение. Интегрированная пространственная среда разработки программного обеспечения проиллюстрирована на рис. 7. Ключевой элемент в этой среде – репозиторий метаданных, который является средством контроля всех проектных изменений так же, как и репозиторий инструментальных

средств разработки программного обеспечения в непространственных средах разработки.

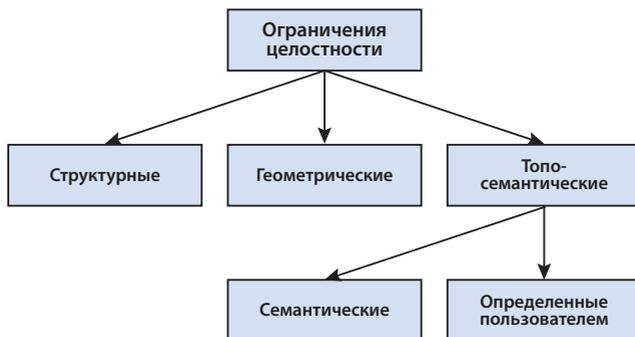


Рис. 8. Пространственные ограничения целостности

Проблеме качества пространственных данных, связанной с ограничениями целостности, в последнее время уделяется большое внимание. Ограничения целостности структурируются, как показано на рис. 8. Они подразделяются соответственно трем типам возможных ошибок: структурным ошибкам, геометрическим ошибкам и топо-семантическим ошибкам. Топо-семантические ограничения подразделяются на семантические ограничения и определяемые пользователем ограничения целостности.

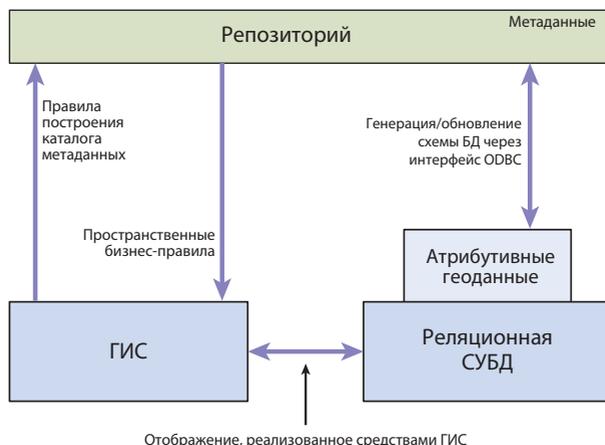


Рис. 9. Архитектура системы управления пространственными данными

Рис. 9 иллюстрирует архитектуру предлагаемого репозитория. В качестве инструментальных средств можно использовать любой тип инструментальных средств, доступных в интегрированной среде разработки. Репозиторий управляет всем программным обеспечением в среде и представляет собой интерфейс между пользователем и инструментальными средствами.

Рис. 10 представляет концептуальную модель репозитория, который хранит данные на метауровне. При проектировании неявно предполагается, что геометрия может иметь много графических представлений. Визуализация спецификаций включена, чтобы позволить пользователю определить графические стили для объектов в ГИС, предполагая, что наличие визуальных команд вызова программы улучшило бы ясность относительно того, что собой представляют объекты, и таким образом уменьшило бы ошибку ввода данных. Это задача, которая непосредственно контролируется репозиторием. Для этого используются метаданные, касающиеся схематического изображения и используемые для генерации схемы, сохраняемой на том же самом метауровне.

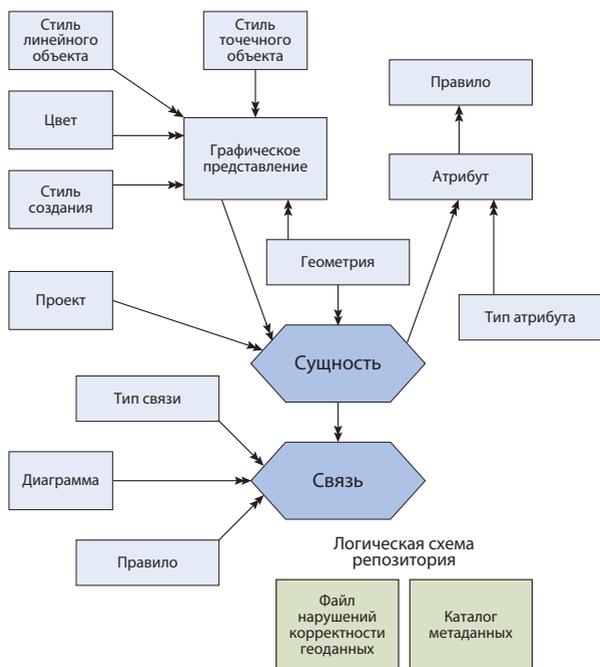


Рис. 10. Модель данных репозитория

Центральная часть изображения модели репозитория содержит основную информацию для представления сущности и ее отношений. Репозиторий обрабатывает проекты через отношение сущность – проект этой части модели. Все записи в базе геоданных отмечены идентификатором проекта посредством значения внешнего ключа в сущности. В рабочем режиме репозиторий должен использоваться для того, чтобы проекты совместно использовали допустимые правила. Но это требует дальнейшего развития модели, так как при этом требуется обработка отношений «многие к многим» между проектом и сущностью.

Топологические ограничения неявно поддерживаются средствами ГИС, с которой связан репозиторий. Правила представлены как предложения языка определения данных в языке структурированных запросов *Structured Query Language* (SQL) для правил атрибута и как структурированный текст для правил отношений (связи).

Система репозитория проектируется, чтобы облегчить разработку системы не вполне подготовленными пользователями. При этом главная задача – обеспечить спецификацию реальных объектов пользователями при существующих ограничениях на способ, которым данные об этих объектах могут быть введены. Эти ограничения задаются, чтобы управлять качеством данных. Система репозитория обеспечивает пользователям интерфейс, позволяющий устанавливать статические ограничения целостности на значения атрибута и определяемые пользователем ограничения целостности на пространственные отношения. Они автоматически перетранслируются в предложения языка определения данных или ограничения, выраженные как запросы к ГИС. Таким образом, не приходится нагружать программированием пользователей. Интерфейс репозитория также обеспечивает шлюз к ГИС. Управление в этом случае переходит к ГИС. ГИС способна реагировать на результат, который указывает, что имеет место нарушение правила. Такие нарушения при вводе геоданных приводят к откату входных данных или фиксируются в файле нарушений корректности репозитория. Кроме того, могут быть собраны автоматически и также предоставляться репозиторием метаданные об авторе, дате, пространственных границах, масштабе, проекции и системе координат.

На рис. 11 изображена структура меню системы репозитория. Цель операции по выбору проекта состоит в том, чтобы находить, вводить или изменять основные детали проекта. Эта операция начинается непосредственно после инициализации системы репозитория. Однако она может быть задействована на любой стадии вы-

полнения проекта, когда пользователь пожелает перейти на другой проект. При этом вводятся детали проекта, включая координаты и масштаб.

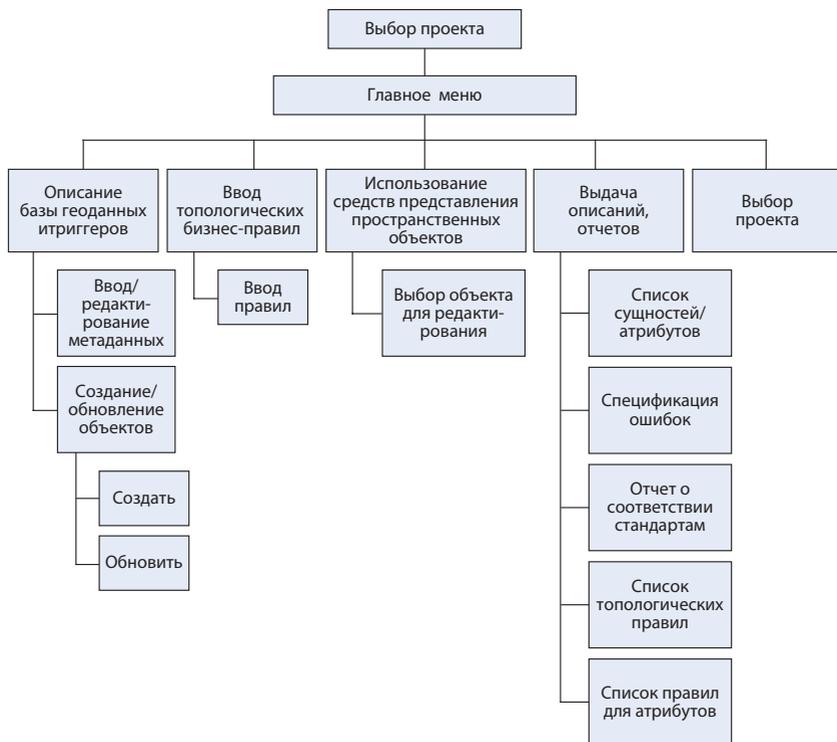


Рис. 11. Структура меню системы репозитория

В отличие от традиционных моделей автоматизированного проектирования, модели ГИС обеспечивают определение и использование семантически богатых объектно-ориентированных моделей, которые поддерживаются реляционной СУБД (РСУБД), предназначенной для хранения и управления атрибутивными данными. Объединяя пространственные и непространственные данные, модели ГИС допускают эффективную автоматизированную проверку корректности данных, гарантируя качество и надежность геоданных. Кроме того, архитектура клиент – сервер большинства ГИС дает возможность тонким клиентам эффективно обращаться к геоданным по сетям Интернет/интранет, обеспечивая массовую публикацию пространственных данных в различных департаментах достаточно рентабельным способом.

Модель базы геоданных дает возможность выполнить проверку ограничений целостности на геоданные и использовать функции SQL реляционной СУБД для доступа к геоданным, обновления и управления транзакциями. Кроме того, модель позволяет определять специальные объекты, которые воплощают определяемую пользователем семантику, а также поддерживает сложные пространственные отношения типа сетей, топологий и ландшафтов.

Сервер приложений ГИС (рис. 12) представляет собой интерфейс, который позволяет управлять пространственными данными и хранить их. Важнейшее его преимущество состоит в возможности совместного доступа (чтения, записи, обновления, удаления) к используемым данным. Он распределяет пространственные данные для различного рода приложений, а также поставляет пространственные данные через глобальные сети по протоколу TCP/IP.

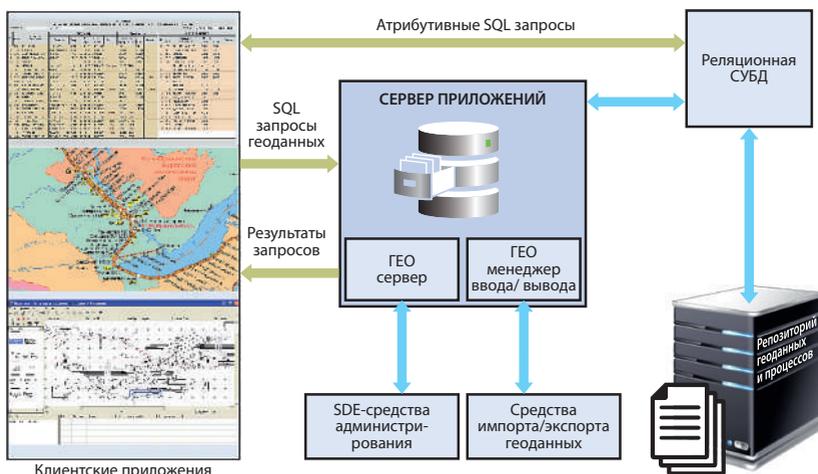


Рис. 12. Архитектура обработки геоданных с участием репозитория

Сервер приложений служит интерфейсом между ГИС и РСУБД для организации совместного доступа и управления пространственными данными как таблицами. В среде разнотипных баз данных, где используется целый ряд различных баз данных, созданных организациями или отдельными пользователями, он обеспечивает общую модель хранения географической информации и значительно улучшает характеристики всей ГИС за счет распределения функций приложения ГИС между сервером базы данных и клиентом.

Сервер приложений управляет набором заданных таблиц (или системным словарем данных), которые хранят метаданные о пространственных данных, таких как пространственные ссылки, имена классов признаков и структур, и пространственную индексацию.

Репозиторий поддерживает версионирование базы геоданных, что обеспечивает слежение за хронологией обновления геоданных и откат до прежнего уровня изменений, если в этом возникает потребность. Чтобы оптимизировать использование ресурсов памяти, изменения хранятся только в дельта-таблицах. Эти таблицы используются вместо копирования всей базы геоданных. Проведенные изменения в итоге приводят к одной версии, если все изменения согласованы.

Интеллектуализация доступа к геоданным на основе семантической геоинтероперабельности

Возможность совместного использования геоданных (геоинтероперабельность) было одним из основных требований, начиная с разработки первой ГИС. Несмотря на то, что прошлые два десятилетия были очень продуктивными с точки зрения развития геоинтероперабельности, она пока еще не стала общезначимой [10]. Хотя стандарты, разработанные ISO/TC 211 и *Open Geospatial Consortium* (OGC) Inc. обеспечили основу для ее развития, и во многих 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, геоинтероперабельность все же находится в стадии становления.

С другой стороны, за эти два десятилетия произошло внушительное развитие Интернета и *Web*. 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.

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>). С позиции информатики основная суть определения – это способность использовать информацию, полученную в результате обмена. Международная организация по стандартизации ISO 19119 предлагает такое определение (http://www.wmo.int/pages/prog/www/TEM/ET-WISC-I/ISO_191xx.doc): «Интеропера-

перабельность 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».

В соответствии с этим определением два компонента А и В 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 возратить взаимно понятные ответы R к А.

Для географической области применимо следующее описание термина «географическая интероперабельность» (http://www.wmo.int/pages/prog/www/TEM/ET-WISC-I/ISO_191xx.doc): «Географическая интероперабельность – это способность информационных систем к 1) свободно 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 форматы друг друга.

На техническом уровне интероперабельность включает коммуникацию, определенную соответствующим протоколом коммуникации, аппаратными средствами, программным обеспечением и уровнями совместимости данных. Такая интероперабельность соответствует обеспечению *синтаксической* интероперабельности в смысле передачи параметров, а *семантическая* интероперабельность имеет дело со знаниями проблемной области, необходимыми для информационных сервисов, чтобы «понять» мотивации и креативы друг друга.

Сущность интероперабельности – в реализации отношений между системами, где каждое отношение – способ коммуникации, обмена, кооперации и совместного использования ресурсов [11]. 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 одних и тех же компонентов сосуществует и взаимодействует.

В контексте географической информации (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. Проблемы интероперабельности ГИ выглядят еще более серьезными, если добавить к присущей ГИ сложности геоданных институциональные и юридические осложнения [10]. Этим, по-видимому, и объясняется существование довольно большого количества необходимых стандартов.

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 [11].

Существует несколько подходов к формированию ГИС посредством моделей интероперабельности [10]. 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.

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. 13) [11].

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.

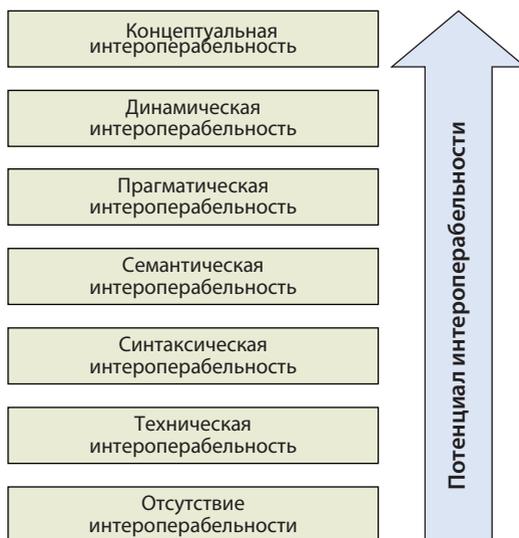


Рис. 13. Уровни интероперабельности

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.

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 зна-

чений одного и того же реального объекта, который сохранен в различных базах данных [12].

К прагматическому уровню относятся намерения, обязанности и последствия сформулированных утверждений. Этот уровень может быть достигнут, когда взаимодействующие системы осведомлены об используемых методах и процедурах. Основная исследовательская проблема здесь связана с тем, как обеспечить механизмы прагматического уровня интероперабельности в Сервисной Ориентированной Архитектуре (SOA) [13].

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.

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.

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* геопро пространственной информации.

В 2001 была выдвинута идея *Semantic Web*. 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.

Идея создания геопространственной *Semantic Web* впервые была представлена в 2002 году [11]. 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 и сервисов (позиционирование, изображение, местоположение и т.д.).

Геоинформационный синтез пространственных данных инфраструктуры ж/д транспорта

Геоинформационный синтез (*geoinformation fusion*) – это процесс объединения географической информации из разнообразных источников для получения новой, более ценной информации, обладающей большей значимостью и надежностью [14]. Геоинформационный синтез – важная функция интероперабельной и доступной через *Web* геоинформационной системы (ГИС). Увеличение надежности распределенного доступа через *Web* к геоинформации, соответственно, повышает требования к эффективному и быстрому синтезу геоинформации из разнородных источников.

Первоочередной проблемой, стоящей перед любой системой геоинформационного синтеза, является *семантическая разнородность*, когда понятия и категории, используемые в разных геоинформационных источниках, имеют несовместимые значения. Большинство современных геоинформационных методик синтеза существенно зависят от человеческого восприятия проблемной области. В этой работе рассматриваются вопросы географического информационного синтеза с использованием *индуктивного вывода*. Индуктивный вывод

позволяет провести рассуждения от конкретных случаев до общих правил. В контексте геоинформационного синтеза индуктивный вывод может использоваться, чтобы определить семантические отношения между категориями геообъектов из пространственных отношений между наборами определенных объектов. Однако индуктивный вывод считается не очень надежным, особенно при наличии неопределенности. Следовательно, сомнительная надежность – ключевое препятствие, стоящее перед любой автоматизированной системой геоинформационного синтеза, основанной на индуктивном выводе, поскольку геоинформации свойственна неопределенность.

Самый важный шаг в процессе информационного синтеза должен соединять онтологии разных информационных источников. При этом следует различать процесс идентификации отношений между соответствующими элементами в двух гетерогенных онтологиях, называемый «отображением», и процесс построения единственной объединенной онтологии, основанной на этих идентифицированных отношениях, называемый «интеграцией» [15].

Под отображением онтологий (*ontology alignment*) понимается процесс установления соответствия между концептами разных онтологий. Проще говоря, при отображении онтологий для каждого концепта, отношения или экземпляра некоторой онтологии находятся соответственные элементы в других онтологиях. Проблема отображения онтологий тесно связана с задачей синтеза данных (*data fusion*) и особенно актуальна при интеграции разнородных баз данных, функционирующих независимо друг от друга. Средства отображения онтологий выделяют семантически эквивалентные классы данных, например «Электровоз» и «Локомотив», которые в общем случае не совпадают, поэтому требуются дополнительные процедуры для определения сходства: синтаксические, внешние и семантические. Эта проблема также важна при реализации семантической интероперабельности в *Semantic Web* [16], когда каждый из взаимодействующих пользователей сети, который разработал свои онтологии, рассчитывает на согласованное использование разнородных ресурсов. В среде *Semantic Web* существует много примеров успешного решения проблемы синтеза данных на основе онтологий, но не преодолены пока жесткие требования специальной подготовки интегрируемых данных и семантический диссонанс при неоднократном использовании онтологий.

Исследование синтеза геоинформации предполагает использование более общих подходов, чем в случае атрибутивного информационного синтеза. ГИС с формальными представлениями геоонтологий

имеет перспективы улучшения информационной интеграции на основе онтологий, если известны семантические отношения между зафиксированными онтологиями.

В основе пространственного подхода к геоинформационному синтезу всегда лежит процесс выведения семантических отношений из пространственных. Этот процесс может иметь характер индуктивного вывода, моделирующего рассуждение от конкретных случаев до общих правил. Тем самым пространственный подход к геоинформационному синтезу создает общедоступный «словарь» для того, чтобы устанавливать соответствия между онтологиями разных информационных источников, основанные на отношениях между пространственными степенями категорий, используемых в этих информационных источниках. Рис. 14 содержит простой пример информационного синтеза пространственных данных. На рис. 14 каждый набор данных включает пространственный компонент и интенциональный компонент.

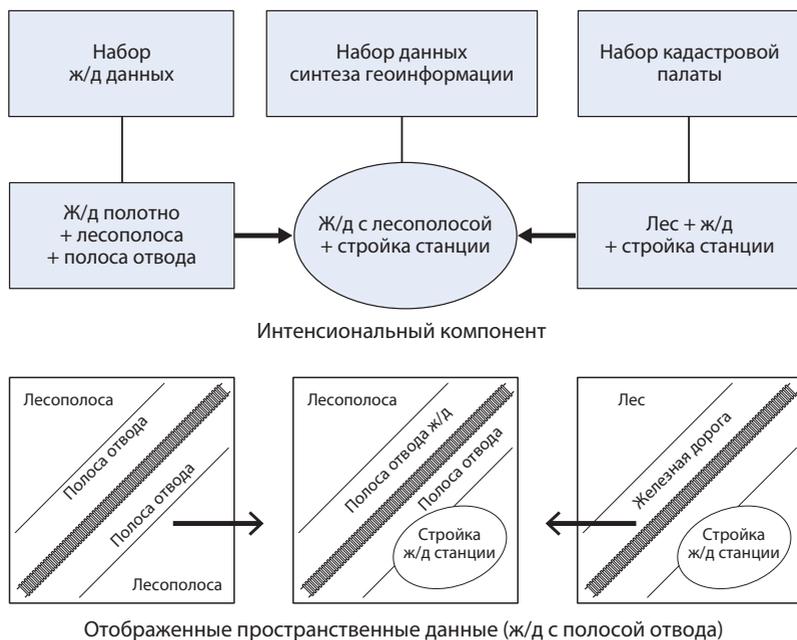


Рис. 14. Упрощенный пример геоинформационного синтеза

Географические степени наборов ж/д данных и данных кадастровой палаты идентичны (то есть наборы данных покрывают одну и ту

же область). Таким образом, рис. 14 представляет ситуацию, когда два учреждения отобразили одну и ту же географическую область, используя разные онтологии. Отметим, что, хотя синтез сильно упрощен, процесс, проиллюстрированный рис. 14, не просто оверлей. Наборы данных были подвергнуты синтезу в том смысле, что получена некая новая информация об отношениях между категориями, представленными в каждом из входных наборов данных.

Описанный выше на простом примере процесс синтеза предполагает, что для работы любой системы в реальных условиях необходимо формализовать правила, требуемые для индуктивного процесса вывода результатов синтеза, с последующей реализацией их в системе автоматизации синтеза данных. Наверное, следует начать с представления таксономии как частично упорядоченного набора (C, \leq) [15], где C – множество категорий и \leq – упорядочение (отношение категоризации) на этих категориях. Тогда набор геоданных может быть представлен как набор S , в который входит часть области, таксономия (C, \leq) и функция $e: C \rightarrow 2S$, которая определяет, какие пространственные области маркированы категориями ($2S$ – мощность множества S). Таким образом, e связывает каждую категорию в таксономии с уникальным набором элементов пространства S . Функцию, подобную e , принято называть функцией расширения, поскольку она обеспечивает экстенциональную форму представления каждой категории в контексте ее набора данных.

В частности, для набора ж/д данных на рис. 14 таксономия $(C_{ж/д}, \leq_{ж/д})$ представлена иерархией категорий; пространственная область $S_{ж/д}$ представлена непосредственно картой, состоящей из выделенных подобластей; а функция расширения $e_{ж/д}$ представлена метками как на таксономии, так и на карте (то есть для каждой категории можно идентифицировать на карте набор местоположений, которые маркированы как определенная категория).

Можно определить простые логические правила первого уровня, которые обеспечивают индуктивный процесс вывода. Пусть для двух наборов данных $C_1 = \{S_1, (C_1, \leq_1), e_1\}$ и $C_2 = \{S_2, (C_2, \leq_2), e_2\}$, нужно создать набор данных синтеза $C_f = \{S_f, (C_f, \leq_f), e_f\}$. Тогда в качестве первого правила можно определить следующее:

$$\text{for all } x \in S_1 \ \& \ y \in S_2 \ \begin{cases} \text{if } e_1(x) \in e_2(y) \text{ then } x \leq_f y, \\ \text{if } e_2(x) \in e_1(y) \text{ then } y \leq_f x. \end{cases}$$

Другими словами, там, где пространственное расширение категории a содержится в пространственном расширении категории b , a является подкатегорией b в объединенной таксономии. Точно так же

можно сформулировать правила, для пространственных отношений между пространственными формами двух категорий:

for all $x \in C_1$ and $y \in C_2$ if $e_1(x) \cap e_2(y) = \emptyset$ then $x \not\leq y$ and $y \not\leq x$.

Это правило утверждает, что если расширения двух категорий x и y являются непересекающимися, то категории не сравнимы. Дальнейшее очевидное правило определяет создание новой категории, соответствующей наложению двух расширений категории:

for all $x \in C_1$ and $y \in C_2$ if $e_1(x) \cap e_2(y) \neq \emptyset$

and $e_1(x) \not\leq e_2(y)$ and $e_2(x) \not\leq e_1(y)$

then $x \cap y \in C_f$ and $x \cap y \leq_f x$ and $x \cap y \leq_f y$.

Приведенное правило позволяет создать новую категорию $x \cap y$ в объединенной таксономии, которая располагается на пересечении категорий x и y . Для двух наборов данных C_1 и C_2 выводы из таких правил формируют отношение упорядочения, которое связывает категории в двух источниках таксономий. Вместе с теми отношениями, упорядочивающими эти источники, возникает возможность образования нового объединенного частичного порядка в C_p который определяет категоризацию отношений между категориями в разных таксономиях C_1 и C_2 .

Формализованные правила ввиду их достаточной простоты могут быть легко реализованы в системах автоматизации синтеза данных. Преимущество использования логик описания состоит в том, что любые несогласованности между выбранными правилами могут быть автоматически обнаружены при проверке согласованности и анализа выполнимости. Если сгенерировать отображение онтологии, то пространственные данные могут быть автоматически объединены на основании стандартных геоинформационных методик интеграции (то есть наложением двух пространственных наборов данных и приписыванием каждой объединенной области категории из объединенного частичного порядка, которая находится на пересечении двух исходных категорий объединенной области).

Комплексная система пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта

Описанные выше подходы нашли свое применение в информационном обеспечении проектирования, строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов железнодорожной инфраструктуры. Комплексная система пространственных данных инфраструктуры желез-

нодорожного транспорта (КСПД ИЖТ) разрабатывается в соответствии с Распоряжением президента ОАО «РЖД» от 3 декабря 2010 года № 2511р «О создании комплексной системы пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта». Гетерогенность геоданных, подлежащих комплексированию и синтезу в КСПД ИЖТ, выдвигает на передний план решение задачи геоинтероперабельности отраслевого масштаба [17] как задачи совместного согласованного использования геоданных, полученных из разных информационных источников (рис. 15).

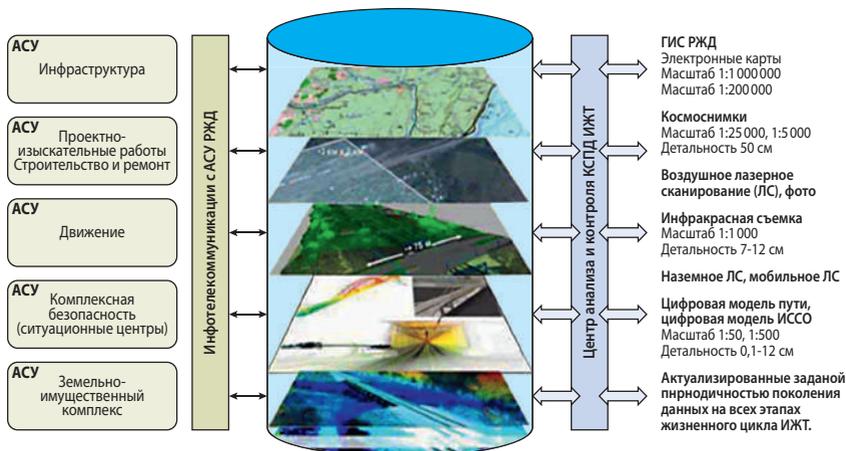


Рис. 15. Реализуемый функционал Комплексной системы пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта (КСПД ИЖТ)

При этом функционал КСПД ИЖТ поддерживает решение следующих задач:

- Централизация и унификация процессов сбора, обработки и использования пространственных данных – ведение геоинформационной базы данных (ГБД).
- Информационное обеспечение процессов комплексной оценки технического состояния объектов инфраструктуры.
- Планирование ремонтных работ объектов инфраструктуры по оцениваемому состоянию.
- Информационная поддержка процесса проектного содержания пути – комплексное решение с учетом всей имеющейся информации.
- Оценка антропогенных и природных угроз безопасности движения путем выявления мест, представляющих потенциальную опасность.

- Планирование перевозок негабаритных грузов.
- Информационная поддержка принятия стратегических решений путем интеграции данных об инфраструктуре, оперативности их выбора по любому заданному критерию, наглядности их представления как в графической, так и в табличной форме.

Для моделирования и распознавания объектов ж/д инфраструктуры используются данные мобильного лазерного сканирования и файлы инфракрасной съемки и фотофиксации. Моделированию и распознаванию подлежат ж/д объекты, четко определяемые по облаку точек лазерных отражений, и только внешние элементы конструкций, отображающие основной габарит.

В КСПД ИЖТ обрабатываются данные о следующих объектах/группах объектов:

- Ось пути.
- Рельсы по рабочей поверхности головки рельса.
- Здания и др. наземные площадные объекты.
- Металлические балки для подвеса проводов (консоли) контактной сети на опорах, конструкции натяжения проводов и т. п.
- Столбы опор контактной сети, фермовые конструкции, опоры ЛЭП, столбы освещения.
- Линейные объекты (контактные провода, кабели, тросы и т. д.).
- Трубопроводы.
- Математическая основа и информационные указатели (пункты ОГС, километровые столбы, пикетажные столбы, кабелеуказатели и т. п.).
- Гидрография (реки, озера, ручьи и т. п.).
- Дорожные сооружения.
- Платформы, будки, семафоры, светофоры, шлагбаумы.
- Площадное электрооборудование ж/д пути (подстанции, будки трансформаторные, трансформаторы, трансформатор на столбе, шкаф электрический распределительный).
- Автодорожная сеть.
- Растительность – объекты в виде TIN-поверхности шагом 50×50 см.
- Ограждения (заборы, шумоподавляющие сооружения и т. п.).

Технологическая цепочка наиболее перспективного с точки зрения авторов мобильного лазерного сканирования разбивается на шесть отдельных этапов, которые достаточно независимы, так как операции могут быть распараллелены между отдельными исполнителями. Результат выполнения каждого этапа формализован.

На первом этапе решаются технические вопросы, призванные в первую очередь устранить ошибки сканирования и искажения пространственных данных. Одним из ключевых моментов данного этапа является создание топографо-геодезического обоснования путем расстановки и последующей «увязки» временных базовых станций, т. к. это является залогом качественного и точного определения требуемых пространственно-технических параметров объектов железнодорожной инфраструктуры. Малое число видимых навигационных спутников, неудовлетворительное их взаимное расположение (особенно в высоких широтах), плохие условия приема сигнала GPS-антенной под контактными проводами и другие обстоятельства могут стать существенным фактором снижения точности сканирования и даже привести к невыполнению работ.

Кроме этого стратегия достижения заданной плотности точек мобильного лазерного сканирования и обеспечения максимального съемочного покрытия состоит в проведении лазерного сканирования одного и того же участка железной дороги по первому и второму главному пути (по маршруту «туда и обратно»). В подавляющем большинстве случаев такой метод обеспечивает и закрытие «мертвых» зон (особенности рельефа, железнодорожные составы, станционные здания и сооружения), и устранение локальных ошибок сканирования, возникающих при съемке по одному из направлений.

Основная задача следующего этапа, связанного с анализом результатов съемки и первичной обработкой данных мобильного лазерного сканирования, состоит в определении потенциально проблемных участков трассы или тех, где результаты сканирования неприемлемы для дальнейшей тематической обработки. Траекторное решение вычисляется с помощью ПО *Applanix POSPac MMS*, в котором имеется возможность тонкой настройки прохождения сигнала через атмосферу (компенсации ионосферных и тропосферных задержек, вычисления релятивистского эффекта, учета ошибок синхронизации и других). Данное программное обеспечение широко используется для вычисления точной траектории подвижных воздушных и наземных целей. Последующая первичная обработка производится специализированным программным обеспечением, поставляемым в комплекте со сканирующей системой. Отдельная задача, решаемая на этом этапе, – конвертирование данных в местную систему координат с соблюдением требований по секретности проведенных измерений.

На этапе классификации точек лазерного отражения и формирования цифровой модели земли происходит формирование проекта под последующую камеральную обработку. Вся трасса разбивается

на блоки определенной длины, удобные для загрузки точек лазерного отражения и проведения трехмерной векторизации. Основная цель данного этапа заключается в отделении точек отражения от земли в отдельный класс, с тем чтобы можно было в дальнейшем определить такие параметры, как состояние балластной призмы, земляного полотна железнодорожного пути, водоотводных стоков.

Этап формирования трехмерных пространственных моделей, или трехмерного моделирования – наиболее трудоемкий и «творческий», зависит от пространственного воображения оператора. Тем не менее процесс построения может быть формализован по двум направлениям: 1) существует достаточное количество программных продуктов, позволяющих по данным хорошего качества векторизовать линейные объекты, типа рельсовой нити или электрических проводов; 2) использовать заранее созданные по конструкторским чертежам модели отдельных объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта (так называемые библиотечные примитивы), например опоры контактной сети, светофоры и другие устройства. Точность векторизации с использованием библиотечных примитивов на порядок выше, кроме этого под их расстановку разработано достаточное количество утилит, позволяющих делать это полуавтоматическим образом.

Суть следующего, пятого этапа заключается в добавлении семантической информации путем конвертирования созданной ранее трехмерной модели в ГБД и наполнении ее основной семантической информацией (атрибутирование).

Задача не тривиальна, поскольку полнотелые CAD-объекты, как правило, представлены сложными внутренними структурами той программы, в которой они создаются, и которые «рассыпаются» на простые элементы (типа линий и плоскостей) при экспорте их в любые ГИС-приложения. Для решения этой задачи применяется специальное программное обеспечение компании *Safe Software*, позволяющее проводить подобного рода операции.

Для атрибутирования используется фотоинформация, собираемая во время лазерного сканирования, а также «выгрузки» из специализированных баз геоданных. Помимо этого каждый объект, если он представлен в виде 3D- и точечного (или линейного) примитива, наделяется уникальным идентификатором для установления однозначной связи между условным схематическим знаком на топоплане и его трехмерным отображением.

На последнем, шестом этапе производится подготовка данных для работы функциональных приложений.

Заключение

В последние годы синтез информации из множества источников и баз данных в режиме реального времени приобретает все большее значение, поскольку практически используется во многих прикладных областях. Так как большинство датчиков могут генерировать большие объемы геоинформации в короткие промежутки времени, синтез данных, получаемых с использованием датчиков, требует новых методов оптимизации совместной обработки показаний датчиков. В работе рассмотрено формализованное представление технологической возможности получения геопространственных данных в рамках единой системы сбора геопространственной информации для автоматизации мониторинга инфраструктуры ж/д транспорта в высокоточном координатном пространстве. В условиях повышающихся требований к доступности и оперативности геопространственной информации мобильное лазерное сканирование является наиболее эффективным решением современных технологий сбора и обработки геоданных для создания картографических материалов, паспортизации, мониторинга и фиксации состояния инфраструктурных транспортных объектов.

В процессе реализации проектов по проверке фактического положения объектов ж/д инфраструктуры была разработана и апробирована уникальная сквозная технология съемки и обработки пространственных данных, позволяющая, с одной стороны, минимизировать затраты на обработку, а с другой – повысить контролируемость процесса и точность синтеза геоданных.

Список литературы

1. Goodchild, M., et al., Introduction to the Varenis Project. International Journal of Geographical Information Science, 1999. 13(8): p. 731-745.
2. Fonseca, F. and M. Egenhofer. Ontology-Driven Geographic Information Systems. In 7th ACM Symposium on Advances in Geographic Information Systems. 1999. Kansas City, MO: ACM Press, N.Y.
3. Guarino, N., Formal Ontology and Information Systems, in Formal Ontology in Information Systems, N. Guarino, Editor. 1998, IOS Press: Amsterdam, The Netherlands. p. 3-15.
4. Fonseca, F., et al., Ontologies and Knowledge Sharing in Urban GIS. Computer, Environment and Urban Systems, 2000. 24(3): p. 232-251.
5. Morrison J. Spatial data quality // Elements of Spatial Data Quality, Elsevier Science, 1995. Pp. 1-12.
6. Kainz W. Logical Consistency // Elements of Spatial Data Quality, Elsevier Science, 1995. Pp. 109-138.

7. Salge P. Semantic accuracy // Elements of spatial Data Quality, Elsevier Science, 1995. Pp. 139-152.
8. Baird M. P., Frome R. J. Large-scale repository design // Cell preservation technology, 2005. Vol. 3. No. 4. P. 256–266.
9. Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. Geographic information systems and science. Second edition. – New York: Wiley, 2005.
10. Turnitsa, C., and Tolk, 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.
11. 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>
12. 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/>
13. 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>
14. Dasarathy B. Information Fusion – what, where, why, when, and how? // Information Fusion, 2001. Vol. 2. No. 2. P. 75–76.
15. Duckham M., Worboys M. Automated geographic information fusion and ontology alignment // Spatial data on the Web: Modelling and management / Ed. by A. Belussi, B. Catania, E. Clementini, E. Ferrari. – Berlin: Springer, 2007. Chapter 6. P. 109–132.
16. Дулин С. К., Дулина Н. Г., Никишин Д. А. Проблемы обеспечения семантической геоинтероперабельности и согласования понимания семантики геоданных // Системы и средства информатики, 2016. Т. 26. № 1. С. 86–108.
17. Гуляев Ю. В., Журавлев Е. Е., Олейников А. Я. Методология стандартизации для обеспечения интероперабельности информационных систем широкого класса // Журнал радиоэлектроники, 2012. № 3. 40 с.



Павловский А.А.



Духин С.В.



Нуйкин А.В.



Пронкин А.В.

Состояние и перспективы применения высокоточных координатных систем в производственных процессах железнодорожного транспорта

Ключевые слова:

высокоточные координатные системы, спутниковая навигация, лазерное сканирование, референциальные станции, опорная реперная геодезическая сеть

Развитие спутниковой геодезии, средств лазерного сканирования, осуществление государственной политики цифровизации и внедрения геоинформационных систем явилось основой для развития и внедрения технологий, основанных на использовании высокоточных координатных методов, в производственной деятельности ОАО «РЖД». Железнодорожный транспорт традиционно использует передовые технологии, новейшие достижения инженерной мысли, прикладные разработки различных областей современной науки. Необходимость динамичного технологического развития диктуют современные требования: повышение скоростей движения и массы подвижного состава, оптимизации ресурсов при росте эксплуатационных расходов на содержание инфраструктуры, повышение уровня услуг по перевозке пассажиров и доставке грузов.

Начало процесса перехода к методам использования высокоточных координатных систем в производственных процессах железнодо-

рожного транспорта было положено около 10 лет назад посредством создания трех относительно независимых компонентов:

- высокоточной координатной системы (ВКС);
- программного обеспечения (ПО), предназначенного для реализации различных функций, связанных с загрузкой, обработкой и использованием пространственных данных;
- инновационной технологии использования координатных методов проектирования, строительства, ремонта, реконструкции и текущей эксплуатации объектов инфраструктуры.

Рассмотрим их состояние на текущий момент, а также перспективы развития и использования, основываясь на опыте применения.

Высокоточная координатная система состоит из следующих частей:

- сеть референчных станций, включающая каналы передачи данных от станций к сетевому центру и сетевой центр в составе сервера и программного обеспечения;
- опорная реперная геодезическая сеть;
- рабочая или разбивочная геодезическая сеть.

Сеть референчных станций в составе ВКС ОАО «РЖД» в полном объеме создана только на участке Москва – Санкт-Петербург – Бусловская в 2011 году, включает в себя 34 референчных станции, подключенные к СПД ОАО «РЖД», сетевой центр находится в Санкт-Петербургском ИВЦ. Использование собственной сети референчных станций показало себя неэффективным из-за невысокой востребованности, высокой стоимости оборудования и программного обеспечения, необходимости технического обслуживания и обновления программного обеспечения. К тому же, в настоящее время государственные и частные предприятия предоставляют информацию, аналогичную получаемой с собственной сети, которая после незначительной адаптации может использоваться в составе ВКС ОАО «РЖД».

Дальнейшее развертывание сети референчных станций нецелесообразно. Необходимо разработать и апробировать технологию использования данных сторонних поставщиков, доработать программное обеспечение.

Опорная реперная геодезическая сеть является наиболее используемой частью ВКС и представляет собой долговременные геодезические знаки (реперы), расположенные в непосредственной близости от объектов инфраструктуры ОАО «РЖД». При использовании опорной реперной сети снижаются затраты на создание рабочих или разбивочных сетей, которые используются уже непосредственно для измерений параметров объектов. Фактически опорная сеть является основой ВКС,

используется многократно в течение длительного периода, практически не требует обслуживания в течение жизненного цикла.

Дальнейшее развертывание опорной геодезической сети экономически выгодно. Необходимо разработать технические условия на создание сети, инструкцию по приемке, нормативную документацию об обязательности включения работ по созданию сети в состав работ по проектированию, а также обосновать необходимость этого в государственных органах (Главгосэкспертиза).

Рабочая или разбивочная геодезическая сеть создается заранее и используется во время проведения ремонта. Как правило, представляет собой реперные знаки, встраиваемые в фундаментные объекты в непосредственной близости от железнодорожного пути (чаще и эффективнее всего – в опоры контактной сети, реже – в подпорные стенки, платформы, эстакады). Срок эксплуатации репера короткий – 2-3 года. За это время он может выйти из строя физически или утратить координатную точность вследствие смещения объекта, в который встроен. При использовании координатных методов проектирования требования к точности рабочих реперов и их количеству в районе проектирования гораздо выше, чем при традиционных методах ремонта, поэтому стоимость рабочей реперной сети в этом случае больше. Однако затраты окупаются в дальнейшем при выполнении работ.

Развертывание рабочих или разбивочных геодезических (реперных) сетей необходимо выполнять на время проведения ремонта (срок эксплуатации 2-3 года) силами проектной организации, выполняющей геодезические изыскания. Необходимо нормативно утвердить требования к реперным сетям (в зависимости от требований к техническим параметрам объекта инфраструктуры, для которого они создаются: реперная сеть для участка пути со скоростями 120/80 должна быть проще и дешевле, чем для высокоскоростного участка пути) и обосновать необходимость их создания в государственных органах (Главгосэкспертиза) для обеспечения возможности включения работ в сметы.

Программное обеспечение (ПО) по функциональности можно разбить на следующие части, практически не связанные между собой:

- системное ПО для обеспечения работы сети референчных станций и использования накапливаемой с их помощью информации;
- ПО ведения и использования каталогов координат опорных и рабочих реперных сетей ОАО «РЖД»;
- ПО ведения, учета и использования проектной документации на строительство, ремонт и реконструкцию объектов инфраструктуры;

- ПО для ввода, обработки и хранения результатов мобильного лазерного сканирования;
- ПО, реализующее функциональность использования результатов мобильного лазерного сканирования для решения прикладных задач: проектирования ремонтов, поиск негабаритных мест, определение видимости объектов в полосе отвода, определение возможности пропуска негабаритных грузов и т.п.

Системное ПО для обеспечения работы сети референчных станций и использования накапливаемой с их помощью информации.

Целесообразным и экономически выгодным развитием данного направления является разработка технологии использования коммерческих сетей референчных станций для создания геодезической основы при проведении изысканий. Для функционирования такой технологии необходимо будет разработка и ПО, обеспечивающего, во-первых, получение, накопление и использование необходимой информации при необходимости, а во-вторых, обработку полученной информации для перевода координат из государственных, не предназначенных для открытого использования, в открытые местные системы координат. Системное ПО для обеспечения работы сети референчных станций, используемое на участке Москва – Санкт-Петербург – Бусловская, может при необходимости быть расширено на большее количество станций. В то же время, на его сопровождение, обновление версий и эксплуатацию необходимо предусмотреть затраты, поэтому после перехода на технологию использования внешних сетей целесообразно вывести его из эксплуатации.

Для обеспечения возможности использования дифференциально-го режима спутниковой геодезической аппаратуры необходимо разработать и внедрить технологию использования данных сторонних поставщиков, включающую соответствующее ПО.

ПО ведения и использования каталогов координат опорных и рабочих реперных сетей ОАО «РЖД».

Использование этого ПО в производственной деятельности ОАО «РЖД» целесообразно, поскольку позволит учитывать опорные и рабочие реперные сети как материальные объекты. Данное ПО может быть создано как развитие ЕК АСУИ, поскольку созданные реперные сети находятся на балансе подразделений дирекций инфраструктуры. При этом необходимо определение в структуре ОАО «РЖД» подразделения-оператора, ответственного за сопровождение соответствующей базы данных, в обязанности которого должны входить ведение и предоставление каталогов координат опорных и рабочих реперных сетей, приемку результатов работ по созданию новых се-

тей, а также контроль сохранности и качества существующих сетей. Эксплуатация ПО и ведение соответствующих баз данных может осуществляться по существующим регламентам текущей эксплуатации объектов инфраструктуры.

ПО ведения, учета и использования проектной документации на строительство, ремонт и реконструкцию объектов инфраструктуры.

На текущий момент в функции ПО входит загрузка проекта в специальном формате и предоставление его для работы. Для эффективного использования системы необходимо расширение функций. Необходима разработка системы контроля и мониторинга проектирования: от утверждения задания на изыскания до сдачи объекта в постоянную эксплуатацию. Данная система должны предоставлять сервисы для отслеживания своевременности и качества выполнения этапов проектных и ремонтно - строительных работ. Проверку проектной документации, включая параметры геодезической сети, а также исполненной съемки, на соответствие техническим требованиям и проектным решениям необходимо выполнять силами подразделения дирекции инфраструктуры как стороны, заинтересованной в качестве ремонта и строительства. При этом возможно привлечение для оценки качества работ независимых экспертов.

ПО ведения, учета и использования проектной документации на строительство, ремонт и реконструкцию объектов инфраструктуры необходимо функционально расширить с целью контроля процесса разработки и использования проектной документации.

ПО для ввода, обработки и хранения результатов мобильного лазерного сканирования.

Оборудование для проведения мобильного лазерного сканирования (МЛС) дорогостоящее, стоимость лазерного сканера хорошего разрешения около миллиона долларов. В то же время, обеспечиваемой точности даже самого лучшего лазерного сканера недостаточно для замены трудоемких операций геодезических изысканий. Проведение съемки также требует затрат (установка на подвижной единице, обустройство реперной сети и специальной сети опознаков на ее основе, нитка графика движения по перегону). Обработка результатов МЛС трудоемка и не автоматизирована (то есть производится вручную, что предполагает наличие «человеческого фактора» и, как следствие, – зависимости результата от квалификации и добросовестности человека-оператора). Материалы, получаемые в результате обработки, не решают никаких важных, трудоемких или оперативных производственных задач. Результаты МЛС, относящиеся к геодезическим изысканиям для проектирования, например, могут быть получены

с более высокой точностью более дешевыми и менее трудоемкими методами спутниковой и классической геодезии. Все перечисленные факторы обуславливают нецелесообразность использования данного вида ПО, как и самого метода МЛС, на современном уровне его развития. В случае необходимости, целесообразно выполнять такие работы с использованием услуг сторонних организаций по сформулированным техническим требованиям.

Инновационная технология использования координатных методов проектирования, строительства, ремонта, реконструкции и текущей эксплуатации объектов инфраструктуры развивалась по следующим направлениям:

- разработка и апробация инновационной технологии выполнения ремонта и реконструкции железнодорожного пути на основе использования координатных методов, включающей описание технологических процессов выполнения отдельных операций;
- оснащение бортовых аппаратно-программных комплексов путе-выправочной техники средствами управления с возможностью интерпретации проектов, представленных в цифровой координатной форме;
- оснащение мобильных средств диагностики и мониторинга железнодорожного пути (вагонов-путьеизмерителей, вагонов-дефектоскопов) аппаратно-программными комплексами определения местоположения в координатном пространстве, поддерживаемом ВКС.

Разработка и апробация инновационной технологии выполнения ремонта и реконструкции железнодорожного пути на основе использования координатных методов, включающей описание технологических процессов выполнения отдельных операций.

Разработка инновационной технологии (ИТ) и одновременно ее апробация началась в 2010 году. Для внедрения новой технологии в производственную деятельность ОАО «РЖД» необходимым условием является наличие ВКС.

Работа в единой системе координат всего технологического процесса ремонта (реконструкции) пути обладает очевидными преимуществами:

- проектные решения имеют однозначную интерпретацию, нет необходимости проводить предварительные проезды для съемки и расчета параметров пути, все уже разработано и представлено в электронном виде в необходимых форматах;
- так как работы производятся в едином координатном пространстве, то выполняется требование к пространственному положению

нию пути (габариты, междупутье, расположение стрелочных переводов, ремонты на ИССО и т.д.);

- на каждом этапе работ в любой момент времени существует возможность определения текущего отклонения положение пути в плане и профиле от проектного, что позволяет оперативно решать вопросы планирования;
- проектные решения, для участков ремонтов на которых работы выполнены по новой технологии могут быть использованы в дальнейшей эксплуатации для решения различных задач, при условии сохранности реперной сети.

Эффективность применения координатных методов уже доказана на скоростном ходу Москва – Санкт-Петербург – Бусловская, где требования к параметрам пути настолько высокие, что погрешности и недостатки традиционной технологии становятся очевидными. На нескоростных участках эти погрешности менее очевидны, однако несоответствие пути проектным параметрам приводит к повышенному расстройству самого пути и ускоренному износу подвижного состава, то есть повышению эксплуатационных затрат. Развитие такой технологии является перспективным направлением именно в работах, где задействовано много различной путевой техники таких как капитальный ремонт или реконструкция пути. Следует отметить, что в работах, связанных с выправкой пути, где не происходит снятие путевой решетки или вырезки балласта ощутимого эффекта применения чистых координатных технологий достичь технически затруднительно либо финансово затратно, для таких работ стоит рассмотреть возможность применения комбинированных видов получения данных о текущем положении пути основанных на т.н. координатно - стреловых методах, разработки которых идут в настоящее время.

Оснащение бортовых аппаратно-программных комплексов путевого выправочной техники средствами управления интерпретации проектов, представленных в цифровой координатной форме.

Внедрение инновационной технологии невозможно без оснащения путевой техники средствами ее реализации. Бортовые программно-аппаратные комплексы почти всех существующих машин имеют возможность интегрироваться с системами, реализующими программные задания, представленные в координатной форме, то есть реализовывать координатные методы, поэтому доработка их не является слишком затратной. В то же время, существуют особенности работы разного типа машин, от которых зависят и применяемые алгоритмы отработки программного задания.

Целесообразно продолжать разработку и оснащение машин средствами реализации координатных методов с одновременной их апробацией в процессе выполнения ремонта и реконструкции пути, а также обучением персонала. Программа оснащения машин должна учитывать этапность внедрения самой инновационной технологии, так, чтобы на участках ремонта присутствовала оснащенная техника.

Оснащение мобильных средств диагностики и мониторинга железнодорожного пути (вагонов-путеизмерителей, вагонов-дефектоскопов) аппаратно-программными комплексами определения местоположения в координатном пространстве, поддерживаемом ВКС.

В настоящее время не существует бортовых программно – технических комплексов, основанных на применении координатных методов и ВКС в частности для путеизмерительной техники с подтвержденными характеристиками, улучшающих результаты работы путеизмерительной техники.

Необходимо определить цели и сформировать технические требования к бортовым аппаратно-программным комплексам определения местоположения.

Оснащение мобильных средств диагностики и мониторинга железнодорожного пути аппаратно-программными комплексами определения местоположения в координатном пространстве требует проведения дополнительных исследовательских работ.

Список литературы

1. Духин С.В., Нуйкин А.В., Куприянов А.О., Бекчанова Е.С. Разработка высокоточной координатной системы высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург – Буловская //Известия высших учебных заведений. Раздел «Геодезия и аэрофотосъемка», №2, М.:МИИГАИК – 2013, с.49-52.
2. Приказ Министра транспорта РФ М.Ю.Соколова №191 от 17 июня 2015 года Об утверждении свода правил «Инфраструктура железнодорожного транспорта. Высокоточная координатная система»
3. Духин С.В., Нуйкин А.В. Технология применения координатных методов при проведении ремонтно-путевых работ на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта// Сетевое издание «Наука и технологии железных дорог» Ежеквартальное сетевое научно-методическое издание: www.vniias.ru, 2017, №3
4. Распоряжение от 15 июля 2009 г. №1493р «О внедрении в ОАО «РЖД» инновационных методов инженерных изысканий и мониторинга инфраструктуры железнодорожного транспорта».

5. Комплексная система пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта. Концепция. Утверждена Старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В.А.Гапановичем 25.04.2011 г.
6. Комплексная система пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта. Системно-технический проект. В 2-х томах. Утвержден Старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В.А.Гапановичем 01.06.2011 г.
7. Постановление Правительства Российской Федерации №861 от 27 августа 2014 года «О внесении изменений в Правила установления местных систем координат»
8. Распоряжение «О постановлении Правительства Российской Федерации от 27 августа 2014 г. №861», подписано В.И. Якуниным 5 сентября 2014 года №2089р
9. Распоряжение №3216р от 31.12.2015 «Об утверждении методических указаний по применению высокоточной координатной системы ОАО «РЖД»
10. Распоряжение №3234р от 31.12.2015 «Об утверждении Технологической инструкции применения КСПД ИЖТ при проведении ремонтно-путевых работ на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта»
11. Свод правил СП 233.1326000.2015 «Инфраструктура железнодорожного транспорта. Высокоточная координатная система»



Духин С.В. Василейский А.С.

Возможности применения спутникового дистанционного зондирования в системе геотехнического мониторинга железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона

Ключевые слова:

дистанционное зондирование Земли, ДДЗ, спутниковая съемка, геотехнический мониторинг, железнодорожная инфраструктура

Преимущества технологий дистанционного зондирования Земли (ДДЗ), обеспечивающего оперативное получение больших объемов актуальной и достоверной (объективной) геопространственной информации с одномоментным захватом обширных территорий [12], обусловили их широкое применение при проведении проектно-испытательских работ при строительстве и реконструкции инфраструктурных объектов железнодорожного транспорта, а также позволили эффективно дополнять традиционно применяемые методы содержания пути и сооружений: инструментального контроля состояния пути и сооружений, периодических осмотров, специальных инженерно-геологических обследований и режимных наблюдений [2, 4].

Дешифрирование материалов спутниковой съемки в том числе для выявления районов развития инженерно-геологических процессов и наблюдения за динамикой изменения инженерно-геологических условий традиционной входит в состав комплексных исследований при

инженерно-геологических изысканиях железных дорог как на предпроектном этапе, так и в период строительства и эксплуатации [18].

Методы дистанционного контроля процессов на земной поверхности на основе спутниковой съемки могут эффективно применяться как часть комплексной системы геотехнического мониторинга железнодорожной инфраструктуры [1, 3] на участках со сложными инженерно-геологическими условиями, обеспечивающей периодический контроль экзогенных процессов и оценку состояния инфраструктурных объектов, прогноз развития неблагоприятных процессов и назначение мероприятий по предотвращению разрушительных воздействий [14, 15]. Анализ данных спутниковой съемки позволяет осуществлять контроль ситуации в полосе отвода и охранных зонах, а также на прилегающих (в том числе труднодоступных) территориях, выявляя области развития природных и антропогенных процессов, которые оказывают или могут оказать неблагоприятные или разрушительные воздействия на объекты железнодорожной инфраструктуры. При этом выявляются источники так называемых внезапных деформаций, располагающиеся за пределами полосы отвода, вне зоны контроля методами, предусмотренными в системе текущего содержания пути. Контроль экзогенных воздействий с использованием данных ДЗЗ особенно важен при длительной эксплуатации инфраструктурных объектов железнодорожного транспорта, в течение которой природно-техногенные процессы зачастую приводят к изменениям первоначальных условий эксплуатации, исходя из которых рассчитывались меры инженерной защиты пути и сооружений при проектировании [16].

Пилотный проект по применению технологии мониторинга потенциально-опасных воздействий на объекты железнодорожной инфраструктуры с использованием данных спутниковой съемки был реализован на участке Туапсе–Адлер Северо-Кавказской железной дороги [11]. Разработанная АО «НИИАС» совместно с РУТ (МИИТ), рядом зарубежных и российских компаний – операторов спутниковых съемочных систем и поставщиков данных (e-GEOS, ИТЦ «СКАНЭКС») с привлечением ведущих научных организаций (МГУ им. М.В. Ломоносова, ИКИ РАН, ИФЗ РАН, ВЦ РАН) технология эксплуатируется на данном участке сети железных дорог ОАО «РЖД» с 2010 г. [10]. Цель работ состоит в обнаружении потенциально опасных воздействий на объекты инфраструктуры, ранжировании их по степени опасности для выдачи рекомендаций по строительству и реконструкции защитных сооружений, а также размещению систем сигнализации. Технология основана на использовании результатов спутниковой съемки высокого пространственного разрешения, осуществляемой в радиолокационной, видимой и ближней ин-

фрактальной (ИК) зонах спектра. Эффективность применения данных ДЗЗ заключается в сокращении объемов наземных обследований (за счет построения рациональных маршрутов), необходимых для достоверной оценки степени опасности воздействия экзогенных процессов [17]. На рис.1 приведен пример отображения результатов работ в интерфейсе распределенной геоинформационной системы «Геопортал РЖД». На фоне спутникового снимка с космического аппарата Pleiades-1B (© CNES, 2016, распространяется компанией AIRBUS DS, распространяется ООО ИТЦ «СКАНЭКС») 21.05.2016 показаны зоны ландшафтных изменений на прилегающей к железной дороге территории за последние 10 лет (с 2005 г.). Линия железной дороги разделена на участки с различной степенью опасности воздействия склоновых (оползневых, обвально-осыпных) и русловых процессов по результатам обследований 2013 г. Показаны границы зон возможного влияния развития негативных процессов для железнодорожной инфраструктуры. Выделенные участки нарушения растительного и почвенного покрова на склонах соответствуют местам сплыва грунта в районе платформы Весна после сильных ливней 2.07.2013, спровоцированного нарушением дренажа и перераспределением поверхностного водостока при застройке.

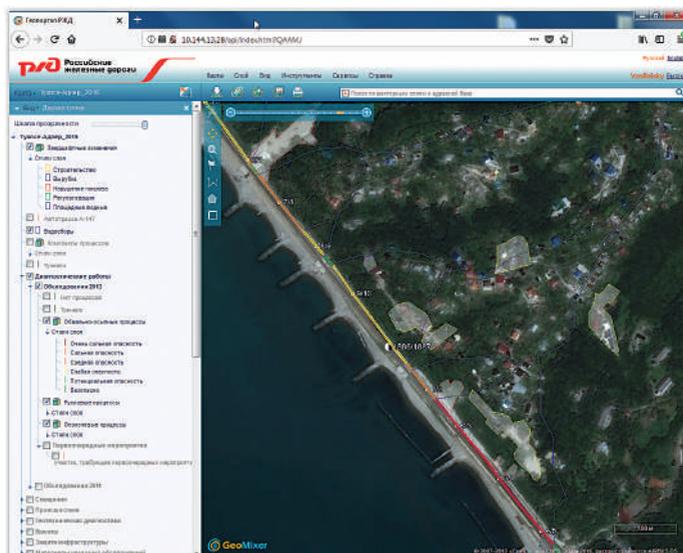


Рис. 1. Результаты работ по мониторингу потенциально опасных воздействий на объекты железнодорожной инфраструктуры с использованием данных спутниковой съемки по участку 1886-1887 км линии Туапсе-Адлер за 2016 г. в интерфейсе «Геопортал РЖД»

Формируемые рекомендации по защите инфраструктуры (ремонт и строительству подпорных стенок, установке сеток, ремонту и очистке водопропусков, ремонту и укреплению мостов, а также организации режимных наблюдений и периодического контроля на ряде участков) служат основой для корректировки программы защитных мероприятий, реализуемой ОАО «РЖД» на участке Туапсе – Адлер. Достоверность полученных в ходе работ оценок подтверждается статистикой фактического количества случаев внезапных деформаций пути на данном участке в последние годы. 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 прогнозированными опасными воздействиями. Необходимо отметить, что часть сформулированных рекомендаций по модернизации инженерной защиты не может быть выполнена в связи с необходимостью разработки проектной документации, согласования и проведения экспертизы проектов строительства защитных сооружений, в том числе за пределами полосы отвода. Это снижает общую эффективность мероприятий, связанных с мониторингом, подчеркивая необходимость обязательного проведения подобных работ на этапе предпроектных обследований при реализации проектов реконструкции.

Результаты работ рассмотрены на заседаниях секции «Путевое хозяйство» Научно-технического совета ОАО «РЖД», Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» [16]. Отмечена эффективность применения спутниковых технологий для предотвращения разрушительных воздействий экзогенных процессов на железнодорожную инфраструктуру. Отмечено, что применение такого подхода эффективно в предгорных и горных районах, на территориях, подверженных развитию эрозионных или карстовых процессов, на участках, проходящих по берегам морей, рек или водохранилищ, в зонах распространения многолетнемерзлых пород. Первоочередными полигонами для тиражирования технологии определены смежные участки Северо-Кавказской железной дороги, а также грузонапряженные участки Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей, эксплуатируемые в сложных инженерно-геологических условиях.

На основе проведенных исследований в 2016 г. институтом предложен комплекс мероприятий по организации геопространственного обеспечения работ по модернизации и содержанию железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона сети железных дорог ОАО «РЖД» с использованием данных ДЗЗ. Организационные и технические решения проработаны АО «НИИАС» совместно с ведущими

ми профильными организациями, среди которых группа компаний «СКАНЭКС» – один из ведущих российских поставщиков материалов спутниковой съемки и решений на основе их использования, принимающий активное участие в работах по внедрению технологий ДЗЗ в интересах ОАО «РЖД» с 2007 г. (в том числе, на участках Туапсе – Адлер, Москва – Санкт-Петербург – Буловская и др.); МГУ им. М.В. Ломоносова (географический, геологический факультеты и факультет почвоведения), тюменский Институт криосферы Земли СО РАН.

Хрестоматийным примером использования спутниковой съемки для оценки инженерно-геологических условий в зоне прохождения железнодорожной магистрали являются работы по выявлению тектонических нарушений, проводившиеся почти полвека назад на предпроектной стадии сооружения Северо-Муйского тоннеля [3]. Актуальность сформированных в 2016 г. предложений была обусловлена развернутой ОАО «РЖД» комплексной программой по модернизации Восточного полигона (в т.ч. в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 октября 2014 г. № 2116-р).

Железнодорожная инфраструктура на существенной части протяженности Восточного полигона (особенно на восточном участке Байкало-Амурской магистрали) эксплуатируется в чрезвычайно сложных инженерно-геологических и ландшафтно-климатических условиях, подвергаясь непрерывному воздействию различных внешних воздействий, приводящих к деформациям пути и искусственных сооружений [3]. Это приводит к необходимости обеспечения постоянного контроля состояния пути и сооружений, снижения скорости движения на большом количестве деформирующихся участков и проведения ремонтных работ (отсыпки балласта, выправки пути и др.), требующих существенных дополнительных затрат [13]. В целом это вносит существенный вклад в ограничение пропускной способности железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона, создавая на ряде участков «барьерные места», препятствующие возможности повышения объема перевозок, а также скорости доставки грузов (наряду с рядом других факторов – ограничениями имеющихся приемоотправочных путей на станциях, отсутствием или ограничениями характеристик систем электроснабжения и СЦБ, наличием однопутных участков и др.).

Существенная часть железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона расположена в зоне распространения многолетнемерзлых пород (так называемой вечной мерзлоты), пересекает или проходит по берегам водных объектов, расположена в горной местности. Чрезвычайно сложные инженерно-геологические условия

усугубляются естественной и техногенной деградацией мерзлоты в основании пути [8, 13]. Железнодорожная инфраструктура на большой протяженности подвергается постоянному или периодическому воздействию следующих природных процессов и явлений: береговая абразия, селевые потоки, паводки, эрозия, оползни и сплывы, обвалы и осыпи, карстовые провалы, суффозионные просадки, наледи, термокарст, термоэрозия и солифлюкция, разрывные деформации, морозное пучение, снежные лавины. Примеры деформаций железнодорожного пути и искусственных сооружений на участке Байкало-Амурской магистрали (1374 км) в районе Северомуйска (Северобайкальский регион Восточно-Сибирской железной дороги), связанных с деградацией многолетнемерзлых пород и оползневыми процессами, приведен на рис.2.



Рис. 2. Вид деформирующегося участка железнодорожного пути и искусственных сооружений на разъезде Казанкан Восточно-Сибирской железной дороги (686 км): слева – осадка земляного полотна, справа – просадка грунта в основании опоры моста (фотографии при проведении обследований в сентябре 2003 г. сотрудниками лаборатории инженерной геологии и геоэкологии Института земной коры СО РАН доктором геолого-мин. наук, проф. Тржцинским Ю.Б., кандидатом геолого-мин. наук Лапердным В.К., кандидатом геолого-мин. наук Козыревой Е.А.)

Характерной особенностью участков, расположенных в зоне распространения многолетнемерзлых пород, является повышенная деформативность, вызванная криогенными процессами в грунтах оснований, в первую очередь, осадки насыпей на протаивающем основании (со скоростью до 10-20 см в год). Причины деформаций в первые десятилетия после строительства инфраструктурных объектов на мерзлых грунтах связаны с деградацией мерзлоты в основании, вызванной нарушением естественных условий теплообмена между атмосферой и грунтовым массивом, осадками оттаивания и уплотнения. В последующем преобладающим фактором деформативности

становятся пластические деформации обводненных талых грунтов с выдавливанием их в стороны под действием веса насыпи и динамической поездной нагрузки. Обводнение в свою очередь связано с деградацией мерзлых пород, нарушениями водостока, нерациональным размещением водопропускных и дренажных сооружений [7]. При проектировании Байкало-Амурской магистрали применялись нормативные ограничения на количество водопропускных сооружений на километр пути [3], что во многих случаях привело к образованию участков с застоем воды вдоль насыпи, переувлажнением насыпи и грунтов основания, образованием таликов и, соответственно, снижением несущей способности. Кроме того, деформативность ряда участков связана с сезонным морозным пучением обводненных грунтов невысоких насыпей с последующей осадкой при оттаивании, а также с пучением наледного характера в выемках.

Пример выявления потенциально опасных воздействий на железнодорожную инфраструктуру в зоне распространения многолетнемерзлых пород с формированием карты комплексов экзогенных геоморфологических процессов по данным спутниковой съемки приведен на рис.3 и 4.

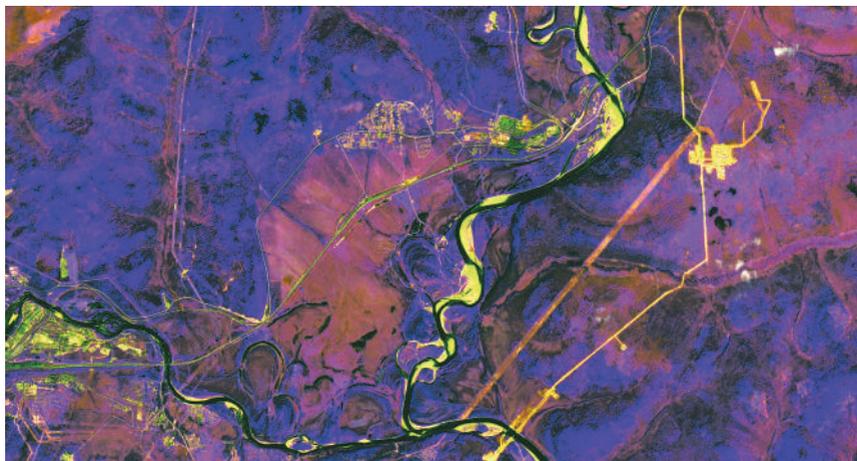


Рис. 3. Фрагмент снимка участка линии Бамовская – Нерюнгри Байкало-Амурской магистрали (181-200 км) в районе станции Шахтаум с космического аппарата SPOT-5 16.07.2011 (снимок предоставлен ООО ИТЦ «СКАНЭКС», включает данные © CNES, 2011). Цветосинтез NIR–Green–SWIR представляется наиболее информативным для дешифрирования геологических объектов, природно-территориальных комплексов и антропогенно нарушенных территорий, наличие средневолнового инфракрасного канала SWIR позволяет дешифрировать проявления криогенных процессов, зон переувлажнения, полос стока

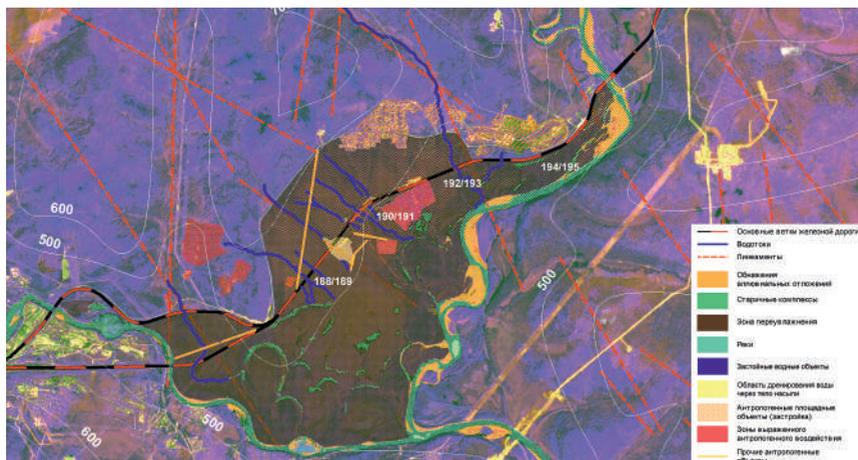


Рис. 4. Результаты ландшафтно-геоморфологического дешифрирования снимка участка Байкало-Амурской магистрали в районе станции Шахтаум с космического аппарата SPOT-5 16.07.2011 (см. рис.3). На карте представлены области, характеризующиеся преобладающими комплексами экзогенных геоморфологических процессов, выделены линеаменты. Анализ карты позволяет выявить места фильтрации воды через тело насыпи вследствие недостаточного количества водопропускных сооружений и другие источники негативных воздействий на путь на прилегающей к железной дороге территории, сформулировать рекомендации по защите инфраструктуры

Дополнительный вклад в процессы деградации многолетнемерзлых пород в основании пути и искусственных сооружений вносят наблюдающиеся в последние десятилетия изменения климатических условий в зоне расположения железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона – постепенное повышение среднегодовых температур (на величину до $0,5^{\circ}\text{C}$ за десятилетие), а также региональные климатические изменения, связанные с антропогенным воздействием (в первую очередь с созданием водохранилищ). Это приводит не только к увеличению темпов деградации многолетнемерзлых пород, но и к появлению новых участков деградации и связанных с ней деформаций. Кроме того, климатические изменения способствуют интенсификации селевых воздействий, снежных лавин, оползневых процессов на участки инфраструктуры в предгорных и горных районах, воздействий русловых процессов и паводков на крупных водотоках, пересекаемых железной дорогой. В большинстве случаев источники разрушительных воздействий расположены на прилегающей к железной дороге территории и рациональный выбор методов инженерной защиты при проведении модернизации или строительства железнодорожной инфраструктуры должен осуществляться

в ходе предпроектных изысканий. Участки активизации криогенных процессов в основании пути также в большинстве случаев приурочены к зонам проявлений связанных (общим генезисом) с ними экзогенных процессов в полосе отвода и на прилегающей территории.

Разработанный проект организации геопространственного обеспечения работ по модернизации Восточного полигона ОАО «РЖД» предусматривал комплексное использование данных спутникового ДЗЗ для решения различных задач производственной деятельности для снижения удельных затрат [5] и организацию многоуровневого мониторинга с использованием данных спутниковой съемки для обеспечения максимальной эффективности информационного обеспечения [6].

Предлагаемые мероприятия включают три группы:

1. Актуализация картографической информации и данных о рельефе местности в районах прохождения железной дороги, создание единой геопространственной подосновы на основе материалов спутниковой съемки для геоинформационного обеспечения работ по модернизации и текущему содержанию инфраструктуры Восточного полигона;
2. Организация комплексного мониторинга геотехнической системы железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона с использованием данных ДЗЗ для оценки влияния на нее неблагоприятных факторов природного и техногенного генеза, формирования рекомендаций по совершенствованию инженерной защиты и размещению систем сигнализации и организации инструментальных режимных наблюдений для обеспечения безопасности перевозок;
3. Организация оперативного обеспечения причастных служб ОАО «РЖД» актуальной геопространственной информацией на основе данных ДЗЗ по Восточному полигону для решения задач, связанных с управлением имущественным комплексом, контроля проведения строительных работ, эффективного управления мероприятиями при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Мероприятия первой группы могли быть реализованы на этапе предпроектных изысканий в ходе работ по модернизации железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона. При этом предполагалось создание и предоставление причастным службам ОАО «РЖД»:

- единой обновляемой геопространственной подосновы в виде мозаик ортотрансформированных цветосинтезированных спутниковых снимков с высоким пространственным разрешением на зону прохождения железной дороги и прилегающие территории (шириной до 40 км);

- актуализированных по материалам спутниковой съемки цифровых топографических планов масштабного ряда от 1:100 000 на всю протяженность железных дорог Восточного полигона и до масштаба 1:10 000 и 1:5000 на отдельные участки проведения работ по реконструкции инфраструктуры;
- высокоточных цифровых моделей местности (ЦММ) и цифровых моделей рельефа (ЦМР) на основе высокодетальной спутниковой стереосъемки, а также производной информации в виде цифровых карт (карты уклонов, экспозиции склонов и др.).

Данная информация может использоваться для обеспечения проектно-изыскательских работ по модернизации инфраструктуры (включая выбор рациональных вариантов размещения инфраструктурных объектов, анализ ландшафтных, гидрологических и гидрографических характеристик местности, моделирование и оценку направлений воздействия опасных природных процессов и явлений, оценку объемов земляных работ, трехмерное моделирование и визуализацию проектируемых объектов), а также в качестве базовых слоев в составе комплексной системы пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта (КСПД ИЖТ), распределенных геоинформационных систем «ГИС РЖД» и «Геопортал РЖД» [9] по Восточному полигону для обеспечения рационального управления железнодорожной инфраструктурой, в качестве базы для пространственного анализа динамических процессов на прилегающих территориях при последующем регулярном мониторинге, для обеспечения ситуационной осведомленности при ЧС и информационной поддержки функционирования ситуационных центров (ЦЧС и ЦУСИ).

Мероприятия второй группы должны были реализовываться как на этапе предпроектных изысканий в ходе работ по модернизации железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона, так и периодически в ходе последующей эксплуатации. При этом предполагалось комплексное использование данных спутникового ДЗЗ, информации о состоящих на учете деформирующихся участках пути, проектной документации по существующим искусственным сооружениям, данных наземных инструментальных измерений, включая данные о геометрии пути и состоянии земляного полотна, получаемые современными путеизмерительными вагонами (в частности путеизмерительными комплексами «ЭРА», оснащенными высокоточной навигационной аппаратурой, средствами лазерного сканирования и видеосъемки, георадарами), а также результаты режимных наблюдений термометрических скважин, глубинных и поверхностных гео-

дезических реперов и деформационных марок, гидрометеорологических наблюдений и гидрогеологических исследований. Получаемые данные инструментальных обследований должны сопровождаться привязкой в единой высокоточной координатной системе (ВКС) на основе глобальной навигационной системы ГЛОНАСС/GPS и ее дифференциальных дополнений, с формированием единой базы данных в структуре КСПД ИЖТ. Получаемые в процессе мониторинга данные могли использоваться для последующего анализа, проведения моделирования состояния геотехнической системы, прогноза ее состояния и подготовки информации для принятия обоснованных решений по проведению защитных мероприятий. Результаты спутниковой съемки и тематической обработки снимков предлагалось использовать в качестве геоподосновы для анализа наблюдаемых экзогенных процессов, для актуализации карт опасных процессов и явлений в полосе отвода и на прилегающих территориях, выявления участков несанкционированной хозяйственной деятельности в полосе отвода и охранных зонах, составления планов детальных инженерно-геологических обследований и осмотров.

Предлагалась многоуровневая схема организации работ:

- зонирование всей трассы железной дороги по комплексам преобладающих экзогенных процессов, влияющих на железнодорожную инфраструктуру, с предварительной оценкой степени опасности на основе результатов морфоструктурного районирования, ландшафтно-геоморфологического дешифрирования и линеаментного анализа данных ДЗЗ высокого и среднего пространственного разрешения, анализа статистики деформаций земляного полотна и имеющихся данных предпроектных обследований, результатов периодических осмотров и режимных наблюдений.
- составление по выявленным потенциально-опасным участкам детальных карт, отражающих распространение проявлений опасных экзогенных процессов на прилегающей к железной дороге территории, на основе результатов ландшафтно-геоморфологического дешифрирования данных ДЗЗ сверхвысокого пространственного разрешения, ретроспективного анализа динамики процессов с использованием архивных данных ДЗЗ, проведение диагностических работ для оценки (ранжирования) степени опасности воздействий и выдачи рекомендаций по проведению защитных мероприятий.
- проведение на отдельных участках регулярного мониторинга динамики опасных процессов на прилегающих территориях с использованием данных регулярной спутниковой съемки в видимом, ИК

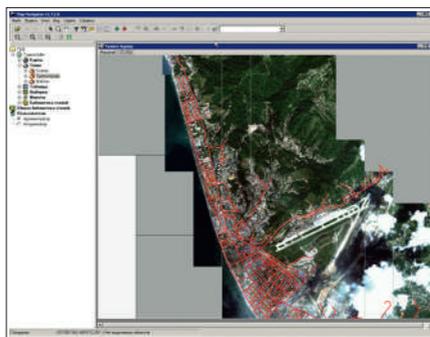
и радиолокационном диапазонах по отдельным опасным участкам (выявление зон ландшафтных изменений и изменений очертаний водоемов и гидрологической сети для своевременного обнаружения зон активной деградации многолетнемерзлых пород, активизации термокарста, оползней, образования подпрудных озер, которые могут приводить к формированию селей).

Использование данных радиолокационной спутниковой съемки обусловлено возможностью гарантированного получения снимков вне зависимости от погодных условий (облачности, высоты Солнца).

Мероприятия третьей группы, не связанные непосредственно с реализацией геотехнического мониторинга, предлагалось реализовывать периодически в ходе работ по модернизации железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона и при последующей ее эксплуатации. При этом предполагалось получение и предоставление причастным службам ОАО «РЖД» материалов оперативной спутниковой съемки по всей протяженности железных дорог данного полигона или по отдельным участкам (зонам строительных работ, зонам ЧС) для решения следующих задач:

- периодический контроль соблюдения сроков выполнения строительных работ, соответствия реальных характеристик объектов проектной документации, безопасности объектов строительства, подверженных воздействию опасных геологических и экзогенных процессов, контроль соответствия исполнительной документации реальному состоянию объектов;
- контроль экологического состояния стройплощадок и влияния строительных работ на прилегающую территорию;
- периодическая инвентаризация объектов земельно-имущественного комплекса и актуализация информации в корпоративной системе ГБД ЗУОН (геоинформационная база данных земельных участков и объектов недвижимости), включая объекты незавершенного строительства, соотнесение фактического положения инфраструктурных объектов и характеристик их использования с государственным кадастром недвижимости для своевременного решения спорных вопросов (пример актуализации информации ГБД ЗУОН по данным спутниковой съемки приведен на рис.5);
- контроль несанкционированного использования полосы отвода и охранных зон (выявление несанкционированных переходов, строительных работ или хозяйственной деятельности);

- оценка динамики развития стихийных природных явлений (паводки, пожары) и прогнозирование негативных воздействий на железнодорожную инфраструктуру, оперативное управление мероприятиями по ликвидации последствий ЧС для минимизации ущерба, оценка ущерба, контроль восстановительных работ;
- оценка состояния защитных сооружений и эффективности мероприятий по инженерной защите железнодорожной инфраструктуры.



а)



б)



в)

Рис. 5. Пример актуализации информации об объектах земельно-имущественного комплекса ОАО «РЖД» по данным спутниковой съемки: а) отображение векторной информации ГБД ЗУОН, наложенной на фрагмент мозаичного покрытия участка в районе станции Адлер спутниковыми снимками за 2008 г.; б) пример выявления по снимку группы объектов в полосе отвода, отсутствующих на векторном слое состоящих на учете зданий и сооружений карты ГБД ЗУОН; в) пример выявленного несоответствия границ сооружения из векторного слоя в ГБД ЗУОН изображению соответствующего объекта на снимке

Реализация предложенного комплекса мероприятий с использованием данных ДЗЗ могла обеспечить:

- повышение качества и безопасности строительных работ, снижение затрат на организацию контрольных мероприятий;
- снижение общих затрат на содержание железнодорожной инфраструктуры;
- повышение достоверности проведения инвентаризации объектов земельно-имущественного комплекса, снижение издержек на оплату штрафов, оптимизацию налогооблагаемой базы;
- снижение негативного влияния на окружающую среду (при строительстве и эксплуатации объектов инфраструктуры и в случае ЧС);
- снижение ущерба от воздействия стихийных природных явлений и ЧС на объектах железнодорожного транспорта.

Предлагаемый для использования в производственной деятельности состав продуктов по Восточному полигону сети железных дорог ОАО «РЖД» на основе спутниковой съемки и организационная структура проведения работ:

Материалы спутниковой съемки высокого и сверхвысокого пространственного разрешения в видимом и ИК диапазонах. Исходные спутниковые снимки приобретаются у операторов соответствующих съемочных систем через российскую компанию – дистрибутора, с лицензированием на ОАО «РЖД» и филиалы; АО «НИИАС» обеспечивает отбор, заказ снимков, согласование лицензионных документов, проверку данных. Снимки должны сформировать полное покрытие территории расположения инфраструктуры Восточного полигона в полосе шириной 2-3 км (сверхвысокое разрешение) и 20-40 км (высокое разрешение). Формируется электронный каталог приобретенных снимков. Снимки могут предоставляться впоследствии подрядным организациям, привлекающимся для работ по проектированию (или других работ) ОАО «РЖД». Исходные снимки, получаемые в ходе формирования других нижеперечисленных продуктов, дополняют первоначально сформированный набор.

Мозаичное цветосинтезированное покрытие ортотрансформированными спутниковыми снимками высокого и сверхвысокого пространственного разрешения территории расположения инфраструктуры Восточного полигона. Покрытие формируется в распределенной геоинформационной системе «Геопортал РЖД», функционирующей во внутренней сети передачи данных ОАО «РЖД» (СПД), а также загружается в ГИС РЖД и КСПД ИЖТ. Ортотрансформирование осуществляется с использованием результатов высокоточных геодезических измерений опорных объектов на местности. Измере-

ние координат опорных объектов осуществляется с использованием технологий высокоточной спутниковой навигации глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) в поле действия сетей некоммерческого партнерства ОСВП. Снимки, получаемые в ходе формирования других нижеперечисленных продуктов, дополняют первоначально сформированное покрытие, чем достигается его периодическое обновление.

Цифровые топографические планы, актуализированные по материалам спутниковой съемки предыдущих пунктов. Планы масштаба 1 : 100 000 формируются на всю протяженность железнодорожной сети Восточного полигона и на прилегающие территории. Планы масштабов до 1 : 10 000 и 1 : 5000 формируются на отдельные участки проведения работ по реконструкции инфраструктуры и предоставляются проектным организациям, работающим по проектам для ОАО «РЖД».

Цифровая модель местности (ЦММ) по данным спутниковой стереосъемки на всю протяженность железнодорожной сети Восточного полигона и на прилегающие территории. Характеристики ЦММ (шаг сетки и точность) определяются характеристиками используемой съемочной системы. На участки возможного воздействия экзогенных процессов формируется ЦММ с более высокими характеристиками, на отдельные участки, включая участки реконструкции, формируется ЦММ с еще более высокими характеристиками; для этого используются материалы спутниковой радиолокационной съемки или стереосъемки системами с разными характеристиками. ЦММ отображается в распределенной геоинформационной системе «Геопортал РЖД», а также загружается в КСПД ИЖТ. Производные продукты (карты уклонов, карты экспозиции склонов и др.) формируются автоматически. Наглядные цифровые трехмерные модели ландшафта и объектов могут формироваться при необходимости проектировщиками, аналитиками, для презентационных целей по участкам проектирования и реконструкции объектов инфраструктуры автоматически, например, с использованием программного обеспечения разработки компании «СКАНЭКС».

Схема (альбом схем и цифровая карта) зонирования трассы железной дороги Восточного полигона по комплексам преобладающих экзогенных процессов, влияющих на железнодорожную инфраструктуру. Зонирование предполагалось осуществлять специалистами «СКАНЭКС» совместно с АО «НИИАС» с привлечением специалистов МГУ им. М.В. Ломоносова и других научных организаций. Состав информационного содержания карты должен определяться (уточняться) в ходе выполнения работ. Карта размещается в виде

отдельного информационного слоя в распределенной геоинформационной системе «Геопортал РЖД».

Комплекты тематических карт воздействий экзогенных процессов по выделенным для детального анализа отдельным потенциально опасным участкам. Формирование карт предполагалось осуществлять специалистами «СКАНЭКС» совместно с АО «НИИАС» с привлечением специалистов МГУ им. М.В. Ломоносова и других научных организаций. Карты размещаются в виде отдельных информационных слоев в распределенной геоинформационной системе «Геопортал РЖД». По отдельным участкам регулярного мониторинга карты обновляются с периодичностью, определенной в ходе выполнения первоначального анализа.

Аналитические материалы, включая акты осмотров, результаты фотофиксации, рекомендации по защитным мероприятиям, анализ статистики и динамики развития процессов по результатам диагностических работ по выделенным для детального анализа отдельным потенциально опасным участкам. Формирование отчетных материалов предполагалось осуществлять силами специалистов МГУ им. М.В. Ломоносова и других научных организаций, обобщение – специалистами АО «НИИАС» и компании «СКАНЭКС». По отдельным участкам регулярного мониторинга аналитические материалы обновляются с периодичностью, определенной в ходе выполнения первоначального анализа. К аналитическим материалам должны прилагаться результаты экспертизы работ и сформулированных рекомендаций.

Картосхемы периодического контроля выполнения строительных работ и экологических воздействий. Картосхемы формируются по отдельным участкам проведения строительных работ на основе оперативной спутниковой съемки сверхвысокого разрешения.

Карты инвентаризации объектов земельно-имущественного комплекса по данным спутниковой съемки формируются по полигонам проведения инвентаризации (актуализации информации) и размещаются в системе ГБД ЗУОН (геоинформационная база данных земельных участков и объектов недвижимости). Карты формируются специалистами подразделений Департамента корпоративного имущества ОАО «РЖД» (ЦРИ), материалы съемки загружаются в систему специалистами АО «НИИАС».

Карты периодического контроля несанкционированного использования полосы отвода и охранных зон формируются по отдельным участкам, в первую очередь в местах возможной интенсивной хозяйственной деятельности на прилегающей к железной дороге территории.

Картосхемы участков развития ЧС формируются по зонам возможного воздействия стихийных природных явлений на железнодорожную инфраструктуру (паводки, пожары и др.) или участкам зафиксированных ЧС. Картосхемы формируются по данным оперативной спутниковой съемки и по имеющимся архивным данным и картографической информации.

Таким образом, с учетом проведенных ранее исследований и экспериментов АО «НИИАС» были сформированы предложения по использованию данных спутниковой съемки для создания комплексной системы геотехнического мониторинга железнодорожной инфраструктуры на участках Восточного полигона.

Цель предложенного комплекса мероприятий состояла в повышении эффективности эксплуатации участков Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей (Восточного полигона), расположенных в сложных инженерно-геологических и ландшафтно-климатических условиях, путем организации геопространственного обеспечения работ по модернизации и содержанию железнодорожной инфраструктуры с использованием данных спутникового ДЗЗ, использования данных ДЗЗ в составе комплексной системы геотехнического мониторинга железнодорожной инфраструктуры для обеспечения:

- надежности путевой инфраструктуры в условиях экзогенных воздействий, вызываемых криогенными, склоновыми и русловыми процессами, и как следствие, бесперебойного движения на всем протяжении Восточного полигона;
- повышения пропускной способности за счет снятия ограничений скорости движения на деформирующихся участках с обеспечением заданного уровня безопасности перевозок;
- снижения общих затрат на модернизацию и содержание железнодорожной инфраструктуры путем рационального выбора методов инженерной защиты на деформирующихся участках пути.

Сформированные АО «НИИАС» предложения по организации геопространственного информационного обеспечения частично поддержаны ОАО «РЖД» и уже нашли применение в создаваемой совместно с ИКИ РАН с 2018 г. системе единого геоинформационного хранилища пространственных данных (ЕГХ ПД) ОАО «РЖД». В основу ЕГХ ПД легли технологические подходы, отработанные в рамках отдельного проекта РФФИ-ОФИ-РЖД по созданию специализированного информационного сервиса РЖД-SAT, обеспечивающего получение и распределенную работу со спутниковой информацией для решения задач мониторинга железнодорожной инфраструктуры [6].

Список литературы

1. Ашпиз Е.С. Комплексные подходы к обеспечению защиты железнодорожного пути от неблагоприятных природных воздействий в прибрежных и горных районах // Бюллетень ОУС ОАО «РЖД». – 2013, № 2. – С.67-75.
2. Аэрокосмическое зондирование в системе экологической безопасности взаимодействия природы и сооружений / Коллектив авторов. Председатель редакционного совета член-корреспондент РАН В.А.Грачев. – М.: Триада Лтд., 2006. – 172 с.
3. Быкова Н.М. Протяженные транспортные сооружения на активных геоструктурах: технология системного подхода. – Новосибирск: Наука, 2008. – 212 с.
4. Василейский А.С., Карелов А.И. Технология спутникового мониторинга потенциально-опасных участков в системе текущего содержания земляного полотна железнодорожного пути / Труды ОАО «НИИАС». Сборник научных трудов. – Выпуск 10. – М.: ООО «Издательский Дом «Технологии», 2014. – С.366-374.
5. Василейский А.С., Карелов А.И., Лобанов И.А., Макаров А.Ю. Материалы спутниковой съемки как геопространственная основа для управления объектами железнодорожной инфраструктуры / 8-я Международная научно-практическая конференция «Геопространственные технологии и сферы их применения», Москва, 13-14 марта 2012 г. Материалы конференции. – М.: Информационное агентство «ГРОМ», 2012. – С. 96-98.
6. Василейский А.С., Лупян Е.А., Карелов А.И., Крашенинникова Ю.С., Прошин А.А., Саворский В.П., Уваров И.А., Щеглов М.А. Возможности использования специализированного сервиса РЖД-SAT для решения задач мониторинга железнодорожной инфраструктуры // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – Т. 12, № 2. – 2015. – С.34-49.
7. Гаврилов И.И. Практика использования космических снимков для обоснования дополнительных водопропускных сооружений в зоне Байкало-Амурской магистрали / Проектирование развития региональной сети железных дорог: сб. науч. тр. / под ред. В.С.Шварцфельда. – Хабаровск: изд-во. ДВГУПС, 2015. – Вып. 3 – С. 120-124.
8. Гаврилов И.И. Дистанционные методы диагностики и мониторинга земляного полотна в условиях вечной мерзлоты / Путь и путевое хозяйство. – 2016, № 4. – С.24-29.

9. Гершензон О.Н., Карелов А.И. Геопортал ОАО «РЖД» для доступа к данным космического дистанционного зондирования // Железнодорожный транспорт.– 2009, № 9.– С. 40-41.
10. Железнов М.М., Василейский А.С., Макаров И.Ю. Мониторинг потенциально опасных воздействий на железнодорожную инфраструктуру с использованием космических систем ДЗЗ // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта.– 2010, № 6.– С.16-19.
11. Железнов М.М., Сазонов Н.В., Василейский А.С. Спутниковый мониторинг потенциально-опасных участков железнодорожного пути // 4-я Международная научно-практическая конференция «Геопространственные технологии и сферы их применения», Москва, 12-13 марта 2008 г. Материалы конференции.– М.: Информационное агентство «ГРОМ», 2008.– С. 54-56.
12. Киенко Ю.П. Основы космического природоведения: Учебник для вузов.- М.: «Картгеоцентр» - «Геодезиздат», 1999.– 285 с.
13. Кондратьев В.Г. Вековая, но не вечная же проблема железных дорог на вечной мерзлоте // Транспорт Российской Федерации.- 2008, № 3-4 (16-17).– С.58-61.
14. Кондратьев В.Г. Инженерно-геокриологический мониторинг БАМа // Путь и путевое хозяйство.– 2012, № 10.– С.26-31.
15. Ревзон А.Л. Возможности использования материалов аэрокосмической съемки для оценки природных рисков при проектировании и строительстве линейных сооружений // Геориск.– 2014., № 2.– С.54-59.
16. Розенберг И.Н., Лупян Е.А., Железнов М.М., Василейский А.С. Возможности использования спутниковых технологий для мониторинга железнодорожной инфраструктуры / Ренессанс железных дорог. Фундаментальные научные исследования и прорывные инновации / Лепидус и др.– Ногинск: Аналитика Родис, 2015.– С.97-112.
17. Савостин А.А., Алейников А.А., Михайлов С.И., Василейский А.С. Методика тематической обработки данных спутниковой съемки при мониторинге экзогенных воздействий на железнодорожную инфраструктуру / Труды третьей научно-технической конференции с международным участием «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование» (ИСУЖТ-2014).- М.: ОАО «НИИАС», 2014.- С.137-141.
18. Шульгин Д.И., Гладков В.Д., Никулин А.Н., Подвербный В.А. Инженерная геология для строителей железных дорог: Учебник для вузов жд. трансп. / Под ред. Д.И.Шульгина, В.А.Подвербного.– М.: Желдориздат, 2002.- 514 с.



Павловский А.А.



Духин С.В.



Духина Н.А.

Требования к характеристикам пространственно-временной информации, используемой для автоматизации бизнес-процессов ОАО «РЖД»

Ключевые слова:

пространственно-временная информация, геоинформационная база, геоинформационные системы

В своей производственной деятельности ОАО «РЖД» использует пространственно-временную информацию [1, 2]. При автоматизации бизнес-процессов параметры объектов и процессов, имеющие координатное описание, часто играют важную, определяющую роль. Для обеспечения возможности создания, ведения, развития и использования пространственной информации используются специализированные информационные системы, называемые геоинформационными системами (ГИС), а сама координатная информация, поддерживаемая такими системами, называется геоинформационной базой данных или базой геоданных (ГБД) [3].

Пространственно-временная информация об объектах и процессах железнодорожного транспорта должна соответствовать общим требованиям в информационном обеспечении автоматизированных систем, то есть обладать свойствами полноты, достоверности, непротиворечивости, актуальности, и т.д. [4]. В то же время, инфор-

мация, имеющая пространственную составляющую, обладает характеристиками, присущими только информации такого рода, в том числе – растровое или векторное представление, точность представления, система координат, необходимость представления в нескольких системах координат или необходимость параметров перехода из одной системы в другую [5].

Цель данной статьи – на основе анализа бизнес-процессов ОАО «РЖД», использующих пространственно-временную информацию, определить требования к характеристикам координатной или пространственно-ориентированной информации, или, другими словами – к параметрам координатной составляющей геоинформационных баз данных.

Как следует из Концепции [6], в состав геоинформационных ресурсов ОАО «РЖД» входят:

- карта сети железных дорог;
- схема сети железных дорог;
- топографическая карта РФ;
- топографическая карта мира;
- спутниковые снимки;
- полоса отвода;
- масштабные планы станций;
- схематические планы станций;
- трехмерная цифровая модель пути;
- электронные карты КЛУБ;
- планы станций МАЛС.

Приведенные ГБД представляют интерес для ОАО «РЖД» и обеспечивают автоматизацию его бизнес-процессов. В то же время, вследствие разных причин, в настоящее время не все из перечисленных ресурсов создаются и поддерживаются в полной мере. Во многих случаях создание и обновление ГБД носит периодический характер, геоинформационные ресурсы создаются или закупаются в случае необходимости для решения одной задачи. Или используются данные из открытых источников, не адаптированных специально для нужд железнодорожного транспорта, что, как следствие, снижает качество информации и сужает функциональные возможности использующих их автоматизированных систем. Целью разработки концепции Единой геоинформационной системы ОАО «РЖД» (ЕГИС РЖД) было создание эффективной информационной среды, содержащей всю необходимую информацию для обеспечения бизнес-процессов ОАО «РЖД», поддерживаемой централизованно и используемой различными структурными подразделениями ОАО «РЖД». На сегодняшний день эта цель не достигнута.

ГБД является дорогостоящим активом. Для ее создания и поддержания в актуальном состоянии необходимы существенные затраты, в том числе ручного труда. В отсутствие единых требований к характеристикам ГБД разработчики и пользователи ГИС реализуют каждый свое множество функциональных приложений для автоматизации своих бизнес-процессов. В этой ситуации существенно не столько различие программных платформ, при помощи которых реализована функциональность ГИС, сколько различие представлений разработчиков о целевых свойствах поддерживаемой ГБД. Использование общепринятых стандартов на форматы представления пространственно-ориентированных данных практически устраняет недостаток использования различных программных платформ, за исключением увеличенных затрат на сопровождение программного продукта: одну программную систему дешевле сопровождать, чем несколько. А вот отсутствие общих требований к поддерживаемой геоинформационной базе данных приводит к дублированию и, как следствие, появлению неактуальной, противоречивой и несогласованной информации. При этом, именно ГБД в большой степени пригодна для стандартизации, так как, во-первых, у пространственных данных всегда существует универсальный ключ – координаты объекта или процесса, а во-вторых, ГБД обладает свойством многоцелевого использования. Координатное представление и топологические отношения между объектами позволяют однозначно идентифицировать объекты; а механизм создания слоев, в том числе виртуальных, позволяет создавать на основе единой ГБД различные ракурсы для различных приложений.

При проведении комплексного анализа бизнес-процессов ОАО «РЖД», использующих пространственные данные, необходимые функции ГИС, как и характеристики ГБД, рассматриваются в функциональной зависимости «Наименование бизнес-процесса» → «Наименование функции» → «Функция ГИС» → «Наименование ГИС» [6]. Такая классификация является безусловно правильной и логичной с точки зрения описания бизнес-процессов, в то же время не подходит для выявления и обобщения самих функций ГИС, а также анализа свойств ГБД. В контексте Концепции термин «наименование ГИС» обозначает или уже существующую ГБД, тогда указывается ее наименование и подразумевается, что ее характеристики удовлетворяют требованиям рассматриваемого бизнес-процесса, или создаваемую ГИС. В такой классификации функции ГИС многократно повторяются в различных бизнес-процессах в различной трактовке, а свойства самих ГБД зачастую не приведены вообще.

Выделим основные группы функций ГИС, используемые самостоятельно или совместно с другими автоматизированными системами.

1. Повышение иллюстративности и информативности данных путем отображения на картах и планах взаимного расположения пространственно-распределенных объектов; изменения стилей отображения геометрических объектов в зависимости от значений табличных текстовых данных, соответствующих этим объектам; создания тематических видов и выборок на основе наложений различных графических слоев.
2. Навигация объектов, то есть определение местоположения объекта на путевом развитии (или в привязке к объектам путевого развития) по его географическим координатам и вывод соответствующей информации в графическом виде на экран монитора или занесение данных в текстовые таблицы.
3. Показ взаимного расположения объектов, то есть ситуационных карт и планов.
4. Создание основы для проектирования пространственных объектов, выполнения геометрических и геодезических измерений и расчетов различного назначения.

По информации, публикуемой в открытой печати [7-12], в том числе по техническим требованиям к геоинформационным ресурсам и системам, содержащимся в конкурсной документации ОАО «РЖД» и Минтранса РФ, текущее состояние использования ГИС ОАО «РЖД» характеризуется большим количеством геоинформационных систем и ресурсов.

Геоинформационные ресурсы: карта и схема сети железных дорог; спутниковые снимки различного разрешения; полоса отвода железных дорог; масштабные планы станций; схематические планы станций; трехмерная цифровая модель пути, содержащая данные геодезии, лазерного сканирования и георадарной съемки; электронные карты бортовых устройств тягового подвижного состава.

Представляется целесообразной реализация следующих требований к характеристикам пространственно-временной информации, используемой для автоматизации бизнес-процессов ОАО «РЖД».

1. Основой представления пространственно-ориентированных данных должна стать цифровая модель инфраструктуры (ЦМИ), являющаяся координатной основой всех геоинформационных ресурсов, хранящихся и используемых в ГИС ОАО «РЖД». Цель создания ЦМИ – обеспечения минимальных погрешностей представления объектов в местной железнодорожной системе координат в непосредственной близости от железнодорожного пути, а также обеспечение механизма перевода

пространственной координаты в адресное описание (линейную координату). Линейная координатная система может быть закреплена путем использования линейного пикетажа (километры, пикеты), реперных сетей, принятых в качестве реперов фундаментальных объектов.

В настоящее время геоинформационные ресурсы не имеют единой координатной основы.

В качестве координатной основы должны использоваться: геоцентрическая система координат WGS-84 (ПЗ-90) для графа сети, местные системы координат для планов станций, региональные системы координат для планов полосы отвода ГБД ЗУОН. Наличие координатной основы необходимо для реализации механизма совмещения со спутниковыми снимками и картами, получаемыми от внешних источников. Параметры перехода должны позволять переход между различными системами координат с заданной точностью. Современные методы спутниковой геодезии, а также расширение сферы услуг по предоставлению корректирующей пространственно-временной информации для создания высокоточных опорных геодезических сетей, позволяют существенно уменьшить затраты на создание и эксплуатацию координатной основы, тем самым повышая эффективность координатных методов, используемых в технологических и бизнес процессах.

2. Любой объект, входящий в единую ГИС РЖД, должен существовать в ГБД в единственном экземпляре и характеризоваться географическими координатами как первичным ключом. В этом случае любые операции по добавлению, изменению и удалению объектов ГБД не могут привести к ухудшению свойств ГБД. При отсутствии решения по п.1, то есть отсутствии единой координатной основы, этот принцип также не может быть реализован.
3. Цифровая модель пути (ЦМП), являющаяся составной частью ЦМИ, в целевом состоянии определяет обобщенный граф сети железных дорог. Вершинами графа являются точки ветвления железнодорожного пути, ребрами – участки пути между вершинами. Ветвлением пути назовем географическое место, в котором участок железнодорожного пути без разрывов соединяется с несколькими другими участками (в частном случае, с другим участком). Граф пути обладает свойством генерализации, заключающимся в том, что при решении задач, требующих использования больших масштабов, количество объектов (вершин и ребер) увеличивается, а при использовании мень-

ших масштабов – уменьшается, без ухудшения свойств графа. Например, при выполнении маневровой работы требуется масштаб, позволяющий определить местоположения объекта на путевом развитии станции, а при контроле графика исполненного движения маршрута – масштаб, позволяющий определить только вход на станцию и выход со станции. Точность определения местоположения также соответственно изменяется в соответствии с масштабом. При генерализации площадной объект может трансформироваться в точечный, а ломаная (кривая) линия в прямую, однако принцип 3 в этом случае не нарушается, так как с уменьшением точности представления геометрических параметров объекта при малых масштабах конфигурация объекта является несущественной.

4. Целевое состояние уже существующих геоинформационных ресурсов на основе опыта их эксплуатации.

4.1. Граф сети железных дорог.

Может быть использован как основа для построения обобщенного графа сети. Необходимо определить механизмы и периодичность актуализации и проверки корректности.

4.2. Масштабные планы станций.

Необходимо совместить планы станций с планами полосы отвода, преобразовав их в объекты, действительно имеющие масштаб. Это позволит:

- выполнять хозяйственные операции с имуществом и земельными участками на станциях в привязке к путевому развитию, что необходимо при управлении имущественным комплексом;
- построить граф станции и на основе корректных графов станций обобщенный граф сети;
- повысить технологичность добавления и внесения изменений в геометрию объектов, входящих в план станции (полосы отвода) на основе выполнения требования 1.

4.3. Схемы станций.

При классическом решении задачи могут быть получены на основании актуальных масштабных планов средствами ГИС. Однако при этом вид схемы будет непривычным для диспетчера.

В настоящее время схемы станций существуют как самостоятельный геоинформационный ресурс. Процедуры контроля позволяют проверить правильность составления схемы путем нахождения соответствия между эле-

ментами схемы и масштабного плана. При корректировке масштабного плана соответствующая корректировка должна быть произведена и в схеме.

4.4. Планы земельных участков и объектов недвижимого имущества.

После адаптации к геоцентрической системе координат впишутся в обобщенный граф сети. Могут являться основой для модернизированных масштабных планов станций, а также определения местоположения объектов в полосе отвода на станциях и перегонах.

4.5. Для обработки пространственных запросов, связанных с местоположением объектов вне полосы отвода (улично-адресная сеть в населенных пунктах, дорожная сеть вне населенных пунктов) необходимо использовать внешние источники геоинформационных данных. Выполнение принципа 1 позволит при необходимости получить любой интересующий район карты общего пользования в заданном масштабе из внешнего источника по запросу (например, на условиях абонентского подключения). Это позволит сократить затраты на закупку геоинформационных ресурсов, так как заранее неизвестно, какой район и когда может понадобиться, а, главное, получать гарантировано актуальную информацию.

4.6. Растровые данные и результаты лазерного и георадарного сканирования. В настоящее время все большее распространение получают результаты съемки с беспилотных летательных аппаратов, ставшие возможными в результате достижений в областях создания беспилотных летательных аппаратов, существенной минимизации размера и веса и улучшении характеристик фото, видео и лазерной аппаратуры.

5. Обновление и актуализация информации.

Одним из основных принципов ГИС РЖД является необходимость механизма актуализации геоинформационных баз данных, который заключается в:

- обязательном наличии регламентов внесения изменений в ГБД, при которых за корректность информации о каждом объекте отвечает конкретный человек, действующий на основании инструкции;
- протоколировании и визировании всех изменений, хранении истории изменений;

- использовании, по возможности, механизмов проверки корректности изменения ГБД.

Реализация описанных требований к ГБД позволит разработать функциональность ГИС для решения важных стратегических задач.

1. Поддержание в актуальном состоянии и использование в различных бизнес-процессах единой координатно-временной (картографической) основы железнодорожного транспорта в Российской Федерации.
2. Размещение в привязке к картографической основе объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта на территории Российской Федерации.
3. Определение на основе картографической основы местоположения подвижных объектов и событий с ними.
4. Использование карт и планов в качестве интерфейса доступа к графическим и атрибутивным данным объектов и событий железнодорожного транспорта в Российской Федерации.
5. Анализ пространственных данных по объектам и событиям на железнодорожном транспорте в Российской Федерации.
6. Создание методов и средств подготовки управленческих решений с использованием геоинформационных технологий.
7. Создание правил обработки географических данных по событиям и чрезвычайным ситуациям на железнодорожном транспорте в Российской Федерации.
8. Обеспечение владельцев инфраструктуры, операторов, перевозчиков и пользователей услуг железнодорожного транспорта необходимой географической информацией с привязкой к картам и схемам железных дорог.
9. Взаимодействие ГИС с существующими и разрабатываемыми автоматизированными системами в качестве:
 - источника координатно-временной информации;
 - основы для повышения иллюстративности полученных результатов;
 - источника геометрических данных для выполнения расчетов и анализа;
 - основы для обеспечения удобного интерфейса доступа к текстовым данным.
10. Унификация форматов представления геоинформационных ресурсов и методов обработки геопространственных данных.

Список литературы

1. Розенберг И.Н., Духин С.В. Автоматизированная система ведения геоинформационной базы данных, увязанная с параметрами работы и развития ОАО «РЖД»// Труды девятой научно-практической конференции «Информационные технологии в железнодорожном транспорте» - «ИНФОТРАНС-2004», 6-9 октября, Санкт-Петербург, 2004
2. Розенберг И.Н., Духин С.В., Замышляев А.М., Цуцков Д.В. Использование отраслевых геоинформационных ресурсов для решения задач управления перевозками и инфраструктурой на железнодорожном транспорте// Девятая Всероссийская конференция «Проблемы ввода и обновления пространственных данных». – Москва: 15-17 марта 2005, (www.gisa.ru/20934.html)
3. ГОСТ Р 52438-2005 Географические информационные системы. Термины и определения.
4. Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах: Пер. с англ. Изд.2, доп. 1980 г.
5. Розенберг И.Н., Духин С.В. Геоинформационные технологии – важнейшая составляющая современных информационных систем // Автоматика, связь, информатика, № 7, 2005
6. Единая отраслевая геоинформационная система (ЕГИС ОАО «РЖД»). Концепция. Утверждена старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В.А.Гапановичем 06.06.2011.
7. Розенберг И.Н., Духин С.В. Геоинформационные технологии. // Железнодорожный транспорт, вып. 3, 2006, с. 59-63.
8. Розенберг И.Н., Духин С.В. Основные особенности формирования единой геоинформационной базы данных отрасли. //Десятая научно-практическая конференция «Информационные технологии в железнодорожном транспорте». «ИНФОТРАНС-2005». 5-10 октября, Из-во Политехнического Университета. Санкт-Петербург, 2005, с. 53-54.
9. Розенберг И.Н., Духин С.В. Принципы построения единой геоинформационной базы данных, увязанной с параметрами работы и развития железнодорожной отрасли //3-я международная научно-практическая конференция «ТелеКомТранс - 2005», 26-29 апреля, -Сочи: ООО «Диапазон», Ростов н/Д, с. 43-47.
10. Розенберг И.Н., Духин С.В., Замышляев А.М., Цуцков Д.В. Новая технология ведения технико-распорядительных актов станций //Учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта. Москва, Издательство «Маршрут», 2005, 304 с.
11. Уманский В.И., Духин С.В., Якушев Д.А. Автоматизация формирования электронных карт для локомотивных устройств безопасно-

- сти и систем управления движением по данным видеопаспортизации и мобильного лазерного сканирования. //Вестник ВНИИЖТ, Москва, 2015, №4, с. 8-11.
12. Духин С.В., Ильин А.В. Геоинформационная база данных земельных участков и объектов недвижимого имущества ОАО «РЖД»: состояние и планы развития. //Восьмая научно-практическая конференция «Безопасность движения поездов». Труды. Часть 1. 1-2 ноября 2001 г. Москва. с.VIII-7.
 13. Духин С.В., Нуйкин А.В., Куприянов А.О., Бекчанова Е.С. Разработка высокоточной координатной системы высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург – Буловская //Известия высших учебных заведений. Раздел «Геодезия и аэрофотосъемка», №2, М.:МИИГАИК – 2013



Духин С.В.



Пятаев С.И.



Зубков С.А.



Седых М.А.

Особенности представления пространственных данных, используемых для обеспечения безопасности движения

Ключевые слова:

пространственные данные, Единая геоинформационная система, электронные карты, путевые объекты

Для повышения безопасности движения и/или автоведения поездов по российским железным дорогам на основе повышения полноты, достоверности и точности картографической и атрибутивной информации, используемой в электронных картах полигонов обращения и кассетах регистрации локомотивных устройств безопасности, а также в процессе расшифровки/расследования выявленных нарушений, создана Единая геоинформационная система тягового подвижного состава (ЕГИС ТПС).

Целью ее создания является:

- контроль полноты, достоверности и непротиворечивости разнородной информации, полученной из различных отраслевых источников информации, и представляющей пространственную, атрибутивную, текстовую и графическую информацию о железнодорожных путях и объектах путевой инфраструктуры, определяющих безопасность движения и/или автоведения на Российских железных дорогах;

- создание электронных карт (ЭК) полигонов обслуживания (ЭКПО) для различных бортовых устройств и формирование данных, необходимых для предварительной записи на кассету регистрации (КР) и/или в процессе расшифровки/расследования выявленных нарушений;
- использование для актуализации ЕГИС ТПС и, соответственно, ЭКПО современных методов и средств спутниковой навигации, а также цифровых методов обработки видеоизображений путевых объектов российских железных дорог;
- полномасштабная автоматизированная поддержка процессов создания, обновления, хранения и учета ЭК конкретных участков железнодорожных путей для всех используемых бортовых устройств;
- автоматизированная поддержка процессов формирования и предоставления оперативной информации о временных предупреждениях по ограничениям скорости, необходимой для включения в ЭК и записи на кассеты регистрации приборов безопасности, а также при последующей расшифровке результатов рабочих поездок и анализе выявленных нарушений;
- совершенствование регламента взаимодействия и повышение ответственности должностных лиц, причастных к формированию, обновлению, согласованию и утверждению изменений в ЕГИС ТПС и ЭКПО, путем внедрения функциональности электронной цифровой подписи и регистрации/протоколирования действий пользователей в системе.

Комплексное локомотивное устройство безопасности различных модификаций КЛУБ-У, КЛУБ-УП (далее – КЛУБ) функционально сочетает в себе автоматическую локомотивную сигнализацию и электронный локомотивный скоростемер. КЛУБ служит основным бортовым средством обеспечения безопасности движения поездов на сети железных дорог РФ и стран СНГ.

Работа КЛУБ основана на использовании электронной карты полигона обращения. В состав изделия входит также стационарное устройство дешифрации (СУД) информации, записанной на электронную кассету регистрации КЛУБ.

ЕГИС ТПС обеспечивает единство подходов к хранению, обработке и передаче пространственной информации, архитектуре, номенклатуре технических средств и средств общесистемного программного обеспечения.

Данные в ЕГИС ТПС делятся на условно статическую информацию и динамическую.

Условно *статическая информация* – это пространственные и атрибутивные данные об объектах и параметрах железнодорожной инфраструктуры, влияющих на безопасность движения ТПС. Внешение изменений об их местоположении и свойствах производится только при изменении самого физического объекта, что происходит довольно редко, поэтому информация и называется условно статической или просто статической. Статическая информация содержит сведения о главных и станционных путях; станциях; стрелках и тупиках, включая их принадлежность станции, обозначение и железнодорожные координаты; длинах отрезков путей между узловыми объектами (стрелками, тупиками и точками смены пути); о возможности проезда с одного отрезка на другой для отрезков, подходящих к одной стрелке; сведения о положении на пути и железнодорожных координатах километровых и пикетных столбов; светофоров и изолированных стыков; границ и осей станций; границ платформ; железнодорожных переездов; мостов; туннелей; устройств ПОНАБ (прибор обнаружения нагретых аварийно букс); ДИСК (дистанционная информационная система контроля); КТСМ (комплекс технических средств многофункциональный), УКСПС (устройство контроля схода и волочения деталей подвижного состава); ограничений скорости по приказу (допустимые скорости); мест проверки тормозов; уклонах; кривых; путевых генераторах САУТ. Для всех указанных объектов обеспечена возможность хранения их географических координат.

Дополнительно обеспечено хранение данных: для станций – название, код по ЦНСИ, код ЕСР; для стрелок – обозначение, принадлежность станции, тип стрелки; для километровых столбов – номер километра, заканчивающегося этим столбом, длина в метрах, количество пикетов; для пикетных столбов – номер пикета, заканчивающегося этим столбом, длина в метрах; для светофоров – обозначение, тип светофора (проходной, входной, маршрутный и т.п.), направление действия светофора, период кодирования в рельсовой цепи перед светофором; для платформ – название, возможная принадлежность станции; для переездов – охраняемый или нет; для ограничений скорости – величина ограничения, условия действия ограничения (для каких поездов, для каких локомотивов), признак необходимости выполнять ограничение только головой, направление действия ограничения (в одну сторону или в обе); для мест проверки тормозов – вид проверки, направление действия, начальные скорости и соответствующие им нормы путей для снижения скорости, условия действия проверки (для каких поездов, для каких

локомотивов); для уклонов – величина и направление уклона; для кривых – радиус кривизны и направление, для путевых генераторов САУТ – номер путевого генератора САУТ, тип путевого генератора САУТ, номер перегона САУТ, тип автоблокировки, маршруты путевого генератора САУТ.

Статическая картографическая информация содержит пространственные координаты точек на пути, характеризующих путевой объект, в 3-х системах координат:

- железнодорожной (километры, пикеты, метры – в том числе километры и пикеты нестандартной длины),
- линейной (расстояние в метрах от начала отрезка вдоль пути),
- географической (широта, долгота: в градусах с десятичными знаками).

Статическая информация используется в ЕГИС ТПС с целью формирования ЭКПО, а также для формирования номограмм, используемых в процессе расшифровки результатов поездок.

Динамическая информация – это информация о временных ограничениях скорости (по предупреждению) на отдельных путевых участках из-за проведения ремонтных работ, природных стихийных бедствий, неисправностей тех или иных объектов путевой инфраструктуры и т.п., а также ежедневное расписание движения поездов.

В целях оперативного предупреждения локомотивных бригад, ЕГИС ТПС хранит и предоставляет указанную информацию по запросу электронных терминалов самообслуживания (ЭТСО) эксплуатационных депо для оперативной предпоездной записи на кассеты регистрации бортовых приборов.

Особенностью ЕГИС ТПС является необходимость соблюдения жесткой топологической структуры, определяющей и задающей граф сети. Для бортовых устройств тягового подвижного состава двумерная модель ЕГИС ТПС интерпретируется как одномерная модель в линейной железнодорожной системе координат. Для формирования ЭКПО или просмотра параметров поездки необходимо прежде всего корректно описать эту поездку в виде последовательности отрезков пути. Поэтому в топологической модели ЕГИС ТПС критической ошибкой является прежде всего несоблюдение топологических свойств входящих в нее объектов. Свойства объектов топологической модели ЕГИС ТПС в общем случае достаточно простые. Проблемы реализации топологии могут вызывать различные аномалии представления объектов. Рассмотрим далее примеры топологических свойств некоторых объектов и причины аномалий реализации этих свойств.

Пути, отрезки путей и их соединения

Каждый путь представляется уникальной записью в таблице путей, имеет первичный ключ и значимые свойства: тип пути – главный, приемо-отправочный, съезд и прочие; номер пути, название пути, позиция пути в ЭК КЛУБ.

Отрезок пути – это минимальная часть пути между узловыми объектами, внутри которой нет никаких разветвлений. Отрезок пути является ребром графа сети железных дорог. Железнодорожная стрелка задает естественные ограничения на структуру модели, определяя места примыкания нескольких путей или отрезков путей, и является таким образом вершиной графа. Путь может быть представлен n отрезками, где $n \geq 1$. Отрезок принадлежит одному пути. Отрезок также представляется уникальной записью, имеет первичный ключ и значимые свойства: название, длина в метрах, ссылка на путь, которому отрезок принадлежит, признаки возможности проезда в сторону возрастания и в сторону убывания железнодорожных координат, а также ссылка на станцию, если отрезок целиком лежит на станции.

Сведения о возможности проезда с одного отрезка на другой для отрезков, подходящих к одной стрелке, представляются в таблице примыкания отрезков. Для каждой пары отрезков $O1$ и $O2$, подходящих к стрелке CP , для которых возможен проезд по этой стрелке, имеется 2 записи. Одна запись содержит ссылку на отрезок $O1$, ссылку на отрезок $O2$ и ссылку на стрелку CP , к которой они подходят, а также признак «примыкает головой» для каждого из отрезков. Вторая запись содержит ссылку на отрезок $O2$, ссылку на отрезок $O1$ и ссылку на стрелку CP , к которой они подходят, а также признак «примыкает головой» для каждого из отрезков. Ссылка на стрелку – это ссылка на таблицу узлов.

Путевые объекты, свойства путевых объектов и точки на пути.

Каждый путевой объект представляется уникальной записью в таблице путевых объектов и имеет первичный ключ, название и тип объекта. Типы объектов представлены в справочнике типов объектов. В БД выделены следующие типы путевых объектов: станция, платформа, стрелка, тупик, километровый столб, светофор, железнодорожный переезд, мост, туннель, устройство ПОНАБ, устройство ДИСК, устройство КТСМ, устройство УКСПС, ограничение скорости, место проверки тормозов, уклон, кривая, глухое пересечение, семафор, отверстие в железнодорожном полотне (для прохода рек, ручьев, талых и дождевых вод, дорог и т.д.) и др..

Каждый тип объекта характеризуется своим набором свойств. Допустимы типы объектов, для которых свойств нет.

Положение любого объекта или его части на пути характеризуется точкой на пути и представляется уникальной записью таблицы точек на пути.

Точка на пути – это проекция точечного объекта или границы протяженного (линейного) объекта на ось пути. Каждый путевой объект имеет свой набор (структуру) путевых точек. Например, для станции должны храниться точки границ станции по разным путям и точки ее оси по разным путям; для светофора имеются точка светофора и его изолированного стыка и т.д.

Существует особенность представления точек на пути - для узловых объектов хранится по одной точке (острие остряка, точка смены пути или тупик) на каждом из отрезков, к ним примыкающих.

Вне зависимости от направления движения по пути, началом отрезка пути в ЕГИС ТПС принимается тот его конец, который имеет меньшую железнодорожную координату. Соответственно, концом отрезка пути будет тот, который имеет большую железнодорожную координату.

Для протяженных объектов должна использоваться точка типа «граница путевого объекта». Например: «граница станции», «граница постоянного ограничения скорости». Начало от конца отличается для границ путевого объекта направлением действия (использования): начало имеет направление +1, а конец имеет направление -1.

Каждая точка на пути имеет тип точки, ссылку на путевой объект, ссылку на отрезок пути, координату на отрезке, железнодорожную координату точку (километр, пикет, метр), географические координаты точки и направление действия, признак реперной точки.

Примеры описаний различных объектов путевой инфраструктуры с использованием характеризующих их точек на пути.

Структура точек станции: по каждому из путей, входящих на станцию с перегона, имеется точка типа «граница станции»; по каждому из путей, выходящих со станции на перегон, имеется точка типа «граница станции»; по каждому из путей, проходящих через ось станции, имеется точка типа «ось станции».

Тройные стрелки имеют три точки: по одной точке на границе каждого из отрезков путей, сходящихся по стрелке.

Таким образом, аналитическим описанием географических параметров объектов в виде координат определяющих точек задается топологическая модель графа, целостность которого может быть проверена и восстановлена путем установления координатной смежности

точек принадлежащих смежным объектам модели. Например, точки стрелок должны соответствовать точкам примыкающих отрезков путей и т.д. Поддержание целостности графа, удовлетворяющего описанным требованиям, на первый взгляд не является сложной задачей. На практике же – это задача, не имеющая точного решения, поскольку измерения координат точек, характеризующих объект, имеют разную точность, зависящую от способа и средства измерения, а также от времени измерения одним и тем же средством. При этом, использование универсального допуска или одинаковой для всех точек величины погрешности координатного представления может привести к аномалиям, когда один и тот же объект будет интерпретирован как несколько различных или, наоборот, несколько объектов приняты за один. Описанная проблема обуславливает высокую степень участия человека-оператора в решении вопросов идентификации точек смежных объектов и может быть решена с использованием алгоритмов контроля целостности, в том числе, основанных на методах искусственного интеллекта.

Исходные данные для формирования модели графа сети могут быть получены из разных источников. Это могут быть электронные хранилища информации и базы данных, бумажные документы, а также результаты натурных обследований и осмотров. Недостатками электронных (цифровых) источников информации является их неполнота, а также, что более существенно, несогласованность, то есть использование различными автоматизированными системами различных справочников и классификаторов. Поэтому для создания ЕГИС ТПС в качестве исходных данных используются результаты видеопаспортизации участков пути, которые в дальнейшем дополняются данными из других источников.

Видеопаспортизация – это технология, основанная на видеосъемке участков железнодорожного пути видеокамерой с одновременной (точно синхронизированной по времени) фиксацией местоположения видеокамеры в пространстве с помощью спутникового приемника. Для выполнения видеопаспортизации видеокамера и спутниковый приемник устанавливаются на подвижном средстве (локомотиве или вагоне-путеизмерителе) и подключаются к управляющему компьютеру, который осуществляет синхронизацию потока данных. Совокупность точек, определяющих местоположение спутникового приемника во время поездки, называется «треком». К точкам трека привязываются кадры видеосъемки, которые называются «видеорядом». Во время предварительной обработки координаты точек трека уравниваются с помощью применения алгоритмов фильтрации та-

ким образом, чтобы образованная ими траектория имела минимальные отклонения от продольной оси; из видеоряда удаляются лишние кадры, полученные во время стоянки и движения с малой скоростью. После этого производится последовательный просмотр видеоряда и с помощью программы видеопаспортизации в базу данных ЕГИС ТПС заносятся объекты инфраструктуры, видимые в кадре, с автоматическим занесением координат этих объектов. Таким образом формируется информация обо всех видимых объектах, включая километровые и пикетные столбы и узловые объекты, являющиеся реперными точками для перевода географической системы координат в линейную и железнодорожную. После этого, база данных ЕГИС ТПС дополняется информацией о виртуальных или невидимых объектах: границах рельсовых цепей, нейтральных вставках, ограничениях скорости и т.п. Из-за погрешности интерпретации спутниковых данных при съемке, синхронизации и пересчете в линейную координату, погрешность метода видеосъемки достигает 10 метров, лучшие результаты имеют точность не более 1 метра. Вследствие погрешности, в некоторых случаях появляются сложно идентифицируемые критические ошибки неоднозначного определения объектов, о которых говорилось выше.

Описанная геоинформационная система ЕГИС ТПС относится к классу ГИС, в функциональности которых операции отображения пространственной информации не являются определяющими и не используются в процессе эксплуатации. Основными операциями являются различного рода уравнивания координатных данных, алгоритмы верификации графа сети, алгоритмы установления соответствия между объектами в модели, формирование допустимых маршрутов, а также формирование на основе графа модели подграфа, составляющего основу электронной карты полигона обслуживания тягового подвижного состава.



Охотников А.Л.



Соколов С.В.

Высокоточное позиционирование транспортных средств на железнодорожном транспорте

Ключевые слова:

модуль скорости, проекция скорости, электронная цифровая карта, ортодромия, ортодромические отрезки

Введение

Сегодня одним из наиболее важных элементов управления подвижными объектами является точное определение его местоположения. Причем, чем быстрее движется объект, тем быстрее необходимо принимать решение по его управлению и тем существеннее ошибка измерения его местоположения. Особую роль позиционирование транспортного средства (ТС) играет в беспилотных системах при полностью автоматическом управлении. Принимая во внимание неопределенность информационной ситуации вокруг ТС, важно определять максимально точно внутренние параметры управляемого объекта, тем самым снижая стохастическую составляющую процесса управления [1]. Координаты ТС в реальных условиях эксплуатации зачастую известны неточно или определяются с большой погрешностью, что приводит к неточным и небезопасным управляющим решениям. Данная задача требует обеспечения необходимой точности определения таких параметров ТС как скорость и его координаты.

В настоящее время совокупный состав комплекса получения навигационной информации ТС часто бывает избыточен и неэффективен, как по составу аппаратных средств, так и по применяемым алго-

ритмам и методам. Решение этой проблемы может осуществляться в следующих направлениях:

- Применение инерциальных навигационных систем;
- Использование алгоритмов оценивания калмановского типа;
- Применение интегрированных решений для главных параметров траекторного движения ТС.

Способ высокоточного позиционирования

Суть предложенного способа состоит в том, что до начала движения ТС на основании картографической информации известная траектория движения ТС разбивается на участки, аппроксимируемые с заданной точностью ортодромическими отрезками, на которых существует функциональная связь между географическими координатами. При движении ТС по известному ортодромическому отрезку траектории по измерениям проекций скорости ТС в системе координат, жестко связанной с ТС, тремя ортогональными измерителями в вычислителе ТС вычисляется модуль его скорости. Далее текущее значение интеграла от модуля скорости подвергается нелинейному преобразованию, в результате которого формируется текущее значение широты ТС, на основании которого и функциональной связи между географическими координатами на ортодромии вычисляется текущее значение долготы ТС.

Рассмотрим существо данного способа более подробно. При решении задачи определения текущих координат ТС, движущегося по известной траектории, данная траектория на основании картографической информации (например, электронной карты) разбивается до начала движения на участки, аппроксимируемые с заданной точностью кратчайшими отрезками траектории между точками разбиения (т.н. ортодромическими отрезками).

В этом случае (т.е. на ортодромической траектории), во-первых, существует известная зависимость между текущими долготой λ и широтой ϕ объекта:

$$\lambda = \arcsin\left(\frac{tg\phi \sin(\lambda_1 - \lambda_0)}{\sqrt{tg^2\phi_0 + tg^2\phi_1 - 2tg\phi_0 tg\phi_1 \cos(\lambda_1 - \lambda_0)}}\right) - \arctg \frac{tg\phi_0 \sin \lambda_1 - tg\phi_1 \sin \lambda_0}{tg\phi_1 \cos \lambda_0 - tg\phi_0 \cos \lambda_1} = \arcsin(P \cdot tg\phi) - P_0, \quad (1)$$

где (λ_0, ϕ_0) , (λ_1, ϕ_1) – координаты начала и конца ортодромического отрезка, соответственно, а во-вторых, модуль скорости ТС $|V|$ может быть представлен как в [2]:

$$|V| = V_Y \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\frac{1}{1+P^2} - \sin^2 \varphi}},$$

где V_Y – проекция скорости ТС на ось OY географической системы координат.

Такое представление модуля скорости позволяет трансформировать известное навигационное уравнение изменения широты ТС

$$\dot{\varphi} = \frac{V_Y}{r+h},$$

где h – высота объекта над поверхностью Земли, r – радиус Земли, к виду

$$\dot{\varphi} = \frac{|V|}{\left\{ \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\frac{1}{1+P^2} - \sin^2 \varphi}} \cdot (r+h) \right\}},$$

легко интегрируемому разделением переменных:

$$(r+h) \cdot \int_{\varphi_0}^{\varphi} \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\frac{1}{1+P^2} - \sin^2 \varphi}} \cdot d\varphi = \int_{t_0}^t |V| dt.$$

Используя табличное значение интеграла [3] получаем:

$$\int_{\varphi_0}^{\varphi} \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\frac{1}{1+P^2} - \sin^2 \varphi}} d\varphi = \arcsin \left\{ (1+P^2)^{\frac{1}{2}} \sin \varphi \right\} - \arcsin \left\{ (1+P^2)^{\frac{1}{2}} \sin \varphi_0 \right\},$$

имеем зависимость широты ТС от модуля его скорости $\varphi(|V|)$:

$$\varphi = \arcsin \left\{ (1+P^2)^{\frac{1}{2}} \sin \left[\frac{\int_{t_0}^t |V| dt}{(r+h)} + \arcsin \left\{ (1+P^2)^{\frac{1}{2}} \sin \varphi_0 \right\} \right] \right\}. \quad (2)$$

Измерение модуля скорости ТС $|V|$ может быть осуществлено тремя ортогональными измерителями проекций скорости ТС (лазерными, радио-, оптикометрическими и др.), жестко связанными с корпусом ТС. Т.к. значение модуля скорости инвариантно выбору системы

координат (рис. 1), то угловое вращение ТС не влияет на процесс его измерения, что позволяет обойтись без датчиков угловой скорости и, тем самым, сократить состав измерительного комплекса по сравнению с традиционным.

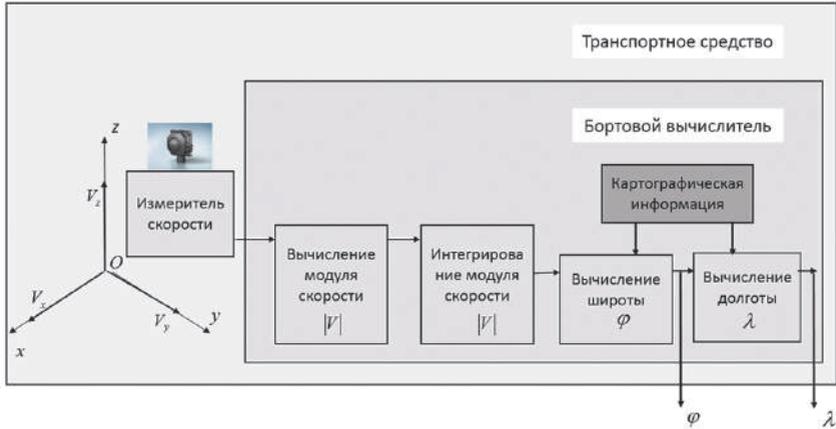


Рис. 1. Способ измерения координат

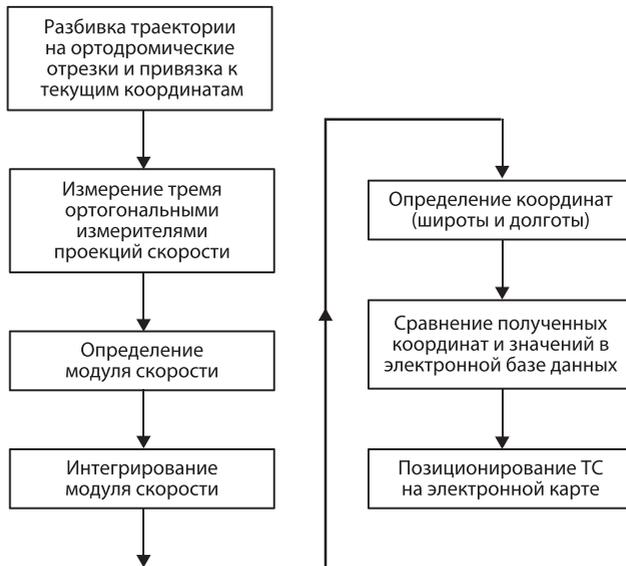


Рис. 2. Алгоритм позиционирования ТС

Таким образом, для реализации предложенного способа позиционирования ТС (рис. 2) на текущем ортодромическом отрезке осуществляется:

- измерение тремя ортогональными измерителями проекций скорости ТС V_x, V_y, V_z в системе координат, жестко связанной с ТС;
- вычисление и интегрирование модуля скорости ТС $|V| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$ в вычислителе ТС;
- вычисление текущего значения широты ϕ с использованием соотношения (2);
- вычисление текущего значения долготы λ с использованием соотношения (1).

Заключение

Предложенный способ позиционирования транспортных средств позволяет существенно сократить состав измерительного комплекса ТС (например, за счет отказа от использования измерителей параметров вращения) и объем навигационных вычислений (например, за счет исключения процедуры решения дифференциальных уравнений навигации и вращения объекта), а также позволяет повысить надежность позиционирования ТС по ходу его движения без участия ГНСС и предотвратить «скачки» отображения ТС на электронной карте или навигаторе. Данный способ нашел отражение в патенте, подготовленный специалистами АО «НИИАС», для применения его в составе средств позиционирования при автоматическом управлении поезда [4].

Список литературы

1. Охотников, А.Л. Ситуационное семиотическое управление / А.Л. Охотников, А.А. Павловский // Наука и технологии железных дорог. – 2020. – Т. 4. – № 3(15). – С. 53-62.
2. Соколов, С.В. Аналитические модели пространственных траекторий для решения задач навигации / С.В. Соколов // Прикладная математика и механика. – 2015. – Т. 79. – № 1. – С. 24-30.
3. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений / И.С. Градштейн, И.М. Рыжик // М.: Физматгиз, 1963. 1100 с.
4. Патент № 2689840 С1 Российская Федерация, МПК G01C 21/26. Устройство позиционирования транспортных средств: № 2018135641: заявл. 10.10.2018; опубл. 29.05.2019 / Ю.В. Дзюба, А.Л. Охотников, И.Н. Розенберг [и др.]; заявитель АО «НИИАС».

УДК 629.05



Иванов В.Ф.



Попов П.А.

Высокоточная система позиционирования железнодорожного подвижного состава

Ключевые слова:

железная дорога, система позиционирования подвижного состава, средства одометрии, цифровая модель пути

Современные тенденции повышения эффективности и безопасности управления железнодорожным подвижным составом (ПС), особенно беспилотного, в значительной степени опираются на данные о точном позиционировании ПС, позволяющем реализовать принцип координатного управления. При этом необходимо отметить, что под термином «позиционирование», понимается не только определение координат, но и совокупности других параметров. Во-первых, дополнительных параметров, описывающих кинематическое состояние ПС, таких как скорость, ускорение, ориентация, направление движения. То есть, в общем случае вектор кинематического состояния ПС содержит проекции координат в выбранной системе отсчета и ориентации, а также их пространственно-временные производные на фиксированный момент времени. Во-вторых, в процессе решения задачи позиционирования определяются информационные составляющие, такие как: номер пути/путевой секции или рельсовой цепи, ближайшие объекты железнодорожного пути и инфраструктуры (стрелочные перево-

ды, изостыки, счетчики осей, генераторы и приемники тональных рельсовых цепей, светофоры, знаки, границы платформ/станций и т.д.), а также расстояния до них.

На текущий момент нет документальных критериев, которые определяют пороговые значения погрешностей позиционирования, позволяющих относить систему позиционирования к точной или высокоточной. Поэтому использование такой характеристики как «точная/высокоточная» носит достаточно условный характер и связано со следующими аспектами.

С одной стороны – это сопоставление системы позиционирования ПС с глобальными навигационными спутниковыми системами (ГНСС), для которых характерна градация точности позиционирования в зависимости от режима функционирования. Стандартную точность связывают с режимом автономных навигационных определений с использованием сигналов (как правило стандартной точности) только спутников ГНСС, обеспечивающих метровую точность позиционирования (среднеквадратическую погрешность – СКП). Высокоточное позиционирование с сантиметровой и миллиметровой точностью обеспечивается относительным статическим и кинематическим режимами. Промежуточными точностными характеристиками, на уровне примерно 0,5-1 м (СКП) обладают локальный кодовый и широкозонный спутниковый (SBAS) дифференциальные режимы.

С другой стороны – это необходимость подчеркнуть, что в рамках стандартной точности автономного режима позиционирования с помощью ГНСС невозможно обеспечить решение прикладных задач (выполнение условий, требований):

- однозначное определение пути, на котором находится подвижной состав, с заданной степенью достоверности;
- определение расстояния до объекта пути или инфраструктуры с заданной точностью и достоверностью;
- прогноз изменения пространственного положения объектов, отслеживаемых системой технического зрения беспилотного подвижного состава.

Приблизительные оценки требований к точности позиционирования при решении прикладных задач показывают, что для выполнения первого и третьего условия с высокой степенью достоверности для множества параллельных путей необходимо обеспечить точность определения координат не более 0,5 м (СКП). Дополнительно для третьего условия необходимо определять скорость с точностью 0,03 м/с (СКП), а также ориентацию – 0,1 град (СКП). Наиболее жестким требованием относительно второго условия имеет задача точной

остановки на платформе электропоездов, которая требует жесткого ограничения верхнего предела погрешности на уровне 0,5 м с вероятностью не менее 0,9999.

Учитывая необходимость обеспечения практически гарантированной доступности решения задачи позиционирования независимо от условий ее функционирования, можно утверждать, что высокоточная система позиционирования, удовлетворяющая указанным требованиям должна представлять собой интегрированную систему, комплексирующую данные от различных навигационных сенсоров (датчиков).

В большей степени состав навигационных датчиков, применяемый для решения задачи высокоточного позиционирования ПС является традиционным – это навигационная аппаратура потребителей (НАП) глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), датчик пути и скорости (ДПС), инерциальные навигационные модули/системы (ИНС), генераторы САУТ и генераторы рельсовый цепей. Но необходимо отметить, что в беспилотном ПС имеется возможность реализации дополнительных навигационных датчиков, в зависимости от состава сенсоров технического зрения – это могут быть визуальный, лидарный, радиолокационный одометры, принцип функционирования которых основан на алгоритмах *SLAM (simultaneous localization and mapping)*. Кроме того, неотъемлемым элементом современной высокоточной системы позиционирования является цифровая модель пути, содержащая геопространственные данные о путевом развитии и путевой инфраструктуре. Каждый тип навигационного датчика обладает достоинствами и недостатками, которые учитываются при комплексировании в интегрированной системе. Отметим ряд основных, существенных особенностей навигационных датчиков.

Навигационная аппаратура ГНСС

Современные ГНСС и их функциональные дополнения, открытые и коммерческие сервисы, обеспечивают практически весь спектр решаемых задач в железнодорожной отрасли, где требуется определение координатной информации, скорости и ориентации. Это связано в первую очередь с распространением высокоточных режимов (рис.1) – дифференциального (локального, регионального, широкозонного), относительного, особенно кинематики реального времени (*Real-time kinematic – RTK*), высокоточного абсолютного определения (*Precise Point Positioning – PPP*). Для обеспечения высокоточного позиционирования и ориентации ПС наиболее пер-

спективным и в настоящее время активно внедряемым является *RTK*. Это обусловлено тем, что технология *RTK* является хорошо апробированной и практически отлаженной, наличием стандартов обеспечивающих рекомендациями по реализации этого режима, доступной стоимостью НАП с *RTK*. Последнее обстоятельство существенно расширило сферу практического использования этого режима, которая ранее ограничивалась топогеодезическим обеспечением и экспериментальными работами позиционирования транспортных средств.



Рис. 1. Режимы высокоточных навигационных определений НАП ГНСС

Достоинствами, обеспечиваемыми ГНСС являются:

- полный кинематический вектор (координаты, скорость, направление движения, ориентация);
- высокая точность определения координат, скорости и ориентации;
- координаты в глобальных системах координат;
- глобальность.

Как известно недостатками навигационной аппаратуры ГНСС являются:

- низкая помехоустойчивость к радиопомехам;
- отсутствие автономности, т.е. зависимость работоспособности от инфраструктуры ГНСС, орбитальной группировки навигационных космических аппаратов и наземного комплекса управления;

- ограничение локальной доступности, которое проявляется в снижении точности или отсутствии возможности позиционирования при проезде под мостами, эстакадами, в тоннелях, в районах с плотной застройкой или горной местности, что в свою очередь обусловлено ограниченной радиовидимостью навигационных космических аппаратов.

Инерциальные навигационные системы

Инерциальные навигационные системы, измеряющие линейные ускорения и угловые скорости относительно трех ортогональных осей обладают такими достоинствами как:

- сохранение точности на ограниченных интервалах времени;
- автономность;
- помехоустойчивость;
- потенциальная возможность оценивания полного кинематического вектора (при наличии исходного состояния).

Основным недостатком ИНС является накопление погрешности оцениваемых параметров во времени, что ограничивает временной интервал валидности навигационных данных ИНС для решения задач позиционирования. В зависимости от класса ИНС величина этого интервала существенно варьируется. Для беспилотного ПС величина такого интервала определяется временем его прохождения под мостами, эстакадами, нахождения в тоннеле (т.е. в местах ограничения доступности использования ГНСС) и т.п. Для применения в беспилотном ПС наиболее подходят бесплатформенные ИНС (БИНС) промышленного или тактического класса на базе прецизионных микроэлектромеханических систем (МЭМС) или волоконно-оптических гироскопов (ВОГ). БИНС на базе МЭМС – это устройства более низкого класса точности определения угловых скоростей и чувствительности к изменению углов, по сравнению с ВОГ. Однако, доступные современные разработки БИНС на базе МЭМС показывают сопоставимые характеристики, различие в которых не столь принципиально для решения прикладных задач позиционирования ПС, при существенно более низкой цене.

Колесные датчики пути и скорости (колесная одометрия)

В колесной одометрии источником данных пути и скорости может выступать как непосредственно датчик угла поворота, так и реализуемые на его основе скоростемеры и одометры. Достоинством этих устройств является автономность и помехоустойчивость. Они выдают данные о линейной скорости и пройденном пути, при этом погреш-

ность счисления пути может достаточно быстро нарастать. Поэтому его применение как полностью самостоятельного источника данных для использования в системе высокоточного позиционирования ПС невозможно. Непосредственное использование данных от датчика угла поворота, кроме того, связано с необходимостью дополнительного контроля влияния на показания измерений юза и боксования, точного знания диаметра бандажа, а также учета прохождения ПС в кривых.

Визуальная, лидарная, радиолокационная одометрия

Основным элементом беспилотного ПС является система технического зрения, в состав сенсоров которой входят видеокamеры видимого и инфракрасного диапазонов, лидары и радиолокационные датчики. Поэтому при наличии вычислительного ресурса возможна реализация SLAM алгоритмов для определения параметров движения – изменения положения и ориентации. Соответственно, одометрия основанная на обработке последовательности данных таких сенсоров схожа с инерциальными системами, как по составу выходных данных, так и накапливающейся погрешности, связанной с принципом функционирования.

Основным достоинством одометрии рассматриваемого типа является высокая точность измерения изменений параметров ориентации и положения (малая величина случайной погрешности), что делает его весьма привлекательным для использования, как альтернативу БИНС. Однако, имеются и недостатки, которые во многом связаны с работой в открытом (окружающем) пространстве:

- значительная подверженность влиянию внешних факторов на работоспособность алгоритмов (для визуальной одометрии видимого диапазона – это темное время суток, метеорологические условия ухудшающие возможность наблюдения окружающей обстановки, частичный или полный закат изображения, движение составов по соседним путям);
- для лидарной одометрии – малое число точек (низкая пространственная плотность точек) в одном кадре (скане), что требует значительного времени накопления лидарных точек от множества сканов и соответствующей компенсации движения ПС (что непосредственно компенсируется SLAM алгоритмом) рисунок 2;
- для радарной одометрии – большое число случайных переотражений от подстилающей поверхности, окружающих предметов и объектов;
- для визуальной одометрии – сложность вычисления реальных пространственных перемещений по моноизображениям, что

- обуславливает необходимость обработки стереоизображений и соответственно больших вычислительных ресурсов;
- значительные вычислительные ресурсы на реализацию алгоритмов в реальном масштабе времени.

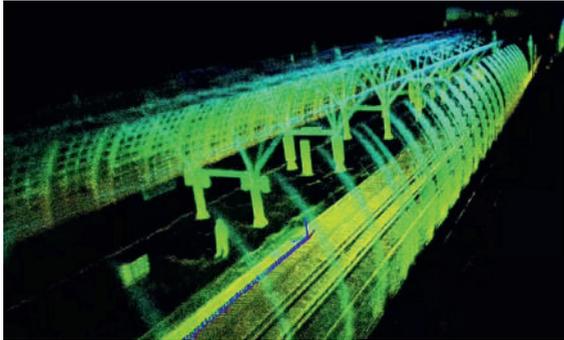


Рис. 2. Трехмерное изображение (карта) станции МЦК сформированное алгоритмом лидарного SLAM

Позиционирование по реперным объектам

Определение абсолютных координат ПС возможно относительно известного положения реперных объектов железнодорожной инфраструктуры, таких как опоры контактной сети, осветительные мачты, светофоры (рис. 3). Для этого необходимо по данным лидара, радиолокатора или стереокамеры решить задачу обнаружения и сопровождения таких объектов с измерением до них дальности (рис. 4). Далее, в соответствии с дальномерным методом, по избыточным измерениям, решается классическая обратная задача по вычислению координат методом наименьших квадратов или с помощью фильтра Калмана.

Достоинства метода:

- позиционирование в глобальной системе координат;
- нет накапливающихся со временем погрешностей (погрешность зависит только от точности измерений дальности и координат реперных объектов, а также от количества одновременно наблюдаемых реперов);
- автономность, что делает альтернативой НАП ГНСС и БИНС;
- возможность работы в любых условиях, где наблюдаются реперные объекты (отсутствуют проблемы по доступности собственные ГНСС).



Рис. 3. Реперные объекты на трехмерном изображении лидарного сканирования

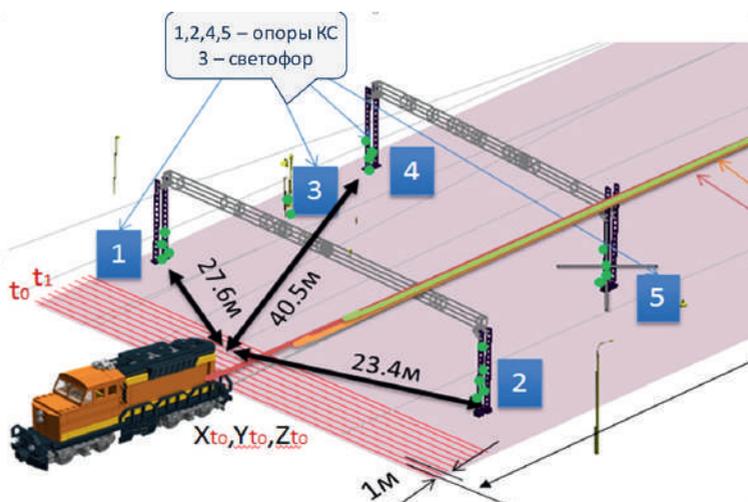


Рис. 4. Измерение дальностей до реперных объектов при определении координат

Недостатками является:

- более низкая точность позиционирования по сравнению с RTK режимом функционирования НАП ГНСС;
- значительные вычисленные ресурсы необходимые для обнаружения и слежения за реперными объектами;
- невозможность прямых измерений скорости и ориентации.

В настоящий момент неизвестно примеров практической реализации такого метода на железнодорожном транспорте. Однако, в виду значительных достоинств представляет интерес для беспилотного ПС.

Цифровая модель пути

Применение ЦМП (рисунок 5) в составе системы высокоточного позиционирования имеет несколько аспектов.

Во-первых, ЦМП является источником априорной информации о точном путевом развитии, которое описывает конечное множество траекторий движений ПС и соответственно должна использоваться для получения результирующих оценок координат и ориентации ПС по результатам наблюдения навигационных данных навигационных датчиков. Это обеспечивает повышение точности результатов оценивания и устойчивость по отношению к погрешностям и пропускам входных данных. Непосредственное использование априорной информации возможно на уровне:

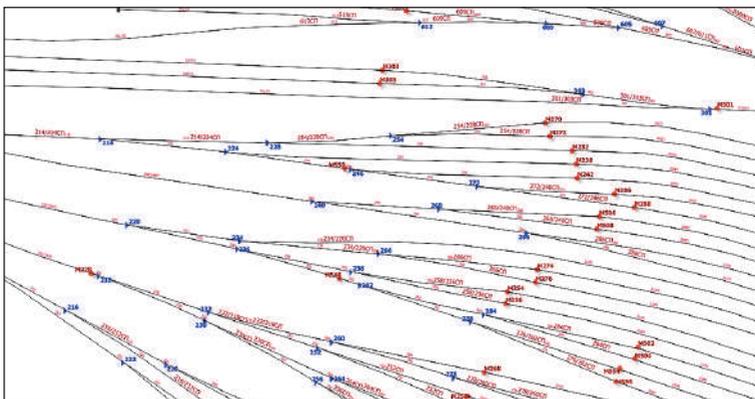


Рис. 5. Участок ЦМП ст. Лужская-Сортировочная

- комплексирования данных о направлении движения и ориентации оси пути в фильтре интегрированной системы;
- ограничения оценки координат ПС в соответствии с координатами оси пути (т.е. привязка координат к оси пути – *англ. Map matching*, рис.6), что в дальнейшем позволяет оценивать точность позиционирования и снизить скорость накопления погрешностей БИНС в отсутствии данных ГНСС;
- управления функционированием фильтра в части используемой модели траектории движения.

Во-вторых, ЦМП позволяет формировать информацию о номере пути, линейных координатах, прохождении по стрелкам, расстояний до светофоров, стрелок, платформ и т.д.

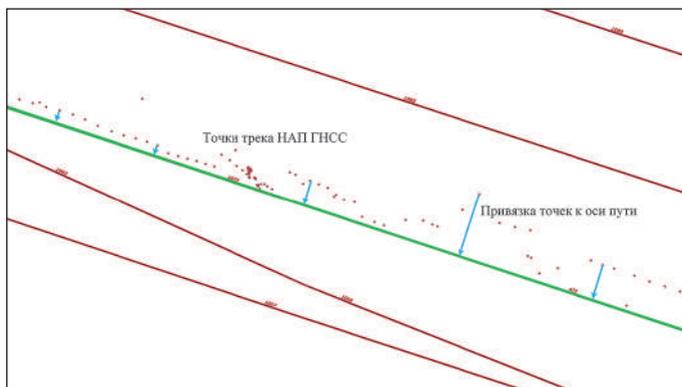


Рис. 6. Привязка координат к оси железнодорожного пути ЦМП

В-трейх, является источником координатной информации объектов для решения задачи позиционирования относительно реперных объектов.

Основным требованием к составлению ЦМП является достаточно высокая точность определения координат точек пути и объектов инфраструктуры, которая должна быть значительно выше, чем требуемая точность системы позиционирования в целом.

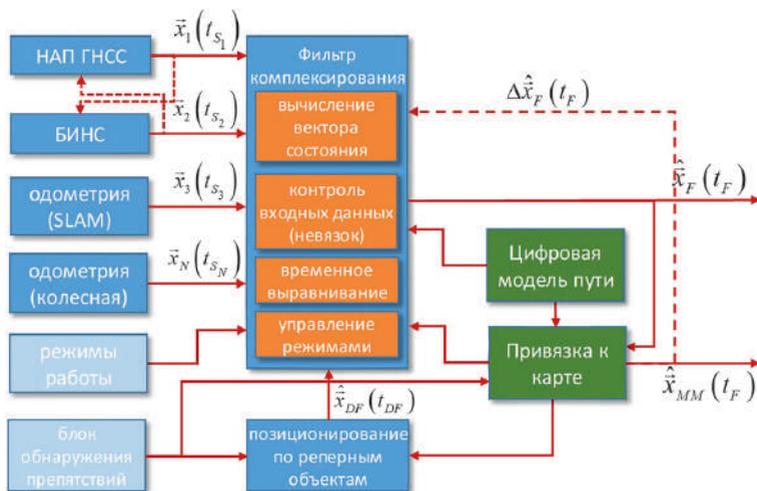


Рис. 7. Обобщенная структура интегрированной высокоточной системы позиционирования ПС

Принципы построения интегрированной системы

Обобщенная структура интегрированной высокоточной системы позиционирования ПС (бортовой части, без базовых станций ГНСС) приведена на рисунке 7. Основными особенностями, которые возникают при разработке интегрированной системы с учетом характеристик датчиков, используемых в ПС являются:

- невозможность внесения изменений в датчик в общем случае приводит к возможности реализации только централизованной, разомкнутой или слабосвязанной схемы комплексирования;
- необходимость учета асинхронности данных датчиков (разных джиттеров и частот, в общем случае некратных), что значительно может осложнить принцип функционирования интегрированной системы в части предварительного временного «выравнивания» входных данных;
- необходимость учета указанных аспектов применения ЦМП;
- необходимость контроля валидности данных датчиков, смены режимов работы ПС.
- Непосредственно реализация фильтра рациональна в двух возможных вариантах: расширенного или сигма-точечного.

Выводы

В статье кратко рассмотрены основные особенности интегрированной высокоточной системы позиционирования подвижного состава, в которую наряду с традиционными навигационными датчиками могут входить средства визуальной, лидарной и радиолокационной одометрии, принцип функционирования которых основан на использовании алгоритмов SLAM. Также отмечается, что неотъемлемой частью высокоточной системы позиционирования является ЦМП.



Духин С.В.



Зубков С.А.

Пространственно-ориентированная информация в системах управления земельными участками и объектами недвижимости

Ключевые слова:

кадастровый учет, пространственно-временная информация, земельные ресурсы, геоинформационные технологии

Система кадастрового учета и государственной регистрации недвижимости являются одним из важнейших государственных институтов. Данная система призвана осуществлять учет земельных ресурсов на территории Российской Федерации.

Система управления имущественным комплексом ОАО «РЖД», разработана с применением геоинформационных технологий. Геоинформационная компонента системы управления имущественным комплексом получила название «Геоинформационная база данных земельных участков и объектов недвижимости» (ГБД ЗУОН).

Исходные данные ГБД ЗУОН получены из следующих составляющих, перечисленных в порядке снижения степени их достоверности:

- спутниковые снимки;
- векторные данные сплошной инвентаризации, полученные в результате инженерно-геодезических работ;
- векторные данные адресной инвентаризации, полученные в результате инженерно-геодезических работ;

- каталоги координат земельных участков;
- сканированные ситуационные планы;
- векторные данные, полученные в результате расформирования производственно-технологических комплексов (ПТК).

Доля снимков сейчас составляет около 4% полосы отвода (плюс около 2 млн. га территории крупных городов), тем не менее спутниковые снимки и улично-дорожная сеть позволяют уточнить местоположение объектов. В частности, объекты учреждений здравоохранения и образования ранее были размещены рядом с ближайшими станциями, там же размещались объекты, представленные неполными ситуационными планами. С появлением снимков их недостоверное местоположение становится очевидным и требует существенной корректировки базы данных.

Спутниковые снимки также позволяют провести актуализацию объектов, ранее не представленных на карте.

Доля векторных данных сплошной инвентаризации, полученных в результате инженерно-геодезических работ, составляют около 26% полосы отвода. Эти данные также позволяют провести первичную объектов, ранее не представленных на карте. Несмотря на точность геометрических параметров графических объектов, полученных на основе инженерно-геодезических работ, этот источник по степени актуальности уступает спутниковым снимкам, так как данного рода работы затратные и выполняются крайне редко, кроме того, как правило, в местной системе координат.

Актуализация данных ГБД ЗУОН включает 2 аспекта.

1. Установление соответствия между графическими объектами ГБД ЗУОН и их описанием в системе управления имуществом комплексом ОАО «РЖД». Проблема заключается в неоднозначной трактовке объекта имущественного комплекса в разных системах: различие границ, принадлежности, пространственных характеристик, названия, состава.
2. Установление соответствия между представлением объекта в системе учета ОАО «РЖД» и Кадастре Росреестра.

Рассмотрим способ актуализации пространственно-ориентированных данных о земельных участках и объектах недвижимости ОАО «РЖД», находящихся в ГБД ЗУОН.

Исходная информация для наполнения ГБД ЗУОН была получена из землеустроительных и межевых дел, а также технических паспортов на объекты недвижимости, созданных в результате технической инвентаризации, проведенной в упрощенном варианте в соответ-

ствии с «Особым порядком подготовки технической документации на объекты недвижимости железнодорожного транспорта, вносимые в уставный капитал ОАО «РЖД», утвержденным приказом Госстроя России от 19.09.2003 № 356.

С течением времени информация в ГБД ЗУОН теряет актуальность. В связи с этим были разработаны и применены механизмы корректировки данных. Однако, ввиду целого ряда обстоятельств, существуют расхождения между расположением объектов на местности и их изображением на плане. Для выявления и устранения таких несоответствий, а также для выяснения причин их появления разработана технология актуализации данных ГБД ЗУОН на основе использования спутниковых снимков высокого разрешения (ССВР), аэрофотосъемки и ортофотопланов, полученных методом дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в том числе, с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Для осуществления актуализации данных ГБД ЗУОН необходимо обеспечение проведения механизмов мониторинга и контроля состояния объектов имущества ОАО «РЖД» на выбранном полигоне.

Задача мониторинга состояния объектов имущества ОАО «РЖД» состоит в отслеживании изменений географических параметров и взаимного расположения этих объектов.

Изменения географических параметров и взаимного расположения объектов могут быть в результате:

- реконструкций станций и участков:
 - удлинения железнодорожных путей;
 - добавления железнодорожных путей;
 - переноса горловин станций;
 - электрификации путей;
 - демонтажа путей и т.п.;
- капитального строительства:
 - ввода в эксплуатацию новых зданий и сооружений;
 - пристройки к зданиям;
 - реконструкции зданий и сооружений;
 - сноса зданий и сооружений и т.п.;
- пересечения железнодорожных полотна сторонними организациями:
 - линиями электропередач;
 - путепроводами и т.п.;
- хозяйственной деятельности смежных землепользователей:
 - нецелевого использования земель полосы отвода;
 - несанкционированной застройки полосы отвода;

- воздействия природных явлений:
 - оползней, водотоков, паводков, наводнений и т.п.;
 - расширения площадей лесонасаждений.

Задача контроля использования полосы отвода железной дороги в части использования земельных участков, размещения искусственных сооружений железнодорожной инфраструктуры, состояния защитных лесонасаждений и ограждений пути, а также контроля габаритов приближения искусственных и природных объектов к железнодорожным путям состоит в отслеживании изменений географических параметров и взаимного расположения этих объектов.

Реализация предлагаемой технологии состоит из двух этапов:

1. Разработка технологии первоначального занесения данных ДЗЗ в ГБД ЗУОН.
2. Разработка технологии актуализации данных ГБД ЗУОН на основе периодически обновляемых данных ДЗЗ.

Первый этап проводится только на начальной стадии актуализации и состоит из следующих технологических подпунктов:

- получение данных дистанционного зондирования требуемого разрешения;
- обработка снимков, привязка их к карте ГБД ЗУОН;
- создание непрерывной цифровой растровой карты, основанной на снимках ДЗЗ;
- привязка координат данных, имеющихся в ГБД ЗУОН, к координатам объектов на растровой карте, построенной на основе данных ДЗЗ;
- установление соответствия объектов ГБД ЗУОН с данными на растровой карте, построенной на основе данных ДЗЗ;
- выделение несоответствий на карте и анализ причин их возникновения;
- устранение несоответствий.

Второй этап является периодическим и состоит из следующих технологических подпунктов:

- получение обновленных данных ДЗЗ;
- обработка снимков, привязка обновленных данных ДЗЗ к карте ГБД ЗУОН;
- выделение несоответствий на карте и анализ причин их возникновения;
- устранение несоответствий.

Кроме того, предлагаемая технология позволяет

- одновременно провести инвентаризацию объектов недвижимого имущества ОАО «РЖД» посредством визуализации объектов с применением геоинформационных и спутниковых технологий;

- выявить неучтенные объекты ОАО «РЖД» и, как следствие, выявить непрофильные или используемые не по назначению объекты;
- отобразить зоны ведения инвестиционных проектов ОАО «РЖД»;
- отобразить прилегающие к полосе отвода объекты инфраструктуры (улично-дорожная сеть, здания вне полосы отвода и др.).

Загрузка растров в ГБД ЗУОН может производиться как вручную, так и в автоматизированном режиме. Для этого необходима информация о точках привязки углов растровых изображений и используемой системе координат. Такая информация содержится, например, в tab-файлах формата MapInfo с описаниями растров (рис. 1).

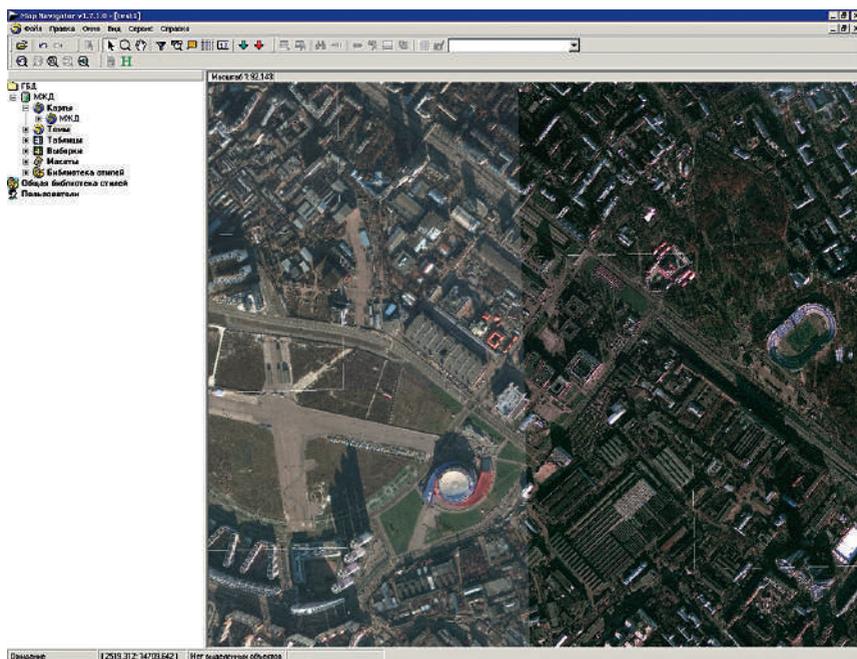


Рис. 1. Снимки в редакторе ГБД ЗУОН

Затем на основании идентификации объектов на растрах и в ГБД ЗУОН средствами редактора ГБД ЗУОН производится привязка координат данных, имеющих в ГБД ЗУОН, к глобальным ортогональным координатам спутниковых снимков. В результате проведенных операций имеется основанная на снимках растровая подложка и наложенная на растры актуальная на текущий момент векторная карта ГБД ЗУОН в глобальных координатах (Рис. 2).

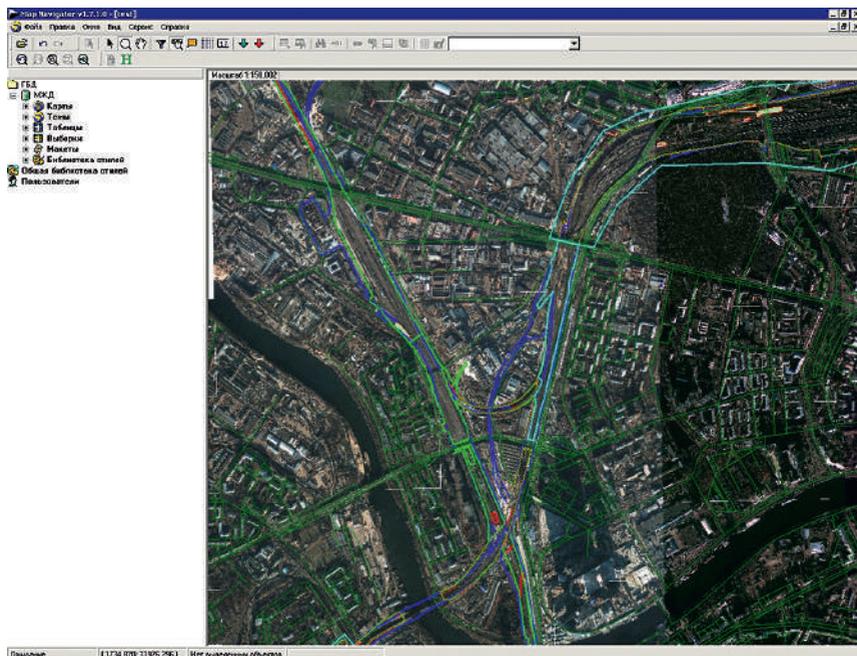


Рис. 2. Векторные данные ГБД ЗУОН на растровой подложке

Второй аспект актуализации пространственно-ориентированной информации ГБД ЗУОН заключается в установлении соответствия между представлением объекта в системе учета ОАО «РЖД» и Кадастре Росреестра.

В настоящее время Росреестр предоставляет возможность на безвозмездной основе получения электронных версий данных Государственного кадастра недвижимости (ГКН) и данных Единого государственного реестра прав на недвижимое имущество и сделок с ним (ЕГРП), входящих в состав Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН), подписанных цифровой подписью. В кадастровых выписках о земельных участках и кадастровых выписках об объектах капитального строительства содержится полная (атрибутивная и пространственная) кадастровая информация об объектах. Эта информация, в отличие от информации, получаемой в рамках бесплатных сервисов, является официальной, актуальной и может использоваться для графического отображения объектов на карте, а также для обновления атрибутивных данных.

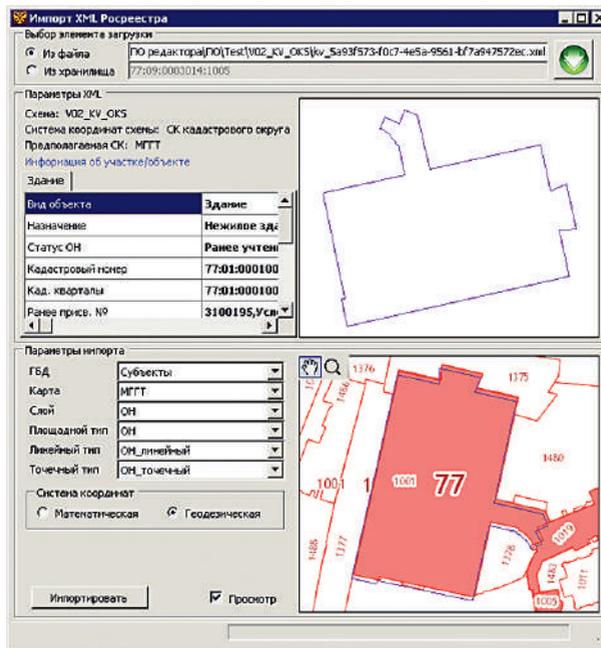
Для получения данных о земельных участках и объектах недвижимости из ЕГРН с целью актуализации данных ГБД ЗУОН, а также для использования полученной информации в качестве исходной при выполнении кадастровых работ структурными единицами ОАО «РЖД» используется импорт сведений (кадастровых выписок) об объектах недвижимости из ЕГРН в обменном XML-формате (рис. 3). Программное обеспечение, используемое для поддержки импорта выписок, а также передаче подготовленной документации в электронном виде в органы Росреестра для регистрации, имеет следующую функциональность:

- поддержку определенных XML-форматов файлов, удостоверяемых электронной цифровой подписью (ЭЦП);
- импорт кадастровых выписок в соответствии с описанными XML-схемами;
- анализ соответствия структуры загружаемых данных требованиям Росреестра;
- загрузку в оперативную память данных XML-файлов с просмотром графической и семантической информации;
- показ системы координат графических данных, указанной в XML-файле;
- анализ данных полученных из XML-файла и определение фактической системы координат графических объектов;
- выбор слоя и типов объектов;
- возможность изменения типа системы координат импортируемых графических объектов (математическая/геодезическая) в случае несоответствия типа системы координат XML-файла требованиям Росреестра;
- добавление графических объектов, полученных в результате импорта кадастровых выписок, межевых и технических планов;
- анализ наличия определенных таблиц заданной структуры для обеспечения корректного импорта семантических данных XML-документа;
- добавление в таблицы семантических данных, полученных в результате импорта кадастровых выписок, межевых и технических планов.

При загрузке должна проверяться корректность XML-документа на соответствие утвержденной структуре.

Кадастровая выписка об объекте недвижимости представляет собой выписку из государственного кадастра недвижимости, содержащую запрашиваемые сведения об объекте недвижимости.

Межевой план представляет собой документ, который составлен на основе кадастрового плана соответствующей территории или кадастровой выписки о соответствующем земельном участке и в котором воспроизведены определенные внесенные в государственный кадастр недвижимости сведения и указаны сведения об образуемых земельном участке или земельных участках, либо о части или частях земельного участка, либо новые необходимые для внесения в государственный кадастр недвижимости сведения о земельном участке или земельных участках.



2. Духин С.В., Ильин А.В., Бондарец В.А. Единая геоинформационная система инфраструктуры ОАО «РЖД»././ 3-я международная конференция «Геопространственные технологии и сферы их применения», Москва, 14-15 марта 2007 года. Материалы конференции. – М.: Информационное агентство «ГРОМ», 2007
3. Духин С.В., Ильин А.В. Геоинформационная база данных земельных участков и объектов недвижимого имущества ОАО «РЖД»: состояние и планы развития././ Восьмая научно-практическая конференция «Безопасность движения поездов». Труды. Часть 1. 1-2 ноября 2008 г. Москва
4. Духин С.В., Ильин А.В., Курманов А.Н. Создание геоинформационной базы данных земельных участков и объектов недвижимости ОАО «РЖД» 2-й очереди и перспективы развития в части интеграции с системой управления имущественным комплексом на базе ЕК АСУФР-2 на платформе MY SAP ERP 2005././ «ИНФО-ТРАНС-2008», 15-17 октября, Санкт-Петербург, 2008



Охотников А.Л.



Соколов С.В.



Полякова М.В.

Оценка навигационных параметров локомотива на основе адаптивного фильтра Калмана

Ключевые слова:

фильтр Калмана, оценка вектора состояния, адаптивные методы оценивания, комплексированные измерительные системы

Введение. Сегодня одним из наиболее эффективных методов обработки измерительной информации является подход к оценке состояния стохастических систем на основе фильтра Калмана, который обеспечивает оптимальную ошибку оценивания состояния системы [1]. При использовании фильтра Калмана строгая оптимальность достигается только при условии точного задания параметров системы (наблюдаемого объекта). В реальных условиях эксплуатации параметры наблюдаемого объекта зачастую известны неточно, что приводит к расходимости процесса оценивания и требует обеспечения необходимой точности оценивания. В настоящее время решение этой проблемы осуществляется в следующих направлениях:

- использованием расширенного за счет неизвестных параметров фильтра Калмана [2, 3];
- применением алгоритмов нечеткой логики для подавления неопределенных возмущений параметров системы [4];
- использованием дополнительного оценивающего наблюдателя, построенного на основе методов нелинейного программирования [7];

- проектированием интервальных наблюдателей для систем с переменными неопределенными параметрами, вариации которых ограничены известными интервалами [5, 6];
- масштабированием коэффициента усиления наблюдателя, обеспечивающим робастность процесса оценивания [8];
- применением интегрированных нейронных сетей, обеспечивающих нечувствительность фильтра Калмана к неопределенностям параметров системы [3, 9] и др.

Применение данных подходов дает эффект, как правило, для какой-либо конкретной технической системы, что вполне объяснимо их существенно нелинейным характером и сложностью динамики оцениваемых параметров состояния. Поэтому целесообразна их разработка для конкретного класса информационно-управляющих систем, например, класс комплексированных измерительных систем. Обработка измерений в данных системах производится на основе показаний датчиков средней (или низкой) точности, которые формируют текущие первичные измерения, а также высокоточных датчиков, показания которых необходимы для коррекции первичных измерений.

Сегодня подобная коррекция производится, в основном, непосредственной заменой текущих оценок навигационных (или других) переменных соответствующими их точными измерениями без изменения параметров алгоритма оценивания. Очевидно, что при таком подходе рост ошибок оценивания на временном интервале, определенном моментом следующего точного измерения, не уменьшается, а оценить погрешности определения параметров самого объекта принципиально невозможно.

В связи с изложенным, рассмотрим далее возможность использования точных наблюдений, поступающих в комплексированную систему измерения, для построения адаптивного алгоритма оценки реальных параметров наблюдаемого объекта. Что, в свою очередь, позволит на временных интервалах между точными наблюдениями существенно повысить точность и устойчивость процесса оценивания вектора состояния системы калмановским фильтром в целом [10].

Постановка задачи. Т.к. точные наблюдения производятся в дискретные моменты времени, то далее рассмотрим адаптацию процесса оценивания вектора состояния стохастической системы для дискретного случая

$$\xi_{i+1} = \Phi_{i+1/i} \xi_i + W_{i+1}, \quad \xi(0) = \xi_0 \quad (1)$$

где ξ_i – N -мерный вектор состояния в дискретный момент времени i ;
 $\Phi_{i+1/i}$ – переходная матрица состояний размерности $N \times N$;

W_{i+1} – N -мерный вектор белых гауссовских центрированных шумов объекта с известной матрицей интенсивностей $G_{i+1} \cdot \delta_{i+1,j+1}$ (δ_{ij} – дельта-функция Кронекера), когда вектор выходных сигналов измерителя описывается уравнением

$$z_{i+1} = H_{i+1} \xi_{i+1} + V_{i+1} \quad (2)$$

где z_{i+1} – M -мерный вектор измерений,

H_{i+1} – матрица измерений размерности $M \times N$,

V_{i+1} – M -мерный вектор белых гауссовских центрированных помех измерения с матрицей интенсивностей $R_{i+1} \cdot \delta_{i+1,j+1}$.

В этом случае оценка вектора состояния осуществляется оптимальным дискретным фильтром Калмана [1, 10, 11]:

$$\begin{aligned} \hat{\xi}_{i+1} &= \Phi_{i+1/i} \hat{\xi}_i + K_{i+1} \left(z_{i+1} - H_{i+1} \Phi_{i+1/i} \hat{\xi}_i \right), \quad (3) \\ K_{i+1} &= P_{i+1/i} \cdot H_{i+1}^T \left(H_{i+1} \cdot P_{i+1/i} H_{i+1}^T + R_{i+1} \right)^{-1}, \\ P_{i+1/i} &= \Phi_{i+1/i} P_i \Phi_{i+1/i}^T + G_{i+1}, \\ P_{i+1} &= (E - K_{i+1} H_{i+1}) P_{i+1/i}, \\ \hat{\xi}_0 &= M(\xi_0), \quad P_0 = M \left\{ \left(\xi_0 - \hat{\xi}_0 \right) \left(\xi_0 - \hat{\xi}_0 \right)^T \right\}. \end{aligned}$$

Как видно из уравнений (3), ошибка $\delta\Phi$ в определении матрицы состояний $\Phi_{i+1/i}$ существенно нелинейно влияет на погрешность формирования апостериорной матрицы, а также, как следствие, на погрешность коэффициента усиления, и на ошибку определения невязки в уравнении оценки. По существу, поиск истинных значений матрицы $\Phi_{i+1/i}$ по точным наблюдениям вектора состояния системы представляет собой решение обратной задачи динамики, которая в силу существенно нелинейной зависимости вектора калмановской оценки от матрицы состояний при использовании существующих итеративных процедур решения систем нелинейных уравнений приводит к вычислительным затратам, нереализуемым в реальном времени. Для возможности разработки эффективного вычислительного адаптивного алгоритма оценки состояния системы в условиях неопределенности матрицы состояний сделаем два допущения – полагаем, что на интервале между точными измерениями ошибка $\delta\Phi$ в определении матрицы состояний постоянна и ее вариациями второго порядка малости $\delta^{(2)}\Phi$ можно пренебречь. Это позволяет использовать для дальнейших построений аппарат исследования возмущенных многомерных линейных систем, разработанный в [12] и дополненный в [13]. Перед началом решения определим также,

следуя [12], для произвольной матрицы A размерности $m \times n$ вектор-столбец $A^{(v)}$, формируемый из ее элементов следующим образом:

$$A^{(v)} = \left[a_{11} a_{21} \dots a_{m1} a_{12} a_{22} \dots a_{m2} \dots a_{1n} a_{2n} \dots a_{mn} \right]^T$$

Данное преобразование используем далее для ответствующей трансформации матриц, входящих в (3), с целью векторной записи ошибки оценки возмущенной системы.

Решение задачи. На первом шаге запишем предварительно уравнение ошибки фильтра (3), вызванной возмущением $\delta\Phi$. В общем виде уравнение возмущенного фильтра Калмана было получено ранее в [12, 13], поэтому трансформируем его для исследуемого случая с учетом только возмущения $\delta\Phi$:

$$\delta\hat{\xi}_{i+1} = A_{(1)i+1}\delta\hat{\xi}_i + A_{(2)i+1}\delta H^{(v)} + A_{(3)i+1}\delta P_i^{(v)}, \quad (4)$$

где

$$A_{(1)i+1} = (E - K_{i+1}H_{i+1})\Phi_{i+1/i};$$

$$A_{(2)i+1} = \left(\hat{\xi}_i + P_i\Phi_{i+1/i}^T H_{i+1}^T S^{-1}r \right)^T \otimes (E - K_{i+1}H_{i+1}) + \\ + (E - K_{i+1}H_{i+1})\Phi_{i+1/i}P_i \otimes r^T S^{-1}H_{i+1};$$

$$A_{(3)i+1} = r^T S^{-1}H_{i+1}\Phi_{i+1/i} \otimes (E - K_{i+1}H_{i+1})\Phi_{i+1/i};$$

$$S = H_{i+1}P_{i+1/i}H_{i+1}^T + R_{i+1}, \quad r = z_{i+1} - H_{i+1}\Phi_{i+1/i}\hat{\xi}_i,$$

\otimes – символ блочного произведения, E – единичная матрица.

Векторная случайная составляющая $\delta P_i^{(v)}$, входящая в правую часть (4), в свою очередь, также зависит от флюктуаций матрицы состояний, в связи с чем, опираясь на результаты, полученные в [13], запишем уравнение, описывающее вектор $\delta P_i^{(v)}$, для рассматриваемого случая (с учетом только возмущения $\delta\Phi$):

$$\delta P_i^{(v)} = B_{(1)i}\delta P_{i-1}^{(v)} + B_{(2)i}\delta\Phi^{(v)}, \quad (5)$$

где $\delta P_0^{(v)}$ – вектор ошибок определения элементов матрицы априорной ковариации (равен 0);

$$B_{(1)i} = [(E - K_i H_i)\Phi_{i/i-1}E_{\nu 1} \otimes (E - K_i H_i)\Phi_{i/i-1}] \hat{\otimes} E^{(v)};$$

$$B_{(2)i} = [(E - K_i H_i)\Phi_{i/i-1}P_{i-1}E_{\nu 1} \otimes (E - K_i H_i)] \hat{\otimes} E^{(v)} + \\ + [(E - K_i H_i)E_{\nu 2} \otimes (E - K_i H_i)\Phi_{i/i-1}P_{i-1}] \hat{\otimes} E^{(v)};$$

$$E_{V_1} = | E_n^{(1)} \otimes E_{m(1)} \vdots E_n^{(2)} \otimes E_{m(1)} \vdots \dots \vdots E_n^{(n)} \otimes E_{m(m)} |$$

$E_K^{(j)}$ – j -я строка единичной матрицы E размерности $k \times k$;

$E_{K(j)}$ – j -й столбец;

$$E_{V_2} = | E_{n(1)} \otimes E_m^{(1)} \vdots E_{n(2)} \otimes E_m^{(1)} \vdots \dots \vdots E_{n(n)} \otimes E_m^{(1)} \vdots \\ \vdots E_{n(1)} \otimes E_m^{(2)} \vdots \dots \vdots E_{n(n)} \otimes E_m^{(m)} |$$

Учитывая очевидные рекуррентные соотношения, которые вытекают из (5), выражения вектора $\delta P_i^{(v)}$ для каждого момента времени i , начиная с начального, можно записать как:

$$\delta P_1^{(v)} = B_{(1)} \delta P_0^{(v)} + B_{(2)} \delta \Phi^{(v)} = B_{(2)} \delta \Phi^{(v)};$$

$$\delta P_2^{(v)} = B_{(1)2} \delta P_1^{(v)} + B_{(2)2} \delta \Phi^{(v)} = B_{(1)2} B_{(2)1} \delta \Phi^{(v)} + B_{(2)2} \delta \Phi^{(v)};$$

$$\delta P_3^{(v)} = B_{(1)3} \delta P_2^{(v)} + B_{(2)3} \delta \Phi^{(v)} = B_{(1)3} B_{(1)2} B_{(2)1} \delta \Phi^{(v)} + B_{(1)3} B_{(2)2} \delta \Phi^{(v)} + B_{(2)3} \delta \Phi^{(v)}; \quad (6)$$

$$\delta P_i^{(v)} = \sum_{j=1}^i \left(\prod_{k=j+1}^i B_{(1)k} \right) B_{(2)j} \cdot \delta \Phi^{(v)} = B_{iH} \cdot \delta \Phi^{(v)},$$

$$\text{где } B_{iH} = \sum_{j=1}^i \left(\prod_{k=j+1}^i B_{(1)k} \right) B_{(2)j}.$$

Аналогично может быть представлено выражение текущего вектора $\delta \hat{\xi}_{i+1}$, которое с учетом полученного выше выражения (6) предварительно может быть записано следующим образом:

$$\delta \hat{\xi}_{i+1} = A_{(1)i+1} \delta \hat{\xi}_i + A_{(2)i+1} \delta \Phi^{(v)} + A_{(3)i+1} \delta P_i^{(v)} = \\ = A_{(1)i+1} \delta \hat{\xi}_i + A_{(2)i+1} \delta \Phi^{(v)} + A_{(3)i+1} B_{iH} \delta \Phi^{(v)} =, \quad (7) \\ = A_{(1)i+1} \delta \hat{\xi}_i + (A_{(2)i+1} + A_{(3)i+1} B_{iH}) \delta \Phi^{(v)}$$

Представление (7) позволяет, опираясь на приведенные ниже рекуррентные соотношения, из него вытекающие:

$$\delta \hat{\xi}_1 = A_{(1)1} \delta \hat{\xi}_0 + (A_{(2)1} + A_{(3)1} B_{0H}) \delta \Phi^{(v)} = A_{(2)1} \cdot \delta \Phi^{(v)};$$

$$\delta \hat{\xi}_2 = A_{(1)2} \delta \hat{\xi}_1 + (A_{(2)2} + A_{(3)2} B_{1H}) \delta \Phi^{(v)} = \\ = A_{(1)2} A_{(2)1} \cdot \delta \Phi^{(v)} + (A_{(2)2} + A_{(3)2} B_{1H}) \delta \Phi^{(v)} = \\ = (A_{(1)2} A_{(2)1} + A_{(2)2} + A_{(3)2} B_{1H}) \delta \Phi^{(v)};$$

$$\begin{aligned} \delta \hat{\xi}_3 &= A_{(1)3} \delta \hat{\xi}_2 + (A_{(2)3} + A_{(3)3} B_{2H}) \delta \Phi^{(v)} = \\ &= A_{(1)3} (A_{(1)2} A_{(2)1} + A_{(2)2} + A_{(3)2} B_{1H}) \delta \Phi^{(v)} + (A_{(2)3} + A_{(3)3} B_{2H}) \delta \Phi^{(v)} = \\ &= (A_{(1)3} (A_{(1)2} A_{(2)1} + A_{(2)2} + A_{(3)2} B_{1H}) + A_{(2)3} + A_{(3)3} B_{2H}) \delta \Phi^{(v)}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta \hat{\xi}_i &= \sum_{j=1}^i \left(\prod_{k=j+1}^i A_{(1)k} \right) A_{2j} \cdot \delta \Phi^{(v)} + \sum_{j=1}^{i-1} \left(\prod_{k=j+2}^i A_{(1)k} \right) A_{3(j+1)} \cdot B_{jH} \delta \Phi^{(v)} = \\ &= \left(\sum_{j=1}^i \left(\prod_{k=j+1}^i A_{(1)k} \right) A_{2j} + \sum_{j=1}^{i-1} \left(\prod_{k=j+2}^i A_{(1)k} \right) A_{3(j+1)} \cdot B_{jH} \right) \delta \Phi^{(v)}, \end{aligned}$$

выразить по индукции текущее значение искомого вектора ошибки оценки $\delta \hat{\xi}_{i+1}$:

$$\delta \hat{\xi}_{i+1} = \left(\sum_{j=1}^{i+1} \left(\prod_{k=j+1}^{i+1} A_{(1)k} \right) A_{2j} + \sum_{j=1}^i \left(\prod_{k=j+2}^{i+1} A_{(1)k} \right) A_{3(j+1)} \cdot B_{jH} \right) \delta \Phi^{(v)} = A_{(i+1)H} \delta \Phi^{(v)}, \quad (8)$$

где $A_{(i+1)H} = \sum_{j=1}^{i+1} \left(\prod_{k=j+1}^{i+1} A_{(1)k} \right) A_{2j} + \sum_{j=1}^i \left(\prod_{k=j+2}^{i+1} A_{(1)k} \right) A_{3(j+1)} \cdot B_{jH}$.

Полученная связь ошибки (возмущения) оценки с породившими ее флуктуациями матрицы состояний

$$\delta \hat{\xi}_{i+1} = A_{(i+1)H} \delta \Phi^{(v)} \quad (9)$$

является линейной, что позволяет после получения точного измерения вектора состояния ξ_{i+1} с учетом равенства $\delta \hat{\xi}_{i+1} = \xi_{i+1} - \hat{\xi}_{i+1}$ легко найти вектор ошибок определения (вариаций) компонентов матрицы измерений $\delta \Phi^{(v)}$ с использованием стандартной процедуры обращения матриц. Но здесь следует иметь в виду, что для возможности корректного применения данной процедуры размерности векторов $\delta \hat{\xi}_{i+1}$, $\delta \Phi^{(v)}$ должны совпадать, что при наличии единичного точного измерения вектора состояния возможно только в случае диагональной матрицы состояний (т.е. при несвязанных уравнениях объекта) или скалярного уравнения объекта наблюдения.

В более общем случае, когда матрица состояний имеет размерность $N \times N$, число точных измерений должно быть увеличено до N – в общем случае в случайные моменты времени: $i+1+s_1, i+1+s_2, i+1+s_3, \dots, i+1+s_N$, где s_i – случайные интервалы времени. Тогда система уравнений (9) трансформируется к виду:

$$\begin{pmatrix} \delta \hat{\xi}_{i+1+s_1} \\ \delta \hat{\xi}_{i+1+s_2} \\ \delta \hat{\xi}_{i+1+s_3} \\ \vdots \\ \delta \hat{\xi}_{i+1+s_N} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{(i+1+s_1)H} \\ A_{(i+1+s_2)H} \\ A_{(i+1+s_3)H} \\ \vdots \\ A_{(i+1+s_N)H} \end{pmatrix} \delta \Phi^{(v)},$$

который уже для матрицы состояний общего вида позволяет корректно применить процедуру обращения матриц:

$$\delta \Phi^{(v)} = \begin{pmatrix} A_{(i+1+s_1)H} \\ A_{(i+1+s_2)H} \\ A_{(i+1+s_3)H} \\ \vdots \\ A_{(i+1+s_N)H} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \delta \hat{\xi}_{i+1+s_1} \\ \delta \hat{\xi}_{i+1+s_2} \\ \delta \hat{\xi}_{i+1+s_3} \\ \vdots \\ \delta \hat{\xi}_{i+1+s_N} \end{pmatrix},$$

окончательно решив поставленную задачу в общем случае.

Полученное таким образом значение вектора $\delta \Phi^{(v)}$ позволяет скорректировать матрицу состояний, что, в свою очередь, повышает точность и устойчивость процесса оценивания калмановским фильтром (3) в целом.

Заключение. Простота и точность предложенного алгоритма обеспечивают возможность его эффективного применения для самого широкого класса информационно-измерительных систем.

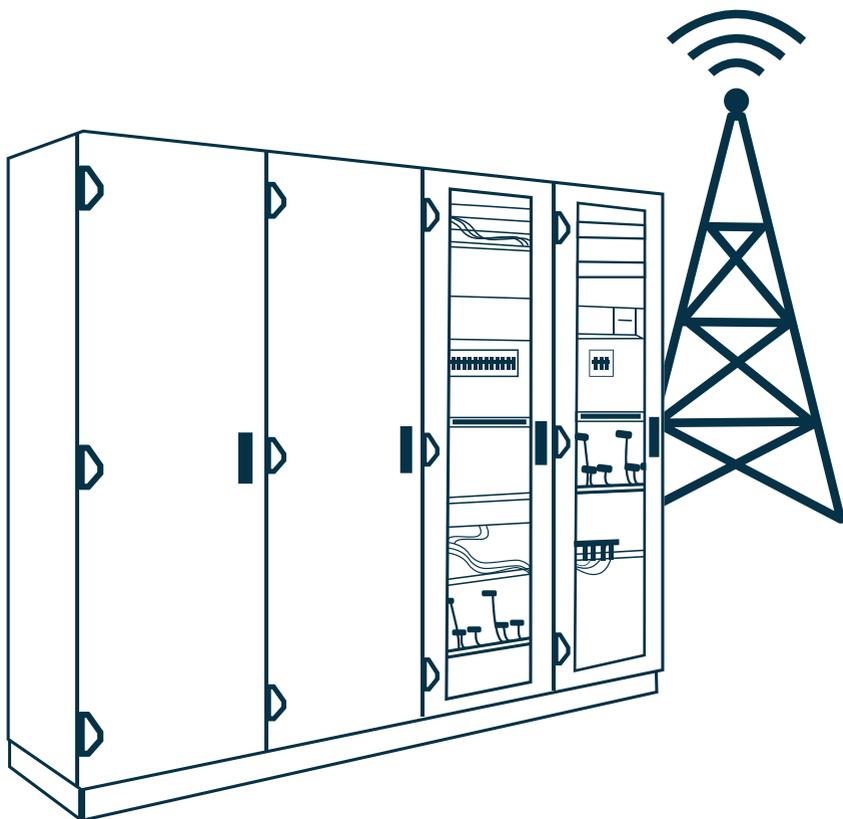
Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-07-00126.

Список литературы

1. Синицын И.Н. Фильтры Калмана и Пугачева. – М.: Логос, 2006. – 640 с.
2. Hartley, R., Ghaffari, M., Eustice, R.M., Grizzle, J.W. Contact-aided invariant extended Kalman filtering for robot state estimation // International Journal of Robotics Research. – 2020, doi: 10.1177/0278364919894385.
3. Zhong, Y., Zhang, W., Zhang, Y., Zuo, J., Zhan, H. Sensor fault detection and diagnosis for an unmanned quadrotor helicopter // Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications. – 2019, 96(3-4), p. 555-572, doi: 10.1007/s10846-019-01002-4.

4. Oveisi, A., Nestorović, T. Mixed Kalman-fuzzy sliding mode state observer in disturbance rejection control of a vibrating smart structure // *International Journal of Acoustics and Vibrations*. – 2019, 24(4), p. 677-686, doi: 10.20855/ijav.2019.24.41365.
5. Li, J., Wang, Z., Zhang, W., Raïssi, T., Shen, Y. Interval observer design for continuous-time linear parameter-varying systems // *Systems and Control Letters*. – 2019, 134,104541, doi: 10.1016/j.sysconle.2019.104541.
6. Tan, J., Xu, F., Wang, X., Yang, J., Liang, B. Invariant set-based robust fault detection and optimal fault estimation for discrete-time LPV systems with bounded uncertainties // *International Journal of Systems Science*. – 2019, 50(16), p. 2962-2978, doi: 10.1080/00207721.2019.1691283.
7. Wan, Y., Keviczky, T. Real-time nonlinear moving horizon observer with pre-estimation for aircraft sensor fault detection and estimation // *International Journal of Robust and Nonlinear Control*. – 2019, 29(16), p. 5394-5411, doi: 10.1002/rnc.4011.
8. Minowa, A., Toda, M. A high-gain observer-based approach to robust motion control of towed underwater vehicles // *IEEE Journal of Oceanic Engineering*. – 2019, 44(4), 8436001, p. 997-1010, doi: 10.1109/JOE.2018.2859458.
9. Novi, T., Capitani, R., Annicchiarico, C. An integrated artificial neural network–unscented Kalman filter vehicle sideslip angle estimation based on inertial measurement unit measurements // *Journal of Automobile Engineering*. – 2019, 233(7), p. 1864-1878, doi: 10.1177/0954407018790646.
10. Sokolov S.V., Polyakova M.V., Kucherenko P.A. Analytic synthesis of a Kalman adaptive filter on the basis of irregular precise measurements // *Measurement Techniques* – 2018, vol. 61, issue 3, p. 232-237.
11. Цыплаков А.А. Введение в моделирование в пространстве состояний // *Квантиль*. – 2011, № 9, с. 1-24.
12. Чернов А.А., Ястребов В.Д. Возмущения процесса калмановской фильтрации // *Космические исследования*. – 1984, Т. 22, № 4.
13. Соколов С.В., Ковалев С.М., Кучеренко П.А., Смирнов Ю.А. Методы идентификации нечетких и стохастических систем. М.: Физматлит, 2018. – 432 с.

*Системы
телекоммуникаций
и передачи данных*



VI

УДК 621.396



Кудюкин В.В.



Кукушкин С.С.



Хакиев З.Б.

Создание устойчивых и безопасных каналов передачи информации для управления робототехническими комплексами

Ключевые слова:

передача информации в условиях помех, надежность передачи информации, представление данных образами-остатками, ограничения и возможности существующих информационных технологий

Введение

Полноценная реализация проекта «Цифровой трансформации ОАО «РЖД» требует разработки и внедрения современных инновационных решений для обеспечения необходимого уровня эффективности и безопасности выполнения соответствующих технологических операций на железной дороге. В условиях интенсификации объемов грузоперевозок и повышения скоростей движения поездов такие решения должны, прежде всего, базироваться на технологиях, предусматривающих вывод человека из производственного процесса, что позволит автоматизировать и повысить скорость выполнения технологических операций, а также снизить количество ошибок и травматизм при производстве работ, связанных с человеческим фактором.

В качестве таких технологий на железнодорожном транспорте наиболее перспективными являются использование технического зрения и искусственного интеллекта (ИИ) для организации беспилотного движения поездов, внедрение робототехнических средств

для автоматизации технологических процессов на железнодорожных станциях.

Очевидно, что возрастают потребности в интеграции роботов и ИИ в инфраструктуру, а также к созданию устойчивых и защищенных каналов передачи информации на основе современных технологий (например, Интернета вещей). Надежные каналы связи являются критически важными, так как должны обеспечивать необходимый уровень безопасности при передаче управляющих сигналов и информационных сообщений между участниками информационного обмена (беспилотные поезда, робототехнические комплексы, автоматизированные диагностические средства и др.). Таким образом, вопрос поиска инновационных решений для организации устойчивых и защищенных каналов передачи информации в условиях использования «безлюдных» технологий на железнодорожном транспорте является особо актуальным.

Текущее состояние

Основная проблема передачи информации с использованием инфотелекоммуникационных систем (ИТКС) связана с обеспечением их комплексной защиты от помех, несанкционированного доступа (НСД) и информационно-технических воздействий (ИТВ). Основным недостатком существующего экстенсивного пути развития ИТКС связан с тем, каждое из рассмотренных направлений обеспечения безопасности при передаче и обмене данными развивалось и развивается изолировано друг от друга, использует различные теории и технологии, имеет свои приоритеты и предпочтения. Например, в шифровании с целью обеспечения информационной безопасности не поднимается вопрос качества получаемой информации. В этом случае говорят, что проблема обеспечения требуемых показателей достоверности и целостности информации – это удел обеспечения защиты передаваемых сообщений от помех. Но стремительный рост объемов и скоростей передаваемой информации приводит к объективному с позиций существующей теории итогу: увеличению вероятности искажения бит (P_6). Однако и избыточные помехоустойчивые коды, а также новые виды модуляции, которые используют для уменьшения P_6 , имеют определенный порог работоспособности, например, $P_6 = 10^{-2}$. При этом, чем дальше от него в сторону уменьшения P_6 , тем выше положительный технический эффект в части повышения показателей достоверности и целостности получаемой информации. Если же он будет превышен, то их применение приведет к дополнительному ухудшению данных основных показателей ИТКС по сравнению с передачей информации примитивных информационных

технологий. Получается (и это подкреплено проведенными многочисленными экспериментами), что при $P_0 > 10^{-2}$ использование обычного позиционного двоичного кодирования передаваемых сообщений взамен избыточных помехоустойчивых кодов и, например, относительной фазовой модуляции (ОФМ) (вместо квадратурной фазовой модуляции (КФМ) (в английской интерпретации – QPSK)) оказывается более предпочтительным техническим решением. Подтверждением этому могут быть системы управления оружием: у них применение избыточного помехоустойчивого кода ограничивается только задачами определения такого увеличения P_0 , когда количество ошибок приема информации превысит некоторый установленный порог, например, $P_0 > 10^{-2}$. На таком принципе построена и работа датчиков ИТВ. И здесь также проявляется еще одна из особенностей, которая связана с работой ИТКС в условиях радиоэлектронного противоборства (РЭП). Можно не осуществлять простое (по замыслу) энергетическое подавление радиоканала передачи информации, а просто увеличить уровень ошибок в нем. В результате этого в новых условиях возможного применения ИТКС имеющиеся технологии избыточного помехоустойчивого кодирования и модуляции теряют свою прежнюю привлекательность.

Становится очевидным, что решение этой проблемы также не может быть обеспечено существующими экстенсивными методами. Необходимо более активно развивать интенсивное направление, ориентированное на поиск дополнительных резервов повышения эффективности, которые, прежде всего, заключены в разработке новых прикладных математических методов.

Предложения по разрешению отмеченных противоречий в активно развивающемся интенсивном направлении совершенствования ИТКС

Новые возможности появляются при использовании нетрадиционного представления получаемых и передаваемых сообщений x их образами-остатками b_p , полученными в результате сравнений по модулю m_i ($\text{mod } m_i$).

$$x \equiv b_i \pmod{m_i}, \quad (1)$$

Представленное аналитическое представление представляет собой сокращенную форму описания основной теоремы арифметики:

$$x = m_i l_i + b_i, \quad (2)$$

где m_i – делитель (модуль), на которое необходимо поделить делимое число x , l_i – неполное частное от деления, b_i – остаток.

Возможность реализации новых методов сжатия данных появляются уже при использовании следующей простейшей системы срав-

нений, поскольку в ней, по сравнению с представлением (2), отсутствует неполное частное l_i :

$$\begin{aligned} x &\equiv b_1 \pmod{m_1} \\ x &\equiv b_2 \pmod{m_2}, \end{aligned} \tag{3}$$

Кроме того, в этом случае увеличивается минимальное кодовое расстояние между переданными значениями в определенных локальных областях формируемой информации и обеспечивается возможность создания внутренней структуры данных, сообщений и сигналов. При этом ранее формируемая структура S включает в себя две составляющие, условно называемые внешняя ($S^{(внеш)}$) и внутренняя ($S^{(внутр)}$):

$$S \rightarrow S^{(внеш)} + S^{(внутр)}. \tag{4}$$

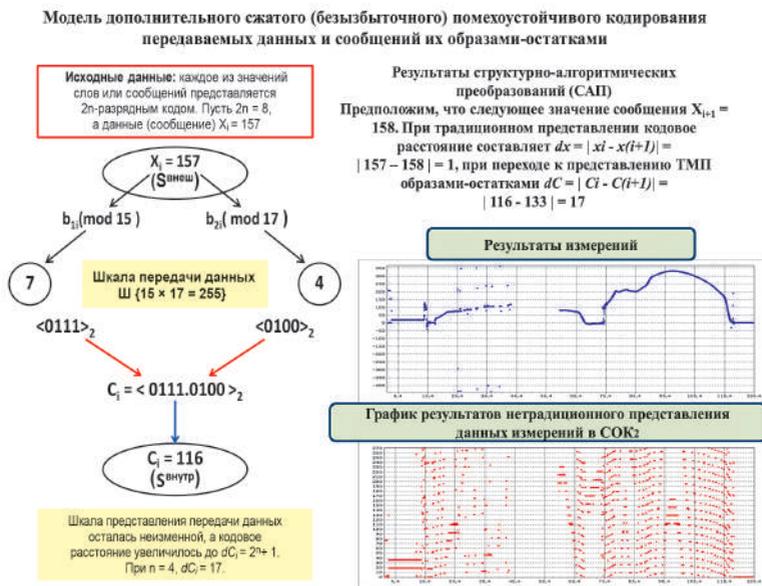


Рис. 1. основополагающие принципы формирования внутренней структуры представления данных и сообщений ($S^{(внутр)}$), которая по разрядности не выходит за пределы исходной структуры ($S^{(внеш)}$)

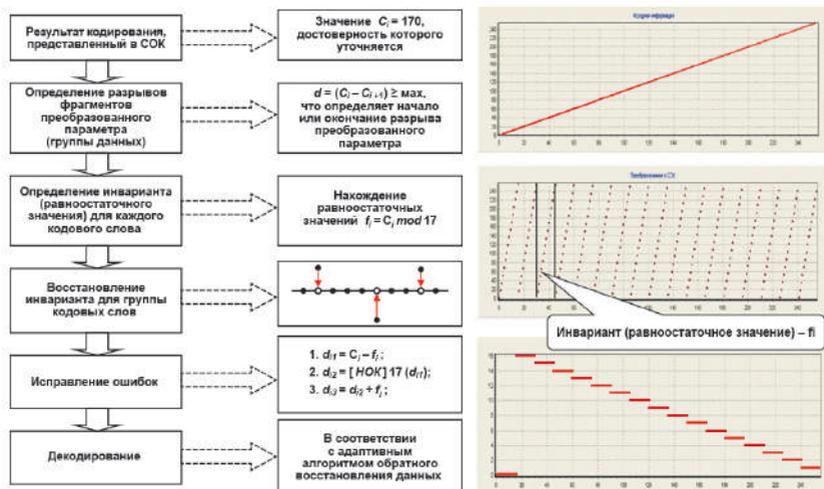
Такое представление позволяет более точно определить те внутренние резервы повышения эффективности систем передачи информации, которые не были использованы. Ранее не учитывались специфические особенности передаваемой информации для повышения эффективности систем передачи данных (СПД), например, ее естественная из

быточность. Кроме того, предлагаемый методический подход, предполагающий встраивание одной структуры ($S^{(внутр)}$) в другую ($S^{(внешн)}$), приобретает определяющее значение для обеспечения унификации различной аппаратуры, что особенно актуально в условиях различных ограничений на структуры формирования данных. Эти требования быть выполнены при формировании $S^{(внешн)}$, включающей в себя новую непозиционную структуру данных ($S^{(внутр)}$), что продемонстрировано в качестве примера на рис. 1. При этом возможности проблемной ориентации ИТКС, реализующей экономичные адаптивные принципы организации передачи информации в условиях помех, обеспечивают за счет $S^{(внутр)}$. Появление такого подхода к формированию передаваемых сообщений оказывается незамеченным с позиций традиционно используемой структуры, условно названной внешней $S^{(внешн)}$, поскольку при этом разрядность представления ее слов и их местоположение внутри цикла или кадра остались неизменными. Поэтому приемная система, ориентированная на внешнюю структуру данных, не замечает их внутренние структурно-алгоритмические преобразования (САП). Для восстановления истинного значения данных в приемнике или в системе обработки принятой информации применяют в соответствии с предлагаемыми инновационными технологиями два режима декодирования, условно называемые «жесткий» и «мягкий». При этом необходимо отметить их принципиальное отличие от аналогичных по названию технологий при избыточном помехоустойчивом кодировании, в которых слова «жесткий» и «мягкий» применяются на символическом уровне.

При предлагаемом малоизбыточном и безыбыточном помехоустойчивом кодировании они использованы по отношению к N -разрядным сообщениям, состоящим из последовательности в N бит. При этом режим «жесткого» декодирования является универсальным, поскольку обеспечивает возможность восстановления истинного значения данных независимо от свойств передаваемой информации. Его основу составляет алгоритм китайской теоремы об остатках или его конструктивного аналога [1-5]. Достаточно высокий процент обнаружения и исправления ошибок при $P_6 > 10^{-2}$, который получают при использовании режима «мягкого» декодирования, связан с естественной избыточностью передаваемой информации – он будет тем выше, чем больше избыточность исходных данных. Поэтому процедура «мягкого» декодирования осуществляется под управлением «жесткого» декодера и работает с высоким коэффициентом полезного действия при передаче изображений, телеметрической, сигнальной и навигационной информации. В то же время режим «жесткого» декодирования не приводит к ухудшению показателей достоверности приема информации в условиях помех по срав-

нению с традиционным ее приемом в тех случаях, когда корреляционная взаимозависимость соседних значений контролируемых параметров или сигналов, формируемых извещателями, отсутствует. Новой возможности, связанной с обнаружением и коррекцией ошибок способствует выделение фрагментов значений контролируемого параметра или сигнала извещателя, заключенных между разрывами (рис. 2).

Модель мягкого декодирования с обнаружением и исправлением ошибок передачи при безызыточнои малоизбыточномпомехоустойчивом кодировании



Основные операции: 1) выделение графических фрагментов, заключенных между разрывами; 2) закодированные значения ТМП летят на модуль сравнения $m_2 = 2^k + 1$ (при $2^k = 8$ $m_2 = 17$), при отсутствии помех полученные значения остатков равны для значений, принадлежащих выделенному графическому фрагменту (этот эффект используют в качестве инварианта); 3) наличие несовпадающих значений остатков свидетельствует об ошибке передачи; 4) исправление производят путем приведения отличающихся значений к значению, которое принимает большинство остатков.

Рис. 2. Иллюстрация основных положений методики обнаружения и исправления ошибок передачи информации, осуществляемых за счет групповых свойств равноостаточности закодированных значений при наличии свойств внутренней избыточности передаваемых данных и сообщений

Подобные методы разработаны для обработки информации с целью удаления ошибок и искажений. Проведенные стендовые испытания для информации, характеризующейся присутствием в ней естественной избыточности, показали возможность исправления более 80% ошибок.

Заключение

В настоящее время разработано значительное множество инновационных технологий, способствующих развитию интенсивного направления совершенствования ИТКС. Есть фундаментальные результаты,

которые связаны с поиском расширенного прикладного применения математической теории конечных полей Э. Галуа. В результате этого получена модернизированная его версия, основу которой составляет конструктивная теорема об остатках, в которой математический аппарат определения и использования мультипликативно-обратных величин заменен теорией делимости чисел и полиномов. Разработаны дополнительные технологии контроля достоверности и целостности переданной информации. Их основу составляют: сравнение конечных разностей одного порядка, которые определяют по отношению к последовательностям образ-остатков, полученных с использованием различных модулей сравнения, и «групповое свойство равноостаточности», которое получают на выделенных графических фрагментах (рис. 2) от деления результатов дополнительного помехоустойчивого кодирования на значение минимального кодового расстояния d_{\min} .

Использование рассмотренных методов при управлении робототехническими комплексами, а также при организации беспилотного движения, позволит создать устойчивые и защищенные от помех и искажений каналы передачи информации, что является одним из важнейших условий цифровой трансформации железнодорожной отрасли.

Список литературы

1. Кукушкин С.С. Теория конечных полей и информатика: В 2т. – т.1: Методы и алгоритмы, классические и нетрадиционные, основанные на использовании конструктивной теоремы об остатках.–М.: МО РФ, 2003. – 284 с.
2. Кукушкин С.С., Гладков И.А., Чаплинский В.С. Методы и информационные технологии контроля состояния динамических систем – М.: МО РФ, 2008, – 327 с.
3. Кукушкин С.С., Захаров В.Н. «Математические и методические основы использования конструктивной теории конечных полей при обработке результатов измерений»// Измерительная техника, Стандарты, №10, 2006, – с. 18-22.
4. Кукушкин С.С. Модели векторного представления и нетрадиционного преобразования данных в системе остаточных классов // Измерительная техника, №3, 2007.
5. Кукушкин С.С., Гулый Н.Н. «Новые методы и технологии обработки видеоизображений при натурных испытаниях сложных технических систем»/ /Измерительная техника, Стандарты, №4, 2009, – с. 20-24.



Блиндер И.Д.



Дуренков А.В.



Захаров А.В.



Черников А.А.

Система телекоммуникационного доступа объектов железнодорожной инфраструктуры на перегоне к станционному оборудованию связи и ЖАТ на основе пассивных оптических сетей (ПСД)

Ключевые слова:

телекоммуникационный доступ, железнодорожная автоматика и телемеханика, станционное оборудование связи, волоконно-оптические сети

1. В настоящее время телекоммуникационный доступ объектов железнодорожной инфраструктуры к станционному оборудованию связи и железнодорожной автоматике и телемеханики организован с использованием кабелей с металлическими жилами.

Такой способ обладает рядом существенных недостатков:

- ограниченность использования частотного диапазона в связи со значительным увеличением затухания при увеличении частоты;
- подверженность промышленным помехам и опасным влияниям;
- наличие взаимных влияний между парами в общем кабеле;
- наибольшее количество отказов в системах связи, происходящие из-за повреждения кабеля;
- высокая стоимость строительства и технической эксплуатации.

На перегоне находится большая номенклатура объектов железнодорожной инфраструктуры, которым необходим доступ к станционному оборудованию. Это перегонная связь, связь с местом аварий-

но-восстановительных работ, различные системы телеуправления и телекоммуникаций, устройства видеонаблюдения, аппаратура радиосвязи, телефонной связи, информирования пассажиров на остановочных пунктах и др. Некоторые из объектов, например, устройства видеонаблюдения, практически не могут быть организованы по кабелю с металлическими жилами.

В связи с необходимостью расширения функций с исключением указанных выше недостатков, по плану НТР ОАО «РЖД» в период 2018–2019 гг. АО «НИИАС» совместно с ЦСС и предприятиями ООО КБ «ПУЛЬСАР-ТЕЛЕКОМ», ООО «Новел-ИЛ» и ООО «Сфера-Телеком» была создана система телекоммуникационного доступа объектов железнодорожной инфраструктуры на перегоне к станционному оборудованию связи, ЖАТ и ИУС на основе применения технологии пассивных оптических сетей (условное наименование системы «ПСД»).

Технология пассивных оптических сетей представляет собой способ параллельного подключения промежуточных пунктов доступа к оптическому волокну без необходимости электропитания устройства подключения.

Способ пассивного доступа позволяет выделить в пункте доступа часть светового потока, несущего в себе тот же объем информации, что и в основном тракте, без использования электропитания. Электропитание необходимо только для преобразования выделенного в пункте доступа светового сигнала в электрический.

Питание преобразователя осуществляется либо от имеющегося в пункте доступа источника, либо от аккумулятора, питающего подключаемого к преобразователю переговорной-вызывного или другого устройства.

На перегоне, таким образом, ряд пунктов доступа оказывается подключен к сети постоянно, а ряд подключается эпизодически при необходимости установления связи со станционным оборудованием.

В отличие от системы на базе промышленных коммутаторов Ethernet, не допускающей в процессе функционирования отключение или подключение пунктов доступа, в технологии пассивного доступа возможно иметь в общей сети постоянно подключенные функционирующие пункты и пункты, эпизодически подключаемые и отключаемые, не создавая при этом каких-либо мешающих влияний на постоянно действующие объекты.

При разработке системы были использованы два вида устройств пассивного подключения пунктов доступа к волоконно-оптической линии связи (ВОЛС): волоконные сплиттеры и мультиплексоры опти-

ческого ввода/вывода (оптические двухчастотные фильтры OADM) для организации спектрального уплотнения CWDM формата *Fast Ethernet*.

Волоконный сплиттер обеспечивает разветвление светового потока, передаваемого по волоконно-оптической линии на несколько направлений с различным затуханием в каждом направлении. В разработанных системах пассивного доступа используется сплиттер на два направления – транзитное и ответвления.

Схема волоконного сплиттера на два направления представлена на рис. 1.

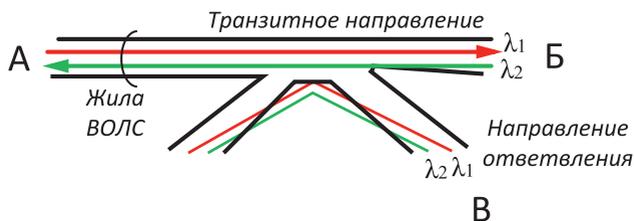


Рис. 1. Схема сплиттера на два направления

Как видно из схемы двухстороннее взаимодействие может быть осуществлено только в направлении A <-> B и A <-> B. Для обеспечения взаимодействия пункта доступа в направлении B <-> B должна использоваться вторая жила ВОЛС.

Сплиттеры выпускаются с различным соотношением затухания светового потока в транзитном направлении и в сторону ответвления, указанными в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Затухание, дБ	
	Транзитное направление A <-> B	Направление ответвления A <-> B
1	3,0	3,0
2	1,9	6,0
3	1,2	7,9
4	0,46	10,0
5	0,43	15,2
6	0,088	17,0
7	0,044	20,0

Величины затухания могут иметь отклонения от приведенных данных $\pm 5\%$.

В системах связи с пассивным доступом с применением сплиттеров используются световые потоки с длиной волны 1310 и 1490 нм, имеющие одинаковые показатели затухания.

От станции в сторону перегона используется световой поток с длиной волны $\lambda_1 = 1490$ нм, в обратном направлении – $\lambda_2 = 1310$ нм.

С использованием сплиттеров созданы два варианта систем:

- организованной по технологии GPON в соответствии со стандартом ITU-T G.984.x [1], выпускаемой ООО КБ «Пульсар-Телеком»;
- организованной с передачей первичного цифрового потока (ПЦК) формата E1, выпускаемой ООО «Новел-ИЛ».

2. Вариант пассивного доступа по технологии GPON

Схема варианта по технологии GPON, имеющего наименование ПСД-1, приведена на рис. 2.

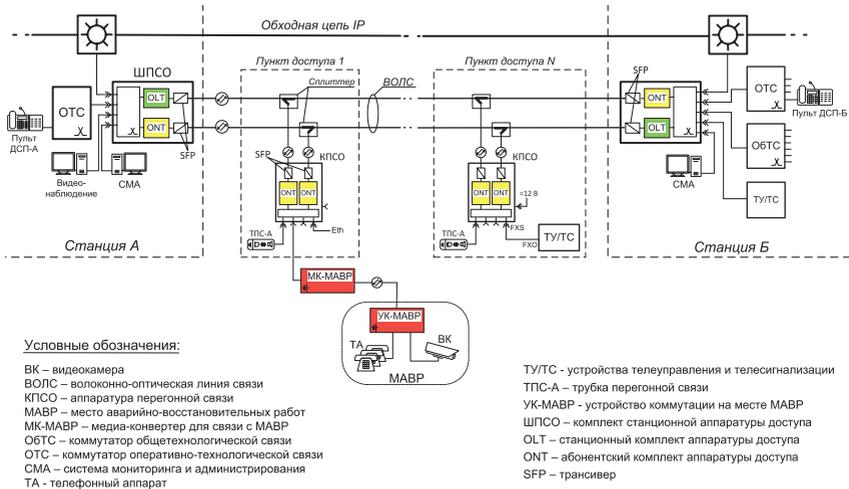


Рис. 2. ПСД-1

Связь по технологии GPON в системе доступа «точка – многоточка» организуется в соответствии со стандартом между станционным устройством OLT (*Optical Line Terminal*) и абонентскими (перегонными) устройствами ONT (*Optical Network Terminal*) следующим образом.

Информация от OLT, предназначенная одному из ONT, передается в режиме коммутации пакетов ко всем ONT и выделяется ONT, которому она адресована. Передача от ONT в сторону OLT осуществ-

вляется поочередно, в выделенном для каждого ONT временном интервале.

В сторону ONT передача данных осуществляется со скоростью 2,5 Гбит/с с использованием светового потока с длиной волны 1490 нм, в сторону станции со скоростью до 1,5 Гбит/с световым потоком 1310 нм.

Станционный комплект аппаратуры (шлюз GPON ШПСО-XX) содержит модуль OLT, используемый для связи с перегонными ONT, и модуль ONT, используемый для мониторинга ВОЛС.

В каждом перегонном комплекте аппаратуры содержатся два модуля ONT для связи со станцией А и станцией Б (поочередно).

Сопряжение станционного и перегонного комплектов с волоконно-оптической линией осуществляется с помощью трансиверов (SFP).

Станционный комплект аппаратуры, имеющий несколько вариантов исполнения, содержит шлюз, обеспечивающий сопряжение OLT с аппаратурой связи и железнодорожной автоматики (ЖАТ) по аналоговым и Ethernet интерфейсам.

Перегонный комплект (колонка перегонной связи оптическая КПСО) имеет несколько модификаций различной конструкции, рассчитанных для установки на стене, на диэлектрической опоре, встраиваемую в диэлектрическую опору и с разным количеством (до четырех) портов Ethernet.

Станционные комплекты аппаратуры, установленные на станциях, ограничивающих перегон, связаны обходной линией, организованной по транспортной сети IP. При нарушении связи по основным волокнам автоматически включается не более чем за 5 с обходное направление.

В данном варианте сеть пассивного доступа одного из направлений, например, в сторону станции А, функционирует в качестве основного, при этом направление в сторону станции Б является резервным, включаемым автоматически при отказе основного.

Установление связи с перегонного комплекта с абонентами, находящимися на станции Б, осуществляется в штатном режиме через станцию А по обходной цепи.

Пассивное соединение в процессе работы не требует электропитания, однако, трансиверы и ONT функционируют при наличии питающего напряжения.

Электропитание перегонной аппаратуры (КПСО) осуществляется от микротелефонной трубки перегонной связи, от адаптера подключения линии связи с местом аварийно-восстановительных работ (МАВР) или от местного источника электропитания. Перегонный

комплект аппаратуры, через который организован постоянный доступ аппаратуры ТУ/ТС или другой системы к станционному оборудованию связи или ЖАТ, должен иметь бесперебойное электропитание от местного источника.

Перегонная связь с дежурными по станциям, ограничивающим перегон, с диспетчерами различных служб и между персоналом, находящемся на перегоне, осуществляется с использованием носимых переговорно-вызывных устройств (трубок перегонной связи ТПС-А), подключаемых к аналоговому интерфейсу КПСО (FXS), электропитание КПСО осуществляется при этом от аккумулятора ТПС-А. Установление соединений осуществляется набором соответствующего номера на клавиатуре трубки.

С переговорно-вызывного пульта ДСП обеспечивается возможность отправки вызывного сигнала на конкретный КПСО, к которому подключена ТПС-А. Вызов осуществляется тональным сигналом, воспроизводимым телефоном трубки.

Организация связи с местом аварийно-восстановительных работ (МАВР) осуществляется с использованием оптического кабеля, подключаемого к КПСО через конвертор МК-МАВР, обеспечивающий электропитание КПСО. На месте работ к оптическому кабелю подключается коммутатор УК-МАВР, через который телефонные аппараты МАВР соединяются по системе доступа с поездным диспетчером, управлением дороги и ситуационным центром ОАО «РЖД».

Существует возможность оперативной организации связи с МАВР с использованием военно-полевого кабеля, подключаемого к аналоговому интерфейсу КПСО, на другом конце которого подключается ТПС-А. При этом, электропитание КПСО должно осуществляться от отдельного аккумулятора, входящего в комплект аппаратуры ПСД-1.

Потребление электроэнергии перегонным устройством (КПСО), функционирующим по протоколу GPON, составляет около 4-5 Вт, что требует использования в составе трубки ТПС-А аккумулятора сравнительно большой емкости для обеспечения непрерывной работы до 8 ч.

3. Вариант пассивного доступа, функционирующий по первичному цифровому каналу

С целью упрощения и уменьшения потребления электроэнергии создан вариант системы пассивного доступа с использованием для передачи информации первичного цифрового канала (ПЦК) формата E1 (рис. 3).

В этом варианте, характеризующимся существенным уменьшением функциональности, потребление электроэнергии перегонным комплектом аппаратуры составляет всего 1,0-1,2 Вт.

Схема организации системы доступа с использованием ПЦК Е1 (ПСД-2) представлена на рис. 3.

В состав системы ПСД-2 входят станционные устройства доступа, представляющие собой первичный мультиплексор с оптическим входом МК-2048-О и подключенные через сплиттеры устройства доступа перегонные КПС-О, представляющие собой упрощенный первичный мультиплексор.

Связь организована по двум волокнам, по которым осуществляется взаимодействие каждого пункта доступа на перегоне с объектами связи и ЖАТ на станциях А и Б. Пользователь КПС-О имеет возможность выбора направления (А или Б) с помощью тумблера на лицевой панели.

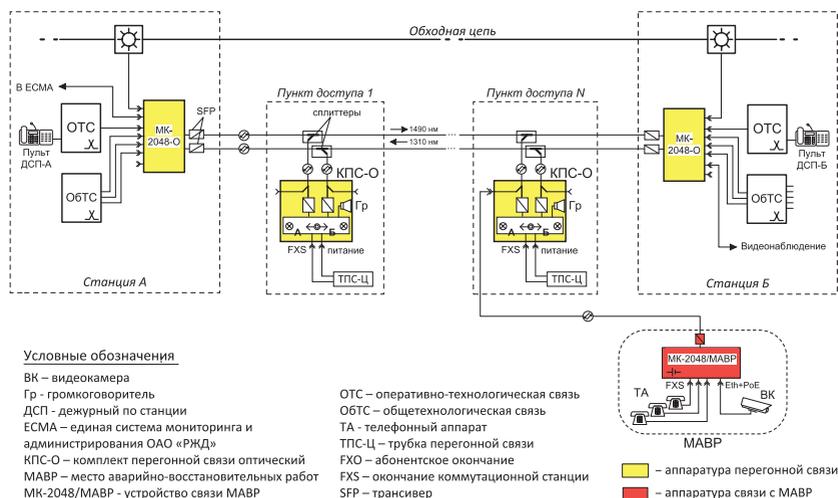


Рис. 3. ПСД-2

В системе ПСД-2 обеспечивается организация перегонной связи с каждым пунктом доступа с дежурными по станции А или Б, с диспетчерами различных служб и с пользователями, подключенными к другим пунктам доступа.

Передача сообщений от дежурного по станции (диспетчера) осуществляется одновременно ко всем КПС-О, от КПС-О к станции – поочередно.

При передаче от каждого КПС-О вызывные сигналы и речевые сообщения поступают к вызываемому дежурному по станции (дис-

петчеру) и ко всем другим КПС-О в результате наличия постоянно заворота соответствующих каналов ОЦК в станционном мультиплексе.

Во время передачи вызова или речевых сообщений от одного КПС-О тракты передачи всех остальных КПС-О блокируются. Переговоры между пользователем КПС-О и дежурным по станции (диспетчером) осуществляются в симплексном режиме, однако, дежурный по станции имеет возможность перебоя в результате использования отдельного канала ОЦК, сообщение по которому воспроизводится имеющимся на КПС-О громкоговорителем. Громкоговорителем воспроизводится также вызывной сигнал, поступающий от дежурного по станции или другого КПС-О.

Перегонная связь осуществляется с помощью носимого переговорно-вызывного устройства (трубки перегонной связи ТПС-Ц), подключаемого к КПС-О по аналоговому интерфейсу с одновременной подачей электропитания.

Вызов соответствующего дежурного по станции, диспетчера или подключенного к другому КПС-О пользователя осуществляется набором соответствующего номера.

В системе возможны коллективные переговоры между подключенными пользователями.

В результате возможности выбора на КПС-О направления связи переговоры с абонентами каждой станции осуществляются без использования обходного тракта (по сравнению с ПСД-1).

При нарушении связи по обоим волокнам связь автоматически переключается на обходное направление.

Связь с местом аварийно-восстановительных работ осуществляется с помощью устанавливаемого на месте работ первичного мультиплексора МК-2048-МАВР, выполненного с учетом его применения в наружных условиях.

Мультиплексор МК-2048-МАВР подключается в пункте доступа непосредственно к волокну через отдельный сплиттер (рис. 3). На месте работ к МК-2048-МАВР подключаются по аналоговому интерфейсу телефонные аппараты, используемые для установления связи и переговоров с поездным диспетчером, управлением дороги и ситуационным центром ОАО «РЖД», подключенными по сети ОБТС к мультиплексору МК-2048-О станции А или Б.

Мультиплексор МК-2048-МАВР имеет интерфейс Ethernet с PoE (электропитанием подключенного к нему объекта), используемый для подключения видеокамеры, компьютера или любого другого устройства передачи данных.

Видеокамера, показанная на рис. 3, связана с аппаратурой видеонаблюдения, подключенной к соответствующему интерфейсу станционного мультиплексора.

При организации связи с МАВР с одной из станций, ограничивающих перегон, например, со станцией А, перегонная связь может быть организована только с другой станцией (станцией Б). Со станцией А с перегона окажется возможным установить связь через станцию Б по обходной цепи.

В системе ПСД-2 предусмотрен упрощенный вариант организации связи с МАВР с использованием военно-полевого кабеля, подключаемого к гнезду FXS КПС-О. На месте работ к кабелю подключается трубка перегонной связи ТПС-Ц.

Вариант ПСД-2 эффективно выполняет функции перегонной связи и связи с МАВР с минимальным расходом электроэнергии для питания КПС-О, однако в нем не обеспечивается (кроме как с местом аварийно-восстановительных работ) передача данных и организация каких-либо других связей, кроме перегонной.

ПСД-2 рекомендуется для применения совместно с системой доступа на базе промышленных коммутаторов *Ethernet*.

Системы доступа ПСД-1 и ПСД-2 обеспечивают, как правило, организацию на перегоне по двум оптическим волокнам не более 12-13 пунктов пассивного доступа в связи с необходимостью иметь между крайними пунктами затухание не более 30 дБ.

При необходимости организации большего количества пунктов доступа должны использоваться дополнительные волокна (рис. 4).

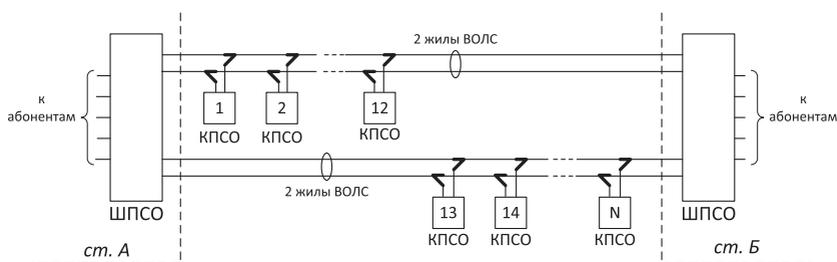


Рис. 4. Структура системы доступа

4. Вариант пассивного доступа с использованием спектрального уплотнения CWDM в оптическом тракте

Вариант пассивного доступа с использованием спектрального уплотнения CWDM в оптическом тракте формата Fast Ethernet органи-

зован с использованием мультиплексоров оптического ввода/вывода, представляющих собой оптические двухчастотные фильтры OADM.

В системе CWDM реализовано девять типов фильтров, длины волн которых приведены в таблице 2.

Для организации связи используются восемь типов фильтров OADM, приведенных в таблице 2. Девятая группа с длинами волн 1290 и 1270 нм используется только для мониторинга.

Таблица 2.

№ п/п	Длины волн фильтров OADM, нм	
	λ_1	λ_2
1	1610	1470
2	1596	1490
3	1570	1510
4	1550	1530
5	1450	1370
6	1430	1350
7	1410	1330
8	1390	1310
9	1290	1270

Функции фильтров с «односторонним выделением» показаны на рисунках 5 и 6.

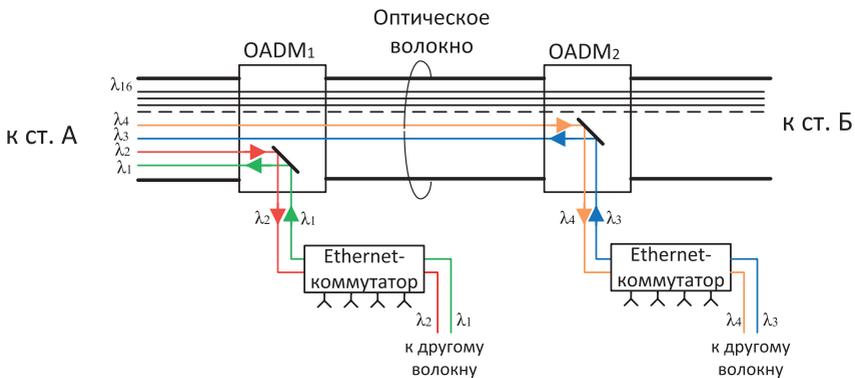


Рис.5. Функции фильтров с «односторонним выделением»

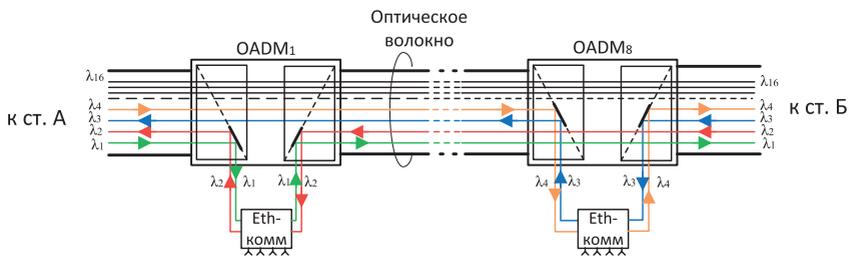


Рис.6. Функции фильтров с «односторонним выделением»

С использованием фильтров с односторонним выделением может быть организовано восемь пунктов доступа на двух волокнах.

С использованием фильтров с двухсторонним выделением можно организовать до 8 пунктов доступа с обеспечением двухсторонней связи на одном волокне и до 16 пунктов доступа на двух волокнах.

В полосе пропускания фильтра OADM вносит затухание около 0,5 дБ, что должно учитываться при проектировании линий связи.

На основе данного способа предприятиями ООО «Новел-ИЛ» и ООО «Сфера-Телеком» выпускается система пассивного доступа ПСД-3, представленная на рис. 7.

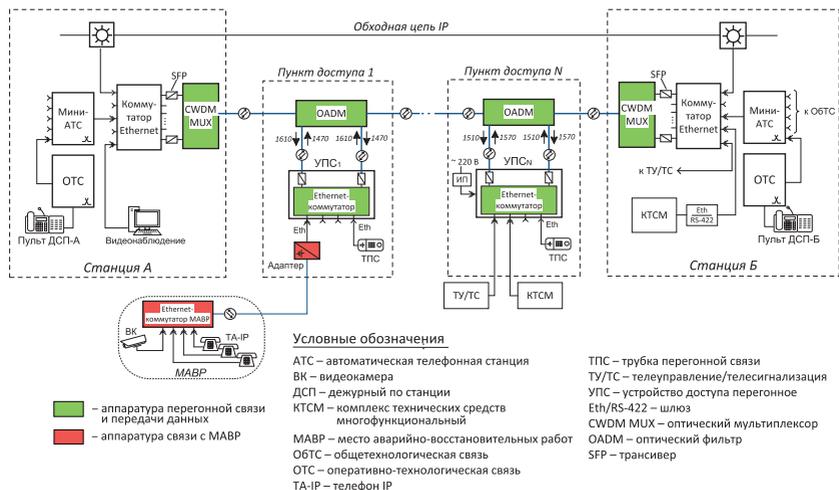


Рис. 7. ПСД-3

На рисунке приведен вариант ПСД-3, организованный по одному волокну с использованием фильтров OADM с двухсторонним выделением.

На станциях, ограничивающих перегон, для взаимодействия с пунктами доступа, включенными через фильтры, используется оптический мультиплексор CWDM на 16 длин волн.

Выделенные фильтрами в пунктах доступа оптические сигналы преобразуются с помощью трансиверов в электрические и поступают на *Ethernet*-коммутаторы, к интерфейсам которых подключаются соответствующие объекты инфраструктуры и переговорные устройства перегонной связи (ТПС).

Передача информации в этом варианте осуществляется со скоростью 100 Мбит/с.

Трубка перегонной связи имеет интерфейс *Ethernet* и содержит аккумулятор, питающий, в том числе, устройство доступа УПС в течение не менее 4 часов.

На схеме показаны в качестве примера объекты инфраструктуры, для которых обеспечивается доступ к станционному оборудованию. Устройства инфраструктуры подключаются либо непосредственно к интерфейсам *Ethernet*, либо с помощью специальных шлюзов или конверторов, например, к RS-422 или другим.

Связь с МАВР осуществляется с использованием коммутатора *Ethernet* в исполнении, рассчитанном для наружной установки, подключаемого к УПС оптическим кабелем через адаптер, содержащий источник электропитания. На месте работ к коммутатору подключаются IP-телефоны, видеокамера, компьютер и т.п.

Входящие в рассмотренные выше системы ПСД-1, ПСД-2 и ПСД-3 устройства, используемые в наружных условиях, рассчитаны для работы в диапазоне температур от -40 до +60 °С.

Создание системы телекоммуникационного доступа на основе технологии пассивных оптических сетей открывает возможность решения широкого круга задач по обеспечению текущего содержания объектов железнодорожной инфраструктуры на перегоне, повышению эффективности управления движением поездов и безопасности движения.

Список литературы

1. 1. ITU-T G.984.x Gigabit-capable passive optical networks (GPON). Серия стандартов. [Электронный ресурс] URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/en> (дата обращения 06.2020)



Блиндер И.Д.



Дуренков А.В.



Захаров А.В.



Черников А.А.

Интегрированная система станционной двухсторонней парковой связи и оповещения работающих на железнодорожных путях на базе цифровой технологической радиосвязи (РДПС-Ц)

Ключевые слова:

парковая связь, цифровая технологическая связь, система оповещения работников о приближении подвижного состава

Традиционно парковая связь и оповещение работающих строится на железнодорожных станциях российских железных дорог с применением громкоговорящих устройств и переговорных колонок, расположенных на территории станции. Широко используемая система связи, основанная на громкоговорящей передаче информации, не отвечает современной тенденции развития железнодорожного транспорта России, т.к. обладает целым рядом недостатков, в том числе: создает в прилегающих к станции жилых массивах акустические помехи, вызывающие многочисленные жалобы населения, имеет недостаточную разборчивость команд (сообщений), особенно при высоком уровне шума и плохих погодных условиях.

Для организации громкоговорящей парковой связи и оповещения работающих на территории станции прокладывается сеть кабельных линий с установкой мачт для громкоговорителей и колонок пере-

1. Система двухсторонней станционной парковой связи на базе радиосвязи по стандарту DMR (РДПС-ЦП-DMR)

Структурная схема РДПС-ЦП-DMR приведена на рис. 2.

Система двухсторонней парковой связи на базе технологической радиосвязи выполняет следующие функции:

- передачу команд (сообщений) руководителей эксплуатационной работы станции исполнителям технологических процессов, находящимся на территории станции;
- ответ исполнителя руководителю на принятую команду (сообщение) или поочередный вызов исполнителем одного из двух руководителей и переговоры с руководителем;
- передачу сообщений от исполнителя другим исполнителям с последующим ведением переговоров, воспроизводимых у других исполнителей и у дежурного по станции;
- воспроизведение громкоговорителем манипулятора носимой радиостанции информационных сообщений о движении подвижного состава по станционным путям, формируемых речевым информатором на основании данных, поступающих от ЭЦ (МПЦ).

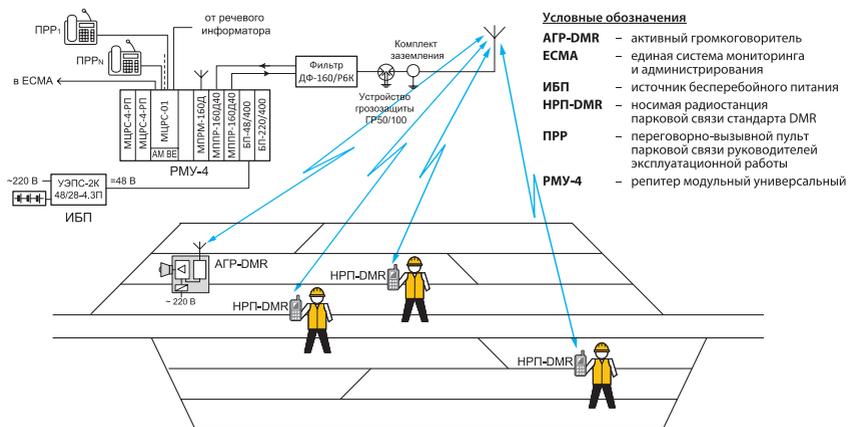


Рис.2. Структурная схема РДПС-ЦП-DMR

Исполнителям работ, находящимся на территории станции, приданы носимые радиостанции (НРП-DMR).

В отдельных районах станции устанавливается т.н. активный громкоговоритель (АГР-DMR), представляющий собой усилитель низкой частоты с выходной мощностью 30-50 Вт, нагруженный на громкоговоритель или фидерную линию. На входе усилителя включен радио-

модуль, принимающий сообщения, передаваемые руководителем по парковой связи. Электропитание АГР-DMR осуществляется от сети переменного тока 220 В.

АГР-DMR используется в районах станции, где могут находиться исполнители работ без НПП-DMR, в местах санкционированных переходов через пути и на пассажирских платформах для информирования пассажиров.

Носимые радиостанции НПП-DMR настраиваются для работы в системе парковой связи в двух режимах:

- циркулярном, в котором передаваемые сообщения воспроизводятся всеми носимыми радиостанциями, работающими на одной группе частот;
- групповом, в котором передаваемые сообщения (команды) воспроизводятся определенной группой радиостанций. Группы формируются, как правило, по специализации исполнителей (СЦБ, пути, связи, энергообеспечения, движения и т.п.), всего до 10 групп.

Таким образом, каждая НПП-DMR воспроизводит сообщения, передаваемые циркулярно и в одной из групп.

АГР-DMR настраивается, как правило, на воспроизведение сообщений, передаваемых в циркулярном режиме, при использовании для информирования пассажиров – только в групповом («пассажиры»).

Радиостанцию НПП-DMR (заводское обозначение РНД-520) рекомендуется размещать на сигнальном жилете в соответствии с рис. 3 с учетом обеспечения удобства пользования и минимизации влияний на выполнение пользователем штатных обязанностей.

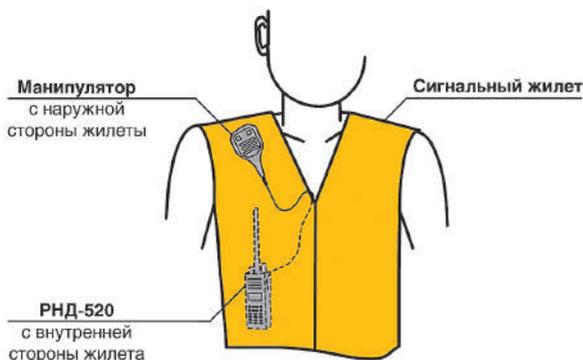


Рис. 3. Сигнальный жилет

Громкоговоритель, микрофон, тангента, органы управления и индикации расположены на манипуляторе радиостанции, укрепленном с наружной стороны сигнального жилета, что дает возможность использовать в процессе работы только манипулятор, не доставая находящуюся с внутренней стороны сигнального жилета радиостанцию.

Носимая радиостанция РНД-520 показана на рис. 4.



Рис. 4. Носимая радиостанция РНД-520

Вес радиостанции составляет 350 г.

РНД-520 может использоваться в следующих подсистемах:

- станционной радиосвязи;
- двухсторонней парковой связи;
- индивидуального информирования;
- парковой связи и индивидуального информирования.

Передача команд (сообщений) и переговоры руководителей эксплуатационной работы с исполнителями в парках станции осуществляются с использованием переговорно-вызывных пультов, представляющих собой цифровые телефоны IP. Пульт на базе цифрового телефона приведен на рис. 5.



Рис. 5. Пульт на базе цифрового телефона

В системе предусмотрена возможность ориентировочного контроля местоположения исполнителей на территории станции в результате использования навигационных данных, получаемых РНД-520 от сети ГЛОНАСС/GPS, воспроизводимых на одной из экранных форм информационной панели (см. ниже).

2. Система оповещения работающих о приближении железнодорожного подвижного состава (РДПС-ЦК/И-DMR)

Для организации оповещения работающих территория железнодорожной станции условно разделяется на зоны оповещения, охватывающие один – два железнодорожных пути с размещенными вблизи них объектами инфраструктуры (стрелочные переводы, светофоры, муфты и т.п.). Зоны определяются при проектировании с учетом технологии работы станции.

Оповещение работающих о приближении подвижного состава осуществляется коллективным переносным оповещателем КПО-DMR, носимой радиостанцией парковой связи НРП-DMR осуществляется информирование работающих о движении поездов по станционным путям.

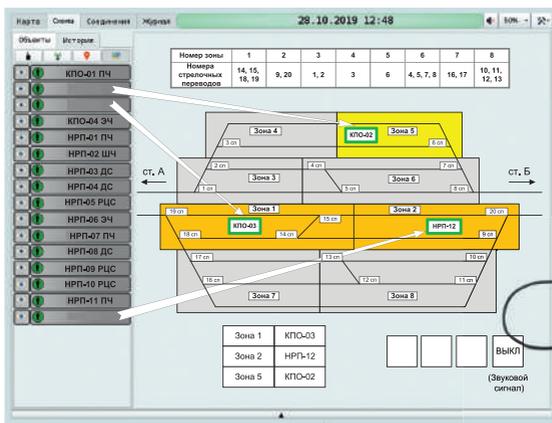


Рис. 7. Экран информационной панели

Контрольные сигналы тональной частоты ≈ 1000 Гц продолжительностью ≈ 1 с, воспроизводимые с периодом 12-15 с, свидетельствуют об отсутствии подвижного состава и исправности системы.

Сигнал оповещения представляет собой речевое сообщение о направлении движения приближающегося подвижного состава с последующим воспроизведением сигнала длительностью 2 с с повторением через 4 с не менее трех раз. На КПО-DMR акустические сигналы сопровождаются свечением оптического излучателя оранжевого цвета, на манипуляторе НРП-DMR – свечением светодиода. Работающие при этом должны отойти в безопасное место и приступить к работе после прохода подвижного состава.

Воспроизведение сигнала оповещения начинается не менее чем за 60 с до подхода подвижного состава к границе места работ.

Оповещение работающих обеспечивается при приближении подвижного состава к контролируемой зоне и к соседним с ней параллельным зонам.

При перемещении работающих с оповестительным устройством по территории станции с пересечением границ зон безопасное оповещение не обеспечивается. В этом случае повышение безопасности персонала может обеспечить автоматическая передача информации о движении поездов по станционным путям.

Обязательным условием организации оповещения работающих на станционных путях и информирования персонала на территории станции является получение от систем ЭЦ (МПС) следующих данных:

- сообщений в цифровой форме об отсутствии или наличии приближающегося к контролируемой зоне подвижного состава и направлении его движения;
- информации, идентифицирующей установленный маршрут.

Оповещение работающих осуществляется с помощью коллективного переносного оповещателя КПО-DMR, обеспечивающего выполнение следующих основных функций:

- воспроизведение контрольных сигналов или сигнала оповещения при приеме соответствующих команд от СУС по радиосвязи;
- воспроизведение сигнала аварии при отказе системы;
- передачу в СУС воспроизводимого на ИП подтверждения о выполнении/невыполнении принятой команды;
- ручное включение сигнала оповещения;
- ведение переговоров руководителем работ в системе двухсторонней парковой связи.



Рис. 8. Внешний вид КПО-DMR (заводское обозначение КПО-02)

КПО-DMR оборудован контрольным микрофоном, воспринимающим воспроизводимые сигналы контроля или оповещения, поступающие на контроллер для сравнения с принятой командой. При совпадении воспроизводимого сообщения с принятой командой на ИП поступает сообщение о нормальном функционировании, при несовпадении – поступает сообщение об отказе, а на КПО-DMR воспроизводится сигнал аварии.

3. Система станционной двухсторонней парковой связи на базе технологической радиосвязи по стандарту GSM-R

Система станционной двухсторонней парковой связи на базе технологической радиосвязи по стандарту GSM-R организована аналогично системе парковой связи по стандарту DMR, за исключением способа подключения к базовой радиостанции GSM-R переговорно-вызывных пультов руководителей эксплуатационной работы станции, выполняемого с использованием системы диспетчерской связи GSM-R (рис. 9).

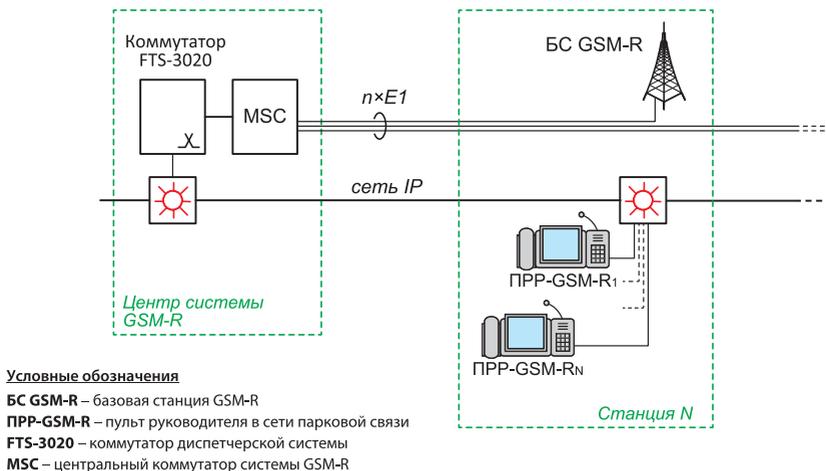


Рис. 9. Система станционной двухсторонней парковой связи

Персоналу, находящемуся на территории станции, придаются носимые радиостанции парковой связи НПП-GSM-R (заводское обозначение РНД-530), настроенные для работы в циркулярном и групповом режиме.

Носимые радиостанции РНД-530 по конструкции, основным параметрам, кроме частотного диапазона, аналогичны радиостанциям РНД-520, используемым в системе парковой связи РДПС-ЦП-DMR. Размещать РНД-530 на сигнальном жилете рекомендуется аналогично размещению РНД-520.

В качестве переговорно-вызывных пультов ППП-GSM-R, используемых руководителями эксплуатационной работы станции для обеспечения передачи команд и сообщений в циркулярном и групповом режиме, приема вызовов от исполнителей в парках и ведение переговоров с исполнителями, применяются действующие пульты GSM-R типа Dicora S15.



Рис. 10. Внешний вид переговорно-вызывного пульта ПРР

4. Система индивидуального оповещения работающих о приближении железнодорожного подвижного состава (РДПС-ЦИ-LPWAN)

В качестве одного из вариантов оповещения работающих на станционных железнодорожных путях о приближении подвижного состава создана система индивидуального оповещения по технологии LPWAN производства ООО «Аргус-Спектр» (рис. 11).

Железнодорожная станция также, как и для варианта РДПС-ЦК/И-DMR, разбивается на зоны оповещения.

Система оповещения построена с использованием радиоканальных устройств и контроллеров, взаимодействующих со станционным управляющим сервером (СУС) по сети Ethernet.

Условные обозначения

- АРМ-ДСП – автоматизированное рабочее место дежурного по станции
- АРМ-КМП – автоматизированное рабочее место контроля местоположения персонала
- БП 12/2 – блок электропитания
- ИП – информационная панель
- МОСТ-IP-И – устройство сопряжения с коммутатором
- МПЦ – микропроцессорная централизация
- НБ – наручный браслет
- РР-И-ПРО – радиоканальное устройство
- РРОП-И – контроллер радиоканального устройства
- СУС – станционный управляющий сервер

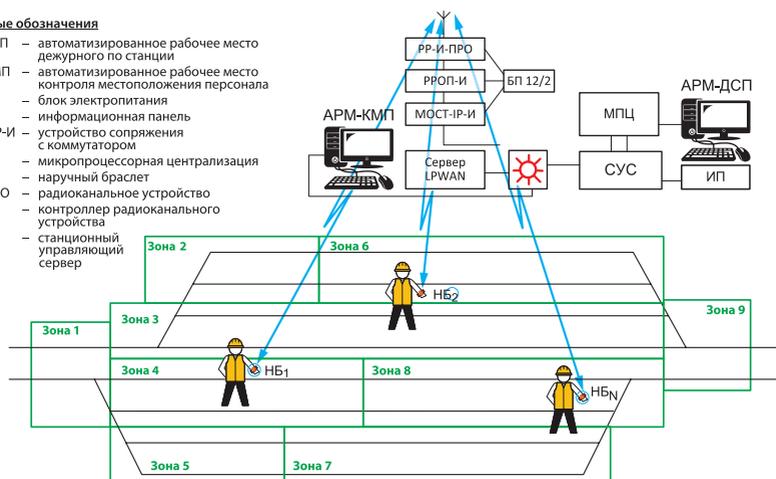


Рис. 11. Система индивидуального оповещения по технологии LPWAN

Примечание

LPWAN (*Low-PowerWide-AreaNetwork* – энергоэффективная сеть радиосвязи дальнего радиуса действия) представляет собой беспроводную технологию передачи небольших по объему массивов данных на расстояние 1,5–2,0 км в условиях промышленной застройки (железнодорожной станции).

Система используется для организации распределенных сетей телеметрии, интернета вещей, контроля и управления объектами инфраструктуры, оповещения и др.

Система радиосвязи LPWAN содержит базовую радиостанцию и взаимодействующие с ней объектовые радиостанции, представляющие собой, в данном случае, индивидуальные устройства оповещения, выполненные в виде наручных браслетов, осуществляющие функцию оповещения в результате вибрационного воздействия, сопровождаемого акустическим сигналом и оптической индикацией на экране браслета.

Средства радиосвязи, используемые в LPWAN, функционируют, как правило, в нелегализуемом диапазоне (433 или 868 МГц) с передачей сигналов малой мощности (от 10 до 25 мВт) с применением специальных методов модуляции, обеспечивающих прием сигналов при уровне помех, превышающих уровень полезного сигнала.

Информация о движении подвижного состава поступает в систему от микропроцессорной централизации МПЦ.

Дежурный по станции вводит режим контроля в зоне, где разрешены работы, на АРМ-ДСП и переводит с помощью манипулятора на информационной панели из таблицы наручные браслеты работающих с уникальными номерами в контролируруемую зону. Экранная форма информационной панели аналогична приведенной на рис. 7.

Зона, в которой установлен режим контроля, при отсутствии подвижного состава окрашивается в желтый цвет, при приближении подвижного состава – в оранжевый.

Наручные браслеты (НБ) представлены в зоне в виде прямоугольников с зеленым контуром, в центре которого изображен уникальный номер браслета (рис. 12).

Сигнализация нормальной работы и отказов осуществляется аналогично варианту РДПС-Ц-DMR.

В связи с отсутствием в настоящее время в наручных браслетах контроля фактического воспроизведения сигналов оповещения или контрольных сигналов система РДПС-ЦИ-LPWAN может использоваться только в режиме информирования.



Рис. 12. Наручный браслет (НБ)

Автоматизированное рабочее место (АРМ-КМП) предназначено для ориентировочного контроля местоположения исполнителей, наручный браслет которых оборудован приемником сигнала ГЛОНАСС/GPS. НБ формирует и передает с заданной периодичностью координаты своего местоположения в радиоканальное устройство РР-И-ПРО, отображаемые на АРМ-КМП. АРМ-КМП выполняет также функции мониторинга и администрирования.

Испытание системы РДПС-Ц-DMR проводилось на станции Райновская Юго-Восточной железной дороги, испытания системы РДПС-Ц-GSM-R/LPWAN проводились на станции Черкизово Московского центрального кольца.



Блиндер И.Д.



Захаров А.В.



Михеев Л.Г.



Черников А.А.

Автоматизированная система оповещения работающих на железнодорожном пути и ограждения места работ

Ключевые слова:

автоматизированная система оповещения работников о приближении подвижного состава, СОРБИС

Автоматизированные системы оповещения работающих на железнодорожных путях о приближении железнодорожного подвижного состава применяются на российских и зарубежных железных дорогах только с использованием сигнальщиков, выполняющих, главным образом, функцию ограждения места работ, заключающуюся в предупреждении машиниста локомотива приближающегося поезда о необходимости остановки в связи с наличием препятствия для движения на месте работ.

По заданию Управления пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД» АО «НИИАС» совместно с ООО «ВЗ «Электроприбор 1» в 2017-2018 годах была создана автоматизированная система, выполняющая функции оповещения о приближении подвижного состава и ограждения места работ (рис.1), используемая без участия сигнальщиков (СОРБИС-М).

В системе СОРБИС-М (рис. 2) на железнодорожном пути в обоих направлениях на расстоянии L , км, вычисляемом по формуле:

$$L = V_{\max} / 60 \quad (1)$$

где V_{\max} – максимальная скорость движения на данном участке железной дороги, км/ч, от границ места работ устанавливаются датчики обнаружения подвижного состава (ДОП, рис.3), снабженные мало-мощной радиостанцией, передающей периодически через ретранслятор (РТ), установленный на расстоянии 20-50 м от ДОП, сообщения об отсутствии или об обнаружении подвижного состава на коллективный переносный оповещатель (КПО, рис. 5), расположенный на месте работ.

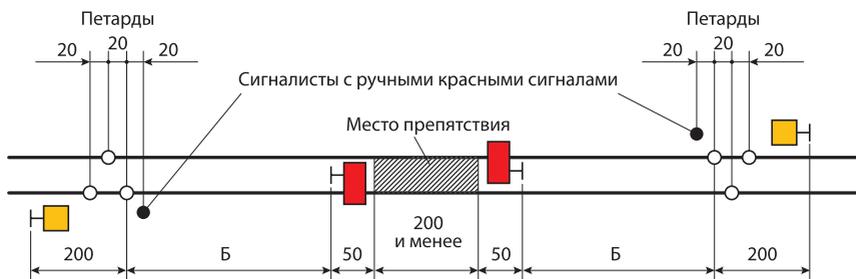
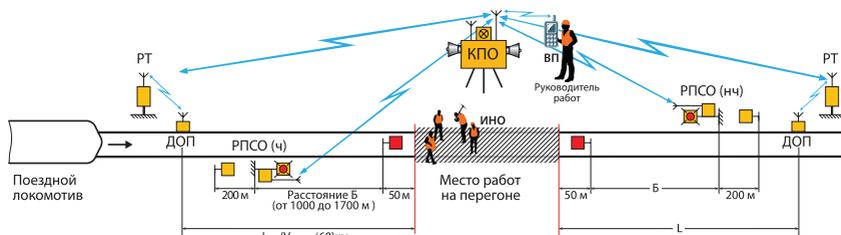


Рис. 1. Схема существующего способа ограждения места работ для однопутного участка



V_{\max} – максимальная скорость движения, разрешенная на данном участке железной дороги, км/ч

Условные обозначения:

- ВП – вынесенный пульт руководителя
- ДОП – датчик обнаружения подвижного состава
- ИНО – индивидуальный носимый оповещатель
- КПО – коллективный переносный оповещатель
- РПСО – радиоуправляемый переносный сигнал ограждения
- РТ – ретранслятор

Рис. 2. Принцип построения системы СОРБИС-М

При получении сообщений об отсутствии подвижного состава КПО воспроизводит контрольные звуковые и оптические сигналы продолжительностью приблизительно 1с с периодом повторения 12-15с, подтверждающие, в том числе, и о исправности системы.

При обнаружении подвижного состава ДОП посылает на КПО через РТ сообщения, инициирующие воспроизведение оповещения, представляющего собой многочастотный звуковой сигнал продолжительно-

стью 2 с, повторяющийся через 4 с не менее трех раз, сопровождаемый оптическим излучением оранжевого цвета. Перед тональным сигналом воспроизводится речевое сообщение, оповещающее работающих о направлении движения приближающегося подвижного состава.

Система рассчитана на получение информации от четырех ДОП, расположенных по разные стороны от места работ на двух путях двухпутного участка.

При нарушении связи с любым ДОП, на КПО идентифицируется отказавший датчик и включается звуковой сигнал аварии.

При воспроизведении оповещения работающие должны отойти на безопасное место и не возобновлять работу до прохода подвижного состава.

При установке ДОП на расстоянии, определенном по формуле (1), оповещение о приближении подвижного состава произойдет не менее чем за 60 с до подхода поезда к границе места работ.

Датчик обнаружения подвижного состава устанавливается на шейке рельса с помощью встроенного магнита. Обнаружение подвижного состава осуществляется в результате воздействия массы колеса на колебательный контур генератора.

Съем датчика возможен только с помощью специального съемника.



Рис. 3. ДОП, установленный на шейке рельса

Для ограждения места работ на расстоянии B (1000 – 1700 м, в зависимости от установленной на участке скорости движения и руководящего уклона) устанавливаются управляемые по радио от КПО переносные сигналы ограждения РПСО (рис. 4).

При отсутствии препятствия для движения руководитель работ с помощью пульта ВП устанавливает КПО в режим передачи команды, воспроизводимой РПСО в виде желтого мигающего огня, разреша-

ющего машинисту движение без остановки с установленной скоростью. При этом от РПСО на ВП поступает подтверждающий сигнал, воспроизводимый также в виде желтого мигающего огня.

При возникновении препятствия для движения руководитель работ устанавливает КПО в режим передачи запрещающего движение сигнала, воспроизводимого РПСО в виде красного мигающего огня, требующего остановки поезда у границы места работ. Для подтверждения исполнения команды от РПСО передается сообщение, вызывающее на ВП появление красного мигающего сигнала.



Рис. 4. РПСО, установленный на опоре контактной сети



Рис. 5. Внешний вид КПО

После устранения препятствия для движения руководитель работ с помощью пульта ВП включает по радиосвязи на РПСО разрешающее движение показание (желтый огонь в мигающем режиме).

Коллективный переносный оповещатель КПО, находящийся на месте работ, обеспечивает воспроизведение контрольных и оповестительных сигналов с уровнем звукового давления на расстоянии 2 м по оси громкоговорителя равным 110 дБ. Сила света оптического сигнала составляет около 160 кд (кандел).

Функционирование системы осуществляется на одной радиочастоте в диапазоне 160 МГц в симплексном режиме.

Каждое из устройств взаимодействует с КПО в выделенном для него временном интервале в режиме постоянного обмена информацией.

КПО оборудован контрольным микрофоном, воспринимающим воспроизводимый сигнал (контроля или оповещения), с выхода которого информация поступает на устройство сравнения с сигналом, принятым от ДОП. При несовпадении принятых и воспроизводимых сигналов включается аварийная сигнализация и прекращается воспроизведение контроля.

Воспроизводимые РПСО разрешающие или запрещающие показания подтверждаются соответствующей контрольной посылкой, поступающей на КПО и ВП. При несовпадении переданной на РПСО и принятой от него информации, включается тревожная сигнализация на КПО.

ДОП и РПСО функционируют только в определенном положении. При несанкционированной попытке снять ДОП с шейки рельса или переместить РПСО в другое положение, устройства выключаются и ввод их в рабочее состояние возможен только с использованием специального ключа, находящегося у руководителя работ.

Электропитание устройств, входящих в состав СОРБИС-М, осуществляется от встроенных аккумуляторных батарей, обеспечивающих непрерывную работу без подзаряда не менее 12 ч.

Аппаратура рассчитана для использования в наружных условиях при температуре от минус 40 до плюс 60°C.

В настоящее время система может использоваться только в режиме автоматического оповещения о приближении подвижного состава, для применения ее в режиме ограждения должны быть введены в действие соответствующие нормативные документы Минтранса РФ и ОАО «РЖД», устанавливающие порядок ограждения места работ без использования сигнальщиков.

В процессе опытной эксплуатации подтверждена эффективность системы, однако использование ее бригадами по текущему содержанию железнодорожного пути, состоящими из трех – четырех человек, затрудняется в связи с необходимостью отвлечения членов бригады на установку ДОП на расстоянии до 2,5 км и РПСО до 1,0–1,5 км от границ места работ в обоих направлениях. Система рекомендована для применения при выполнении работ крупными подразделениями, например, при капитальном ремонте пути.

Учитывая приведенные выше обстоятельства, институтом начата работа по созданию варианта системы ограждения места работ и оповещения работающих на основе использования системы интервального регулирования движения поездов, без использования напольных датчиков и переносных устройств ограждения.



Васильев О.К.



Ефимов А.Н.



Черников А.А.

Система единого времени и тактовой сетевой синхронизации для телекоммуникационных систем Сербской железной дороги

Ключевые слова:

система единого времени и тактовой синхронизации, телекоммуникационные системы

АО «НИИАС» участвует в модернизации Сербской железной дороги на базе современных цифровых технологий. Важными элементами цифровых систем являются системы единого времени (СЕВ) и система тактовой сетевой синхронизации (ТСС).

Транспортная сеть связи Сербии должна быть модернизирована на основе использования волоконно-оптических кабелей связи (ВОК) и цифровых систем передач SDH, DWDM и сети передачи данных IP/MPLS. Вторичные сети строятся на основе интегрированной цифровой системы технологической связи (ИЦТС).

Перечисленные системы являются системами прямого предоставления услуг. Система тактовой сетевой синхронизации (ТСС) обеспечивают сетевую поддержку и является неотъемлемой частью цифровых сетей связи.

ТСС – это сложный, территориально распределенный комплекс технических средств, прежде всего, источников синхросигналов, генераторов систем передачи и коммутационного оборудования цифровой связи.

Построение сетей ТСС транспортной сети связи Сербии должно осуществляться на основе следующих принципов:

- принцип единства структуры построения синхронизации для цифровых систем определяется в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т G.810, G.811, G.812. Этот принцип предполагает взаимодействие систем ТСС цифровой сети публичного пользования и корпоративных систем ТСС;
- принцип деления цифровой сети на регионы синхронизации;
- принцип принудительной синхронизации (ведущий–ведомый) в сети распределения синхросигналов эталонной частоты от ПЭГ к генераторам сетевых элементов синхронной цифровой иерархии (СЦИ) для синхронизации генераторного оборудования междугородных, транзитных и местных узлов связи.

Для соблюдения вышеназванных принципов сеть синхронизации должна включать в себя генераторы и каналы доставки сигналов синхронизации. Рекомендациями EN 300 462-4-1 V1.1.1 (1998-05) установлена эталонная сеть синхронизации, которая в дальнейшем используется для построения любой сети ТСС.

В состав эталонной сети ТСС входят первичный эталонный генератор (ПЭГ), вторичные задающие генераторы (ВЗГ) и генераторы сетевых элементов (ГСЭ).

При построении системы синхронизации в соответствии с МСЭ-Т в цепи синхронизации не должно быть более 10 ВЗГ, между ВЗГ не должно быть более 20 ГСЭ, при общем числе генераторов – не более 60.

Доставка сигналов синхронизации осуществляется через СЦИ. Носителем сигналов синхронизации в системах СЦИ является линейный сигнал STM-N (N = 1, 4, 16 или 64 в зависимости от пропускной способности системы СЦИ).

Для выполнения перечисленных требований в состав специализированного оборудования ТСС должны входить:

- первичные эталонные генераторы (ПЭГ);
- ведомые задающие генераторы (ВЗГ);
- разветвители синхросигнала;

Первичный эталонный генератор(ПЭГ) – высокостабильный генератор, долговременное относительное отклонение частоты которого от номинального значения поддерживается не превышающим 1×10^{-11} .

Ведомый или вторичный задающий генератор (ВЗГ) – генератор, фаза которого подстраивается по входному сигналу, полученному от генератора более высокого или того же качества. ВЗГ обеспечивает, как правило, высокую кратковременную относительную стабильность ча-

стоты (около 10^{-9} , 10^{-11}) и существенно более низкую относительно ПЭГ долговременную относительную стабильность (около 10^{-8}).

Генератор сетевого элемента (ГСЭ) – синхронизируемый внешним синхросигналом генератор (обычный кварцевый), их собственная относительная долговременная стабильность не превышает 10^{-6} .

Сети синхронизации наиболее значимых операторов в России, в том числе и ОАО «РЖД», построены в соответствии с Рекомендациями EN 300 462-4-1 V1.1.1 (1998-05), т. е. ОАО «РЖД» имеет свою собственную сеть ТСС. Имеются также операторы в России, которые используют ТСС из сетей ВСС (Взаимоувязанной сети связи, общей для всей страны).

В настоящее время на телекоммуникационных сетях связи железных дорог СЕРБИИ нет своей сети ТСС и для имеющейся цифровой сети используется сеть публичной связи. Это происходит из-за того, что на этапах создания цифровых сетей (примерно 90 годы) стоимость оборудования ТСС была высокой и многим операторам связи была недоступна.

В последнее время за рубежом и в России производятся ВЗГ которые могут работать с характеристиками ПЭГ, используя сигналы спутниковых навигационных систем GPS/ГЛОНАСС. К ним относятся, например, первичный эталонный источник частоты и времени ССВ-1Г, который является аппаратурой тактовой сетевой синхронизации (ТСС) и системы единого точного времени (СЕВ), обеспечивающей формирование эталонных сигналов частоты и времени.

Предлагается на основе использования ССВ-1Г создать сеть ТСС и сеть СЕВ на телекоммуникационных сетях связи железных дорог Сербии (рис.1).

В качестве ПЭГ используется ТСС-ПЭИ (первичный эталонный источник) от системы GPS и ГЛОНАСС.

Функционально образующими блоками для решаемой задачи являются Модуль «SYNC» и Модуль «NTP-сервер».

Модуль «SYNC» предназначен для приема и формирования сигналов 2.048 МГц (G.703/10) или 2.048 Мбит/с (G.703/6) и имеет два идентичных канала, каждый из которых может функционировать в режиме приема или передачи сигнала. Основные данные модуля «SYNC» приведены в таблице 1.

Принцип построения сети ТСС с использованием ССВ-1Г в режиме синхронизации представлен на рисунке 2.

Сеть тактовой сетевой синхронизации включает в себя тракты и оборудование цифровой сети связи и специализированное оборудование тактовой сетевой синхронизации – ССВ-1Г, работающего в режиме ВЗГ. В качестве ПЭГ используется ТСС-ПЭИ (первичный

эталонный источник) от системы GPS и ГЛОНАСС. Для повышения надежности можно использовать ТСС публичной сети.

Таблица 1. Характеристики выходных (входных) сигналов

Наименование параметра	Значение параметра
Форма сигнала	Номинально-прямоугольный (2,048 МГц) Биполярный (2,048 Мбит/с)
Тип пары	Коаксиальная, симметричная
Измерительное нагрузочное сопротивление	Коаксиальной пары – 75 Ом, Симметричной пары – 120 Ом активное
Пиковое напряжение, В	1,5
Точность частоты в режиме синхронизации от ГНСС (день)	2×10^{-12}
Стабильность частоты в режиме удержания (сутки)	3×10^{-10}
Кратковременная стабильность частоты (100 с)	5×10^{-11}

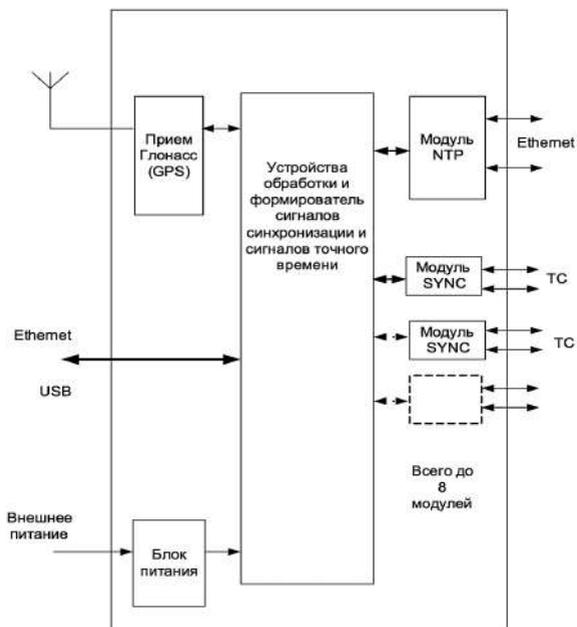


Рис.1. Состав ССВ-1Г

Перенос сигналов синхронизации происходит в первичной сети связи, в трактах, которых (в данном случае в трактах STM-N) синхросигналы транспортируется через сетевые элементы (СЭ) к местам потребления и в тоже время используются для синхронизации собственного генераторного оборудования этих изделий. В сети ТСС синхросигналы формируются от нескольких источников, на схеме 2 от двух и каждому из них присваивается приоритет 1 и 2, при пропадании 1 схема работает от 2 источника.

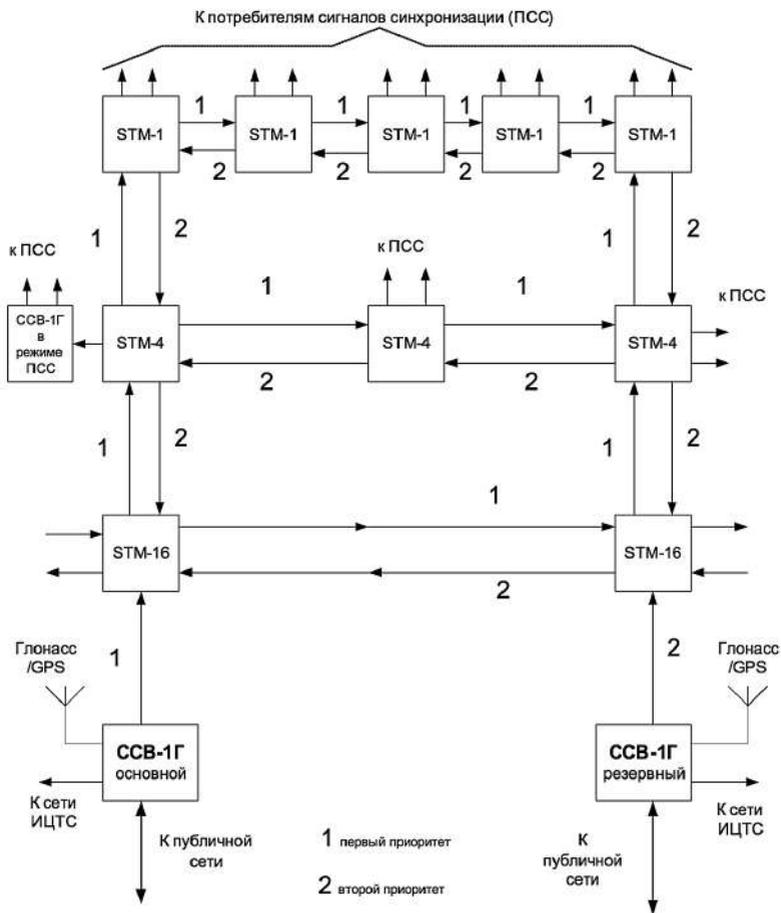


Рис.2. Формирование синхросигналов в сети ТСС

В ССВ-1Г предусмотрен режим «Распределение сигналов синхронизации» (режим РСС), который предназначен для коммутации сигнала синхронизации от источника синхронизации на каналы, используемые в качестве выходов для потребителей сигналов синхронизации (ПСС). В данном режиме работы устройства предусмотрен один вход и до пятнадцати выходов сигналов 2048 МГц (2048 Мбит/с).

Модуль «NTP-сервер» является сервером времени первого уровня (NTP Stratum 1).

Модуль предназначен для приема запросов от клиентов и формирования пакета с точным текущим временем согласно протоколу, NTP и позволяет производить рассылку NTP-пакетов на указанный IP-адрес, с указанной периодичностью. Модуль имеет два независимых канала с идентичной функциональностью и одинаковым набором конфигурационных параметров. Конфигурация каналам задается индивидуально. Нагрузочная способность каждого из каналов составляет около 12000 пакетов в секунду.

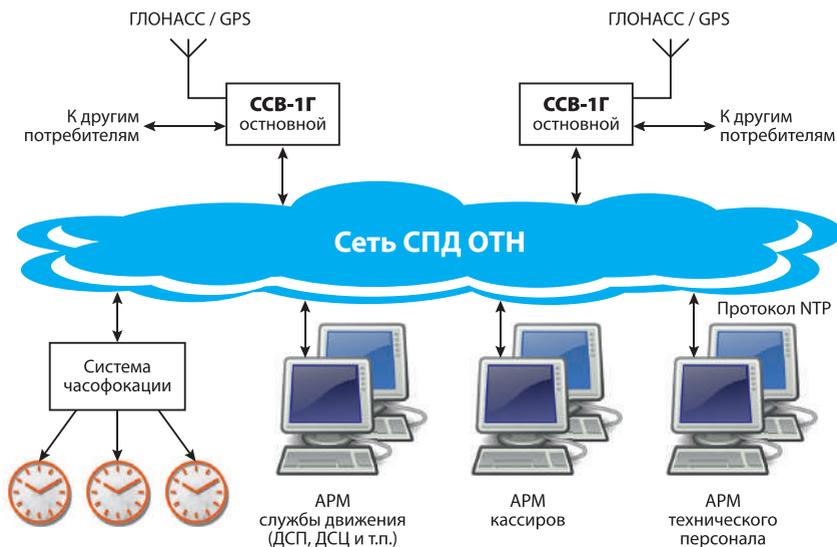


Рис. 3. Принцип построения системы СЕВ

При получении от пользователя пакета с запросом времени, модуль возвращает пользователю пакет, добавляя в него точное текущее время (берется из аппаратных часов устройства) и служебную

информацию согласно протоколу NTP. Программное обеспечение пользователя обрабатывает данные пакета и корректирует локальное время аппаратуры пользователя. При использовании режима рассылки, модуль формирует пакет с точным текущим временем согласно протоколу, NTP и отправляет его по указанному адресу.

Целью создания СЕВ (рис. 3) является повышение эффективности деятельности подразделений железной дороги СЕРБИИ и устойчивости функционирования автоматизированных систем и технологических сетей связи, обеспечиваемых за счет:

- привязки и синхронизации событий к шкале единого времени UTC(SU);
- синхронизации во времени технологических процессов, реализуемых технологическими системами;
- привязки к шкале единого времени информации, циркулирующей в информационных, информационно- управляющих системах в виде пакетов, сообщений, документов и сигналов;
- привязки к шкале единого времени и синхронизации работы территориально разнесенных технических, программных, программно-технических комплексов и автоматизированных систем.

При модернизации телекоммуникационной инфраструктуры Сербской железной дороги предлагается построить сеть ТСС, отвечающей требованиям Рекомендации EN 300 462-4-1 V1.1.1 (1998-05) и сеть СЕВ на основе первичного эталонного источника частоты и времени ССВ-1Г, который является аппаратурой тактовой сетевой синхронизации (ТСС) и системы единого точного времени (СЕВ), обеспечивающей формирование эталонных сигналов частоты и времени.

*Информационная
и кибербезопасность
на железнодорожном
транспорте*



VII



Галдин А.А.

Калашников
А.М.

Игин А.Г.

Механизмы единой аутентификации пользователей АС ОАО «РЖД» в подсистеме электронной подписи

Ключевые слова:

аутентификация пользователей, электронная цифровая подпись, безбумажный документооборот

В ОАО «РЖД» в настоящее время насчитывается несколько тысяч информационных систем и в ряде случаев сотрудникам ОАО «РЖД» приходится для выполнения своих функциональных обязанностей работать с несколькими автоматизированными системами (АС) одновременно. При этом пользователям необходимо авторизовываться в нескольких системах, помнить учетные данные для каждой системы, что в случае не частого обращения к данным системам может привести к утере учетных данных и/или их компрометации.

Учитывая актуальность для ОАО «РЖД», а также имеющиеся организационно-технические ограничения по взаимодействию АС в части передачи информации пользователям, было поставлена задача по использованию единой системы аутентификации на базе подсистемы электронной подписи (ПЭП), обеспечивающей применение простой расширенной электронной подписи (ПРЭП) в ОАО «РЖД». ПРЭП – простая электронная подпись с использованием альтернативных ме-

тодов обеспечения авторства, целостности и неотказуемости для электронного документа (без применения средств электронной подписи).

ПЭП конструировалась как специальная АС, предоставляющая пользователям разных АС единые механизмы простановки электронной подписи (ЭП), аутентификации и авторизации. Изначально ПЭП разрабатывалась в составе интеллектуальной системы управления на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ) – управляющей системы ОАО «РЖД», автоматизирующей полный цикл производственного процесса эксплуатационной работы ОАО «РЖД». В 2018 году ПЭП была выделена в единую подсистему для ОАО «РЖД» и была успешно применена в ряде корпоративных проектов, использующих электронную подпись для перехода на безбумажный электронный документооборот. В рамках реализации проекта были разработаны унифицированные программные модули для встраивания в АС различных уровней.

ПЭП была введена в промышленную эксплуатацию в ОАО «РЖД» в 2017 году и к настоящему времени имеет около 60 000 пользователей. На текущем этапе каждый день с использованием сервисов ПЭП подписывается около 120 000 документов. В перспективе при подключении большего количества АС ожидается подключение около 200 000 пользователей с увеличением потока подписания на один-два порядка.

Система аутентификации ПЭП построена на базе унифицированной технологии OAuth 2.0.

OAuth 2.0 (RFC 6749) – протокол авторизации, позволяющий выдать одному сервису (приложению) права на доступ к ресурсам пользователя на другом сервисе. Протокол избавляет от необходимости доверять приложению логин и пароль, а также позволяет выдавать ограниченный набор прав, а не все сразу.

OAuth протокол в ПЭП основан на использовании базовых веб-технологий: HTTP-запросах, SSL, редиректах и т.п. с использованием отечественных алгоритмов шифрования.

Основные термины в рамках технологии OAuth:

- **Сервер авторизации** – субъект, ответственный за выдачу и проверку маркеров доступа.
- **Клиентское приложение (Клиент)** – приложение, которое (А) получит маркер доступа с сервера авторизации и (Б) использует маркер доступа для вызова API с Сервера ресурсов.
- **Владелец ресурса (Пользователь)** – конечный пользователь, взаимодействующий с клиентским приложением.
- **Сервер ресурсов (Автоматизированная система)** – сущность, которая имеет API и может проверять маркеры доступа.

- **Маркер доступа (access token)** – это учетные данные, используемые для доступа к защищенным ресурсам. Представляет из себя строку, обеспечивающую аутентификацию пользователя для АС. Маркеры представляют информацию для аутентификации с определенной продолжительностью доступа, предоставленные пользователем и применяемые АС и сервером аутентификации ПЭП. Маркер может обозначать идентификатор, используемый для извлечения информации об аутентификации, или может содержать информацию об аутентификации проверяемым образом (т.е. состоящую из некоторых данных и подписи). Маркер доступа заменяет различные конструкции аутентификации (например, имя пользователя и пароль) на один маркер, понятный АС и устраняет необходимость АС понимать широкий спектр методов проверки подлинности.

Технология аутентификации с использованием ПЭП позволяет сторонним приложениям (клиентам) получать ограниченный доступ к службам HTTP автоматизированных систем (серверам ресурсов). Вместо использования учетных данных владельца ресурса (пользователя) для доступа к защищенному ресурсу, клиент получает маркер доступа, на определенные области (scope), имеющий время жизни и другие атрибуты доступа. Маркеры доступа для клиентов выпускает сервер авторизации ПЭП с одобрения пользователя.

Для механизма OAuth 2.0 существуют типовые библиотеки для различных языков программирования, которые могут быть встроены как в мобильные рабочие места, так и в код серверов приложений АС.

Автоматизированные системы обращаются к ПЭП с использованием зашифрованного SSL-канала с шифрованием по ГОСТ 28147-89 с использованием сертифицированных СКЗИ.

Использование OAuth возможно на любой платформе с доступом к сети и браузеру: на сайтах, в мобильных и desktop-приложениях, плагинах для браузеров и т.п.

Стандарт имеет поддержку крупнейших площадок:

- Портал «Госуслуги»
- Портал налоговой службы РФ
- Портал «Госуслуги Москвы»
- Mail.ru
- V Kontakte.ru и др.

Технология аутентификации с использованием ПЭП реализует механизм OAuth 2.0 с использованием следующих типов авторизации:

- *Implicit* (Неявный);
- *Resource Owner Password Credentials Grant* (Пароль пользователя);
- *Authorization Code* (Код авторизации);

- *Authorization Code with PKCE*
(Код авторизации с ключом подтверждения для обмена кода);
- *Client Credentials* (Учетные данные клиента).

В таблице 1 приведены рекомендации по использованию различных типов авторизации.

Таблица 1. Области применения типов авторизации

Тип авторизации	Область применения
Implicit	Ненадежные SPA-приложения (например, Angular или Vue.js)
Authorization Code with PKCE	Ненадежные нативные или мобильные приложения
Authorization Code	Доверенные приложения (например, SpringBoot или .NET)
Client Credentials	Доверенные пакетные или автоматизированные приложения без владельца ресурса (например, задание хрона)
Resource Owner Password Credentials Grant	Доверенные веб-приложения с пользовательской страницей входа

Для авторизации пользователей АС ОАО «РЖД» с использованием ПЭП используется тип авторизации **Authorization Code with PKCE**.

Алгоритм аутентификации с использованием ПЭП состоит из следующих шагов (рис. 1):

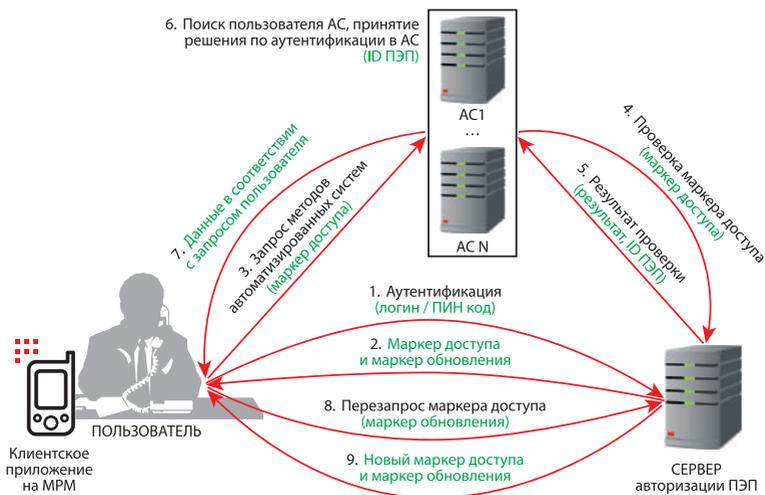


Рис. 1. Алгоритм аутентификации с использованием ПЭП

1. Запрос программным обеспечением МРМ маркера доступа в ПЭП. На данном шаге пользователь авторизуется в ПЭП с использованием своего логина/ПИН-кода.
2. Получение в ответном сообщении от ПЭП Маркера доступа (*AccessToken*) и Маркера обновления (*RefreshToken*).
Маркер доступа выдается с коротким сроком действия – 10 минут (параметры могут быть скорректированы в процессе эксплуатации) и может использоваться неограниченное количество раз за это время. После истечения срока действия Маркера доступа он должен быть заменен с использованием маркера обновления. Маркер обновления одноразовый и имеет большой срок действия – 12 часов (параметры могут быть скорректированы в процессе эксплуатации). Маркер обновления предназначен для получения нового актуального Маркера доступа и Маркера обновления.
3. Запрос методов автоматизированных систем.
При запросе методов каждой из внешней системы вместо логина/пароля автоматизированной системы должен передаваться действительный маркер доступа пользователя ПЭП.
4. Проверка Маркера доступа в ПЭП.
Маркер доступа передается в ПЭП или валидируется АС самостоятельно с использованием ключа проверки сервера аутентификации ПЭП (в зависимости от типа выдаваемого маркера доступа).
5. Получение результата проверки.
В случае успешной проверки АС получает идентификатор пользователя ПЭП.
6. Поиск пользователя в АС и принятие решения по аутентификации пользователя.
С использованием идентификатора пользователя ПЭП АС ищет пользователя, определяет его уровень прав и формирует ответ на запрос пользователя.
7. Возврат пользователю данных, запрашиваемых на шаге 3.
8. Запрос нового Маркера доступа в случае истечения срока действия предыдущего. Новый Маркер доступа запрашивается с использованием ранее полученного на шаге 2 Маркера обновления.
9. Получение в ответном сообщении от ПЭП нового Маркера доступа и нового Маркера обновления.

Алгоритм аутентификации с использованием ПЭП с типом авторизации «Authorization Code with PKCE»

Диаграмма последовательности действий, представляющая данный тип авторизации представлена на рис.2 и состоит из следующих шагов:

- 1) Владелец ресурса (пользователь) открывает приложение в своем браузере (или в другом клиенте) и нажимает кнопку входа в систему. Приложение создает случайное значение (v) и хэширует это значение ($\$$).
- 2) Приложение отвечает перенаправлением в браузер, включая хэшированное значение $\$$.
- 3) Браузер следует за перенаправлением на сервер авторизации
- 4) Сервер авторизации сохраняет хэшированное значение $\$$ для использования позже и возвращает форму входа.
- 5) Владелец ресурса (пользователь) отправляет свое имя пользователя и пароль непосредственно на сервер авторизации.
- 6) Сервер авторизации аутентифицирует вас и отправляет перенаправление с помощью недолговечного кода (α).
- 7) Браузер следует за перенаправлением в приложение, которое извлекает код α из URL-адреса.
- 8) Приложение делает POST-запрос на сервер авторизации, содержащий: идентификатор клиента, исходное случайное значение v , и временный код α . Сервер авторизации проверяет идентификатор клиента, генерирует хэш-значение v , сравнивает этот хэш с $\$$ -хэшем, который был сохранен ранее, и проверяет значение α .
- 9) Сервер авторизации отвечает на POST-запрос маркером доступа непосредственно в приложение.

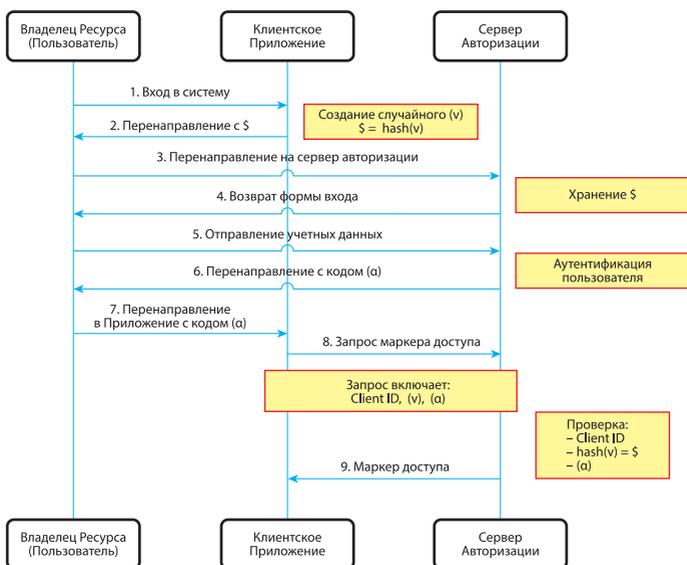


Рис. 2. Authorization Code with PKCE

Наиболее важным в данной технологии является то, что единственным значением, хранящимся в истории браузера, является одноразовый код временной авторизации: α . Сами маркеры доступа никогда не передаются через URL-адрес. Это связано с тем, что последний этап потока (шаги 8 и 9) является POST-запросом и соответствующим ему ответом.

Случайные значения v и его хэша $\$$: используются для защиты от вредоносных приложений, пытающихся «прослушать» ответ кода авторизации и попытаться использовать его для получения маркера доступа. Это особенно актуально на мобильных платформах, таких как *iOS* или *Android*, в которых другое приложение, может прослушать ответ из первой части обмена (шаги 6 и 7). Только оригинальное приложение сможет передать правильное значение v для сервера авторизации (поскольку оно его создало), и сервер авторизации может проверить, что оно правильно на основе хэшированного значения $\$$, сохраненного ранее.

Описанная выше технология использования единой аутентификации на базе ПЭП позволила:

- Значительно упростить процедуру администрирования пользователей
- Использовать возможность аутентификации с применением усиленной электронной подписи
- Повысить защищенность с использованием единых механизмов аутентификации
- Упростить процедуры ведения мониторинга и разбора инцидентов информационной безопасности
- Использовать возможность работы с полноценным применением технологии «тонкий клиент».
- Обеспечить безопасную передачу логина/ПИН-кода без компрометации со стороны внешних систем с использованием отечественной криптографии.
- Использовать единую базу клиентов ПЭП для аутентификации во внешних системах.



Матюхин В.Г.



Галдин А.А.



Дудник С.Я.



Терещенко Е.М.



Кузнецов Н.П.

Обеспечение информационной безопасности ИСУЖТ

Ключевые слова:

интеллектуальная система управления, автоматизации производственных процессов, ИСУЖТ, информационная безопасность, кибербезопасность

Единая интеллектуальная система управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте (далее – ИСУЖТ) является многокомпонентной распределенной системой, служащей для комплексной автоматизации процессов управления перевозочным процессом и транспортной логистики ОАО «РЖД» с учетом ограничений, определяемых посредством оперативного сбора достоверной информации о состоянии инфраструктуры желез-

нодорожного транспорта, возможностях тягового хозяйства, уровне обеспечения безопасности движения поездов.

Консолидация и обработка большого количества разнородной информации (составляющей коммерческую тайну, персональных данных сотрудников ОАО «РЖД», технологической информации) разной степени важности с учетом архитектурных решений и используемых информационных технологий требует создания эшелонированной подсистемы информационной безопасности, обеспечивающей защиту от неправомерного доступа, уничтожения, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления, распространения и иных неправомерных действий.

Основными структурными элементами ИСУЖТ являются объектовые программно-технические комплексы, представляющие собой совокупность определенных программно-технических средств в составе объектов информатизации. Такие особенности ИСУЖТ как ее распределенность с расположением оборудования в разных структурных подразделениях Главного вычислительно центра – филиала ОАО «РЖД», охват сетевого и дорожного уровня при взаимодействии с системами ОАО «РЖД», и сама структура системы с объединением выполняемых подсистемами ИСУЖТ задач в комплексы задач, функционирующих на прикладном уровне, усложняют процесс реализации защиты объектов ИСУЖТ (включая информацию; процессы; используемые технологии; программные, аппаратные, программно-аппаратные средства). В связи с этим поэтапная реализация подсистемы информационной безопасности, где внедрение осуществляется в процессе создания ИСУЖТ и актуализируется в процессе ее жизненного цикла для закрытия уязвимостей, нейтрализации угроз безопасности информации и минимизации рисков от неправомерных действий, является наиболее эффективной.

В основе концепции разработки подсистемы информационной безопасности ИСУЖТ лежит реализация программы по импортозамещению в соответствии с Приказом Министерства связи «Об утверждении плана по импортозамещению программного обеспечения» от 01 февраля 2015 № 96, где использование отечественных наложенных средств защиты информации (составляющих как системное, так и прикладное программное обеспечение) способно минимизировать потенциальные угрозы нелегитимного скрытого доступа к ресурсам, наличия закладок в иностранном оборудовании, лазеек в программном обеспечении. Для осуществления разработки и эксплуатации подсистем информационной безопасности на базе отечественных программных платформ в их составе желательна реализация полно-

го стека решений, включающая в себя операционную систему, среду виртуализации и систему хранения данных.

По результатам проведения аналитической работы после информационного обследования ИСУЖТ выделено три основных направления, в совокупности составляющих эшелонированную защиту информации ИСУЖТ:

- обеспечение защиты внешнего контура ИСУЖТ при взаимодействии с системами ОАО «РЖД»;
- защита информации при взаимодействии ИСУЖТ с системами, путь к которым проходит через сеть передачи данных оперативно-технологического назначения ОАО «РЖД» (далее – СПД ОТН);
- защита внутреннего контура ИСУЖТ от угроз безопасности информации в прикладных подсистемах.

Обеспечение защиты информации ИСУЖТ при сетевом взаимодействии (защита внешнего контура) осуществляется Программно-техническим комплексом подсистемы информационной безопасности ИСУЖТ (далее – ПТК ПИБ ИСУЖТ). Основной сложностью обеспечения защиты является массивность (многокомпонентность) ИСУЖТ и большое количество систем, являющихся источниками информации. Базовыми компонентами ПТК ПИБ ИСУЖТ являются кластеры программно-аппаратных комплексов, которые объединяют в себе функционал различных средств защиты информации: межсетевых экранов, обеспечивающих фильтрацию входящих/исходящих сетевых пакетов (на сетевом уровне), служебных протоколов, служащих для диагностики и управления работой сетевых устройств, запросов на установление виртуальных соединений с учетом адресов отправителя/получателя (на транспортном уровне), запросов к прикладным сервисам с учетом прикладных адресов отправителя/получателя (на прикладном уровне); систем предотвращения вторжений, использующих сигнатурные базы для обнаружения известных атак (эксплойтов) и Rate-Based сигнатуры и политики DoS для обнаружения различных аномалий; VPN на базе SSL и IPsec. В ПТК ПИБ ИСУЖТ присутствуют средства обнаружения вторжений (уровня сети), отслеживающие определенные шаблоны в трафике и, подобно антивирусному программному обеспечению, при выявлении совпадений отправляющие результаты в административный интерфейс, а также средства анализа защищенности сети и ее субъектов, которые облегчают процесс управления информационной безопасностью (далее – ИБ) и позволяют повысить его эффективность, находя актуальные уязвимости в сетевом контуре ИСУЖТ. Все события ИБ (включая инциденты ИБ, выявленные в ПТК ПИБ ИСУЖТ) консолидируются

для дальнейшей корреляции в Программном комплексе по управлению ИБ в системах ОАО «РЖД» (далее – ПК УИБ).

Обеспечение безопасного взаимодействия ИСУЖТ с системами, путь к которым проходит через СПД ОТН осуществляется Программно-аппаратным комплексом подсистемы информационной безопасности узлов межсетевое взаимодействие для обеспечения многоканального взаимодействия автоматизированных систем (ПАК ПИБ УМВ М). Главная проблема заключается в том, что в СПД ОТН расположены системы организации движения поездов, к которым предъявляются самые высокие требования с точки зрения обеспечения их киберзащищенности. В связи с этим все взаимодействия с СПД ОТН должны быть подконтрольными и исключать возможность реализации атак извне (сети передачи данных общетехнологического назначения ОАО «РЖД» (далее – СПД ОБТН)).

Основной задачей создания ПАК ПИБ УМВ М является создание унифицированного решения, осуществляющего безопасное многоканальное взаимодействие между системами ОАО «РЖД», как со стороны СПД ОТН, так и со стороны СПД ОБТН, которое может применяться для разных систем.

Реализация ПАК ПИБ УМВ М включает комплексные решения на базе унифицированных средств защиты информации и разработанного программного обеспечения для меж сетевого взаимодействия. ПАК ПИБ УМВ М реализует следующие функциональности:

- виртуализации;
- межсетевого экранирования;
- коммутации компонентов ПАК ПИБ УМВ М;
- анализа сетевого трафика и обнаружения вторжений;
- защиты от несанкционированного доступа (далее – НСД);
- мониторинга и управления;
- взаимодействия с системами ОАО «РЖД»;
- защищенного информационного обмена.

Функциональность виртуализации предназначена для обеспечения функционирования ПАК ПИБ УМВ М в среде, исключающей смешивание потоков данных и устраняющей возможность воздействия информационных систем друг на друга. При этом, для выполнения требований по ИБ ПАК ПИБ УМВ М, в качестве платформы виртуализации используется отечественный комплекс программ «Защищенная операционная система «СинтезМ». Функциональность виртуализации реализована на базе серверов виртуализации Huawei, функционирующих в режиме кластера, реализующих также программно-определяемую систему хранения данных высокой доступности «СинтезМ-СХД».

Выбор комплекса программ обусловлен результатами макетирования наиболее функциональных, с нашей точки зрения, защищенных отечественных операционных систем: защищенной операционной системы «Astra Linux» и комплекса программ «Защищенная операционная система «СинтезМ». При активном взаимодействии с производителями, результаты макетирования показали принципиальную пригодность обоих продуктов для решения задач по созданию подсистем информационной безопасности. Вместе с тем было установлено, что решение на базе комплекса программ «Защищенная операционная система «СинтезМ» располагает большим функционалом для решения задачи построения, масштабирования и эксплуатации систем в защищенном исполнении, а также обладает большей гибкостью и простотой управления.

Функциональность межсетевое экранирования предназначена для ограничения сетевого взаимодействия подключаемых систем с компонентами ПАК ПИБ УМВ М. Сетевое взаимодействие СПД ОТН и СПД ОБТН с ПАК ПИБ УМВ М ограничивается соответствующими серверами сопряжения. Функциональность межсетевое экранирования ПАК ПИБ УМВ М реализована на базе программно-аппаратных комплексов, функционирующих в режиме отказоустойчивого кластера «горячего» резервирования, состоящего из двух узлов, для каждого из направлений межсетевое взаимодействие.

Функциональность коммутации компонентов ПАК ПИБ УМВ М и сбора сетевого трафика предназначена для обеспечения связи компонентов ПАК ПИБ УМВ М в рамках обособленного сетевого сегмента и выполнения сбора копии сетевого трафика ПАК ПИБ УМВ М с целью ее передачи в функциональность анализа сетевого трафика и обнаружения вторжений. Функциональность коммутации компонентов ПАК ПИБ УМВ М и сбора сетевого трафика реализуется средствами стека из двух коммутаторов.

Функциональность анализа сетевого трафика и обнаружения вторжений регистрирует события ИБ, вызванные компьютерными атаками, хранит информацию об обнаруженных компьютерных атаках и передает зарегистрированные события в системы мониторинга, контроля защищенности и управления ИБ. Функциональность анализа сетевого трафика и обнаружения вторжений реализуется программно-аппаратным комплексом. Программно-аппаратный комплекс позволяет выполнять анализ сетевого трафика, и, в случае обнаружения компьютерной атаки, регистрировать событие ИБ (несколько событий ИБ) с указанием уровня критичности компьютерной атаки (решение о присвоении уровня критичности принимается в соответствии с настроенными решающими правилами).

Резервирование сетевого трафика, вызванного компьютерной атакой, выполняется администратором ИБ ПАК ПИБ УМВ М на подключенный к программно-аппаратному комплексу съемный машинный носитель информации.

Функциональность защиты от НСД предназначена для реализации мер защиты информации по предотвращению или существенному затруднению НСД к информации на серверном оборудовании ПАК ПИБ УМВ М и автоматизированном рабочем месте администратора ИБ.

Функциональность защиты от НСД реализуется унифицированным программным обеспечением, устанавливаемым на серверы и автоматизированное рабочее место администратора ИБ.

Для администрирования компонентов ПАК ПИБ УМВ М используется автоматизированное рабочее место администратора ИБ.

Функциональность мониторинга и управления предназначена для:

- мониторинга событий на компонентах ПАК ПИБ УМВ М, в том числе вызванных компьютерными атаками;
- установки обновлений ПО программных и программно-аппаратных средств ПАК ПИБ УМВ М;
- установки обновлений базы разрешающих правил и автоматизированного распространения антивирусных баз;
- администрирования программных и программно-аппаратных средств ПАК ПИБ УМВ М;
- анализа защищенности компонентов ПАК ПИБ УМВ М;
- выполнения резервирования и хранения информации о зарегистрированных событиях ИБ.

Функциональность мониторинга и управления реализуется сервером контроля и управления функционированием, сервером управления конфигурациями, репозиторием эталонных копий ПО, сервером резервного копирования и автоматизированным рабочим местом администратора ИБ. Мониторинг зарегистрированных в ПАК ПИБ УМВ М событий ИБ может выполняться администратором ИБ с использованием автоматизированного рабочего места администратора ИБ.

Для выполнения поставленных задач при внедрении ПАК ПИБ УМВ М на автоматизированное рабочее место администратора ИБ устанавливаются необходимые оснастки для мониторинга программных и программно-аппаратных компонентов ПАК ПИБ УМВ М.

Для выполнения анализа защищенности компонентов ПАК ПИБ УМВ М на автоматизированное рабочее место администратора ИБ устанавливается программный комплекс.

Функциональность взаимодействия с системами ОАО «РЖД» предназначена для интеграции ПАК ПИБ УМВ М с ПК УИБ и системной антивирусной защиты ОАО «РЖД».

Использование указанных выше систем ОАО «РЖД» позволяет исключить дублирование инцидентов, регистрируемых на основе событий, вызванных одной и той же проблемой. Совместный результат работы систем ОАО «РЖД» позволяет регистрировать инциденты ИБ, и проводить соответствующие мероприятия по их расследованию.

Функциональность защищенного информационного обмена ПАК ПИБ УМВ М обеспечивает функциональное разделение информационных систем (сегментов сетей) с использованием специализированных прикладных протоколов и технологии разделенного доступа с использованием виртуальных серверов очередей.

Виртуальные серверы сопряжения преобразуют входной трафик с уровня ТСР/ІР протокола до прикладного уровня с передачей логических пакетов через виртуальные серверы очередей. При этом для каждой подключаемой системы внутри ПАК ПИБ УМВ М выделяется отдельный контур обработки данных со своими виртуальными серверами сопряжения.

Работы по обеспечению защиты внутреннего контура ИСУЖТ от угроз безопасности информации в прикладных подсистемах осуществляются в рамках проекта «Функциональность защиты информации в прикладных подсистемах ИСУЖТ», охватывающего как внешние, так и внутренние взаимодействия ИСУЖТ с учетом реализованных подсистем информационной безопасности и реализованных мер защиты информации. Основная сложность данных работ заключается в том, что функциональные части подсистем реализуются в рамках комплексов задач ИСУЖТ, которые и выступают в качестве основных объектов защиты.

Анализ более 220 функционирующих на прикладном уровне комплексов задач ИСУЖТ привел к их группированию на базе структурных характеристик для дальнейшей дифференциации необходимых мер защиты информации для каждой группы.

В качестве системной платформы, создающей автоматизированные системы с комплексами задач диспетчерского управления, отслеживания и паспортизации объектов в ИСУЖТ, используется программный продукт «Вектор-М», являющийся отечественной разработкой с возможностью гибкой поддержки и доработки производителем по требованиям ОАО «РЖД».

Для реализации предусмотренных в правовых нормативных актах ФСТЭК России технических мер защиты информации требует-

ся проведение сертификации специального программного обеспечения «Вектор-М» (или специально-разработанного программного обеспечения на базе «Вектор-М») по требованиям безопасности информации.

Специальное программное обеспечение «Вектор-М» (или специально-разработанное программное обеспечение на базе «Вектор-М») реализует следующие функции безопасности (механизмы защиты) от НСД:

- идентификацию и аутентификацию пользователей;
- управление идентификаторами, в том числе создание, присвоение, уничтожение идентификаторов;
- управление средствами аутентификации, в том числе хранение, выдачу, инициализацию, блокирование средств аутентификации и принятие мер в случае утраты и (или) компрометации средств аутентификации;
- управление (заведение, активация, блокирование и уничтожение) учетными записями пользователей, в том числе внешних пользователей;
- защиту обратной связи при вводе аутентификационной информации;
- реализацию необходимых методов, типов и правил разграничения доступа;
- ограничение неуспешных попыток входа в информационную систему (доступа к информационной системе);
- блокирование сеанса доступа в информационную систему после установленного времени бездействия (неактивности) пользователя или по его запросу;
- сбор, запись и хранение информации о событиях ИБ в течение установленного времени хранения;
- мониторинг (просмотр, анализ) результатов регистрации событий ИБ и реагирование на них;
- защиту информации о событиях ИБ.

Для нейтрализации угроз от НСД планируется выполнить разработку базового программного обеспечения защиты информации комплексов задач ИСУЖТ в части ограничения числа параллельных (одновременных) сеансов доступа к ИСУЖТ с использованием одной и той же учетной записи пользователя информационной системы. Данное ПО позволит реализовать меры по защите информации комплексов задач ИСУЖТ, включая администрирование ИСУЖТ.

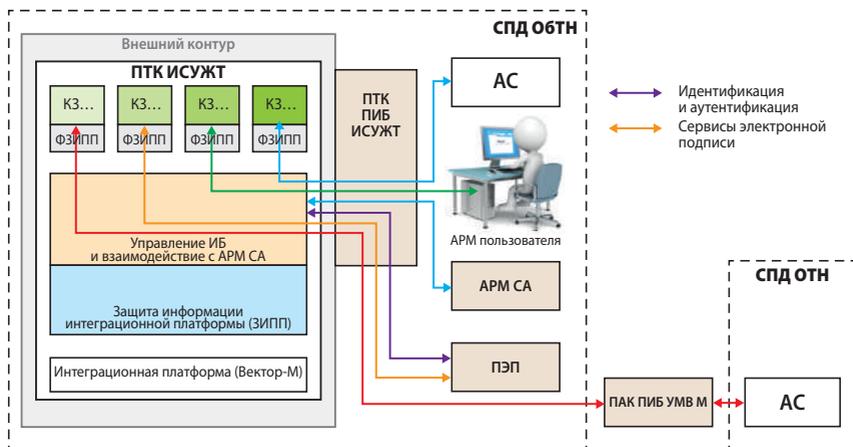


Рис. 1. Схема обеспечения ИБ ИСУЖТ

Впоследствии для обеспечения информационной безопасности в ИСУЖТ необходимо проводить работы по актуализации и аудиту указанных выше решений с проверкой их эффективности путем проведения аттестационных испытаний ИСУЖТ на соответствие требованиям по безопасности информации.

УДК 004.056



Матюхин В.Г.



Галдин А.А.



Давыденко Н.В.

Ненартович
И.С.

Андрианов В.Б.

Юридически значимый электронный документооборот в ОАО «РЖД» – использование сервисов доверенной инфраструктуры на базе технических решений и услуг АО «НИИАС»

Ключевые слова:

юридически значимый электронный документооборот, безбумажные технологии, удостоверяющий центр, электронная цифровая подпись

В настоящее время общий процесс развития компьютерных сетей и телекоммуникаций значительно расширил возможности применения современных информационных технологий и систем электронного документооборота (СЭДО), необходимость которых обуславли-

вается заметным противоречием между широкими возможностями телекоммуникационных сетей, в первую очередь сети Интернет, и все возрастающими расходами на становящийся анахронизмом бумажный документооборот. Организация удаленных производственных процессов и дистанционного предоставления различных услуг, актуальность чего возросла в текущий момент, также предполагает документирование информации в электронном виде.

Основным назначением СЭДО является организация хранения электронных документов и обеспечение работы с ними. Комплексная СЭДО должна охватывать весь цикл делопроизводства предприятия или организации и обеспечивать централизованное хранение документов в любых форматах, позволять объединять разрозненные потоки документов территориально удаленных объектов в единую систему и обеспечивать гибкое управление документами.

При использовании открытых сетей в качестве среды для деловых операций возникает необходимость аутентифицировать участников электронного обмена, обеспечивать контроль целостности и конфиденциальность электронных документов, устанавливать точное время подписи документа, а также гарантировать невозможность отказа в одностороннем порядке от совершенных действий или договоренностей. Основная тенденция, сопровождающая процессы перевода документов и услуг в электронный вид, сводится к решению главной задачи – создание доверенной инфраструктуры, содержащей доверенные сервисы, которые бы могли использоваться в СЭДО.

Под доверенными сервисами, в соответствии с международными регламентами и стандартами (например, регламент Евросоюза eIDAS (*electronic IDentification, Authentication and trust Services*) об электронной идентификации, аутентификации и доверенных услугах), будем понимать электронные сервисы:

- участвующие в создании, валидации, обработке, хранении электронных подписей, электронных сертификатов и меток доверенного времени;
- доставки и заверения электронных сообщений;
- разграничения и управления доступом;
- аутентификации, в том числе на Web-сайтах и другие.

Большинство из перечисленных сервисов реализовано на базе Удостоверяющего центра АО «НИИАС» (далее – УЦ НИИАС) и используется для реализации юридически значимого электронного документооборота в ОАО «РЖД».

На современном этапе деятельности ОАО «РЖД» рост объемов и количества пассажирских и грузовых перевозок требует внедрения новых СЭДО, обеспечивающих надежную и оперативную аутентификацию пользователей этих систем и контроля целостности передаваемых и получаемых электронных документов. Юридическая значимость СЭДО ОАО «РЖД» обеспечивается применением технологии электронной подписи (ЭП), с помощью которой устанавливается однозначная взаимная связь между содержимым электронного документа и самой подписью. Использование ЭП дает ряд серьезных преимуществ: придание электронному документу юридической силы, отсутствие необходимости печати электронного документа для его подписания, высокая мобильность подписанного электронного документа, автоматизация проверки авторства, наивысшая степень защиты от подделки подписи и от внесения изменений в текст документа.

Эффективно используется технология ЭП для оформления юридически значимых электронных документов в автоматизированной системе оформления электронной транспортной накладной (АС ЭТРАН) – системе централизованной подготовки и оформления перевозочных документов по безбумажной технологии, позволяющая железнодорожникам, а также подключенным к системе грузоотправителям, экспедиторам и операторам подвижного состава оформлять в электронном виде все документы, связанные с перевозкой грузов. В настоящее время сеть электронного взаимодействия в рамках АС ЭТРАН охватывает более 3700 станций и 12 тыс. предприятий, при этом более 100 000 пользователей используют технологию ЭП. В среднем в месяц оформляется около 2 000 000 документов, подписанных ЭП. УЦ НИИАС обеспечивает выдачу сертификатов и ключей ЭП пользователям АС ЭТРАН. Также в составе УЦ НИИАС функционирует Служба штампов времени (*Time Stamping Authority*), обеспечивающая простановку метки доверенного времени, удостоверяющей время подписи документа, что необходимо для подтверждения транзакций, привязанных к определенному времени, обеспечения невозможности отказа от авторства и сохранения данных для аудита.

Еще одним примером действующей эффективной юридически значимой СЭДО в ОАО «РЖД» является система электронного обмена данными о грузовых перевозках в международном железнодорожном сообщении (EDI-система). Признание легитимности иностранных электронных документов является одной из существенных проблем при организации трансграничного электронного взаимодействия, которая решена путем построения указанной юридически значимой СЭДО.

Функционирование юридически значимой СЭДО при трансграничном электронном взаимодействии основано на использовании сервисов и служб доверенной третьей стороны (ДТС), функции которой в интересах ОАО «РЖД» выполняет АО «НИИАС» на базе своего Удостоверяющего центра. Аналогичные комплексы ДТС в настоящее время функционируют во многих сопредельных железнодорожных администрациях. ДТС осуществляет проверку подлинности и подтверждение легитимности иностранных ЭП, а также предоставляет гарантии, что электронные перевозочные документы, подписанные ЭП, своевременно и точно передаются получателю с обеспечением целостности, подлинности и неотказуемости от авторства, и, в случае возникновения любых споров, предоставляет факты, подтверждающие совершение действий с электронными документами и процессы их передачи и приема.

В течение 2019 г. ОАО «РЖД» осуществляло юридически значимый (с использованием ЭП и сервисов ДТС) трансграничный электронный документооборот в рамках грузоперевозок по безбумажной технологии с Белорусской железной дорогой (БЧ), ПАО «Укрзализныця» (УЗ), АО «Литовские железные дороги» (ЛГ), ГАО «Latvijas dzelzceļš» (ЛДЗ), АО Эстонская железная дорога (ЕВР), АО «НК «Қазақстан темір жолы» (КТЖ), АО «Улан-Баторская железная дорога» (УБЖД). В течение года ДТС ОАО «РЖД» обработано более 700 тысяч электронных перевозочных документов. Осуществлен совместный проект ОАО «РЖД» и БЧ по реализации и формированию единой системы транзита в рамках Евразийского экономического союза на железнодорожном транспорте по маршруту перевозки Наушки – Брест.

Организована комплексная сеть электронного взаимодействия не только с перевозчиками и владельцами грузов, но и электронное взаимодействие с государственными органами исполнительной власти, в первую очередь с ФНС России и ФТС России. Это позволило определить целевую модель перевозок, при которой по любому транспортному коридору («восток – запад», «север – юг») груз должен проходить оформленным с помощью электронных документов по безбумажной технологии и оформляться один раз в стране отправления.

Применение юридически значимой СЭДО в международном железнодорожном сообщении позволило достичь следующих положительных результатов:

- сокращение экономических и административных барьеров при железнодорожных перевозках;
- ускорение и рост товарооборота между железными дорогами-участницами и транзита по их территории;

- сокращение времени на выполнение операций оформления документов;
- повышение уровня информационной безопасности.

В числе других доверенных сервисов, предоставляемых УЦ НИИАС для использования в СЭДО следует отметить систему гарантированной доставки электронных сообщений и документов с их защищенным хранением, реализованную, в частности, в подсистеме электронной подписи (далее – ПЭП) Единой интеллектуальной системы управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте (далее – ИСУЖТ).

Основной задачей системы гарантированной доставки является реализация оперативного обмена подписанными ЭП и зашифрованными (при необходимости) электронными документами с обеспечением строгой идентификации отправителя электронного документа, подтверждения его авторства и защиты информации при передаче и хранении. Система гарантированной доставки в совокупности с другими доверенными сервисами УЦ НИИАС (например, сервисом штампов времени) позволяет решить задачи по организации юридически значимого электронного взаимодействия между подсистемами ИСУЖТ, а также ее взаимодействие с другими информационными системами ОАО «РЖД».

Важным результатом при создании ПЭП явилась реализация простой расширенной электронной подписи (далее – ПРЭП), обеспечивающей целостность электронного документа и неотказуемость от его авторства. Формирование ПРЭП осуществляется посредством обращения клиентских модулей к выделенным (отдельно размещенным) сервисам, входящим в состав ПЭП. Применение ПРЭП в технологических документах ОАО «РЖД» позволяет сократить затраты на приобретение носителей ключевой информации и на закупку для каждого пользовательского рабочего места специализированного криптографического программного обеспечения.

В части использования доверенных сервисов аутентификации следует отметить применение в ИСУЖТ технологических сертификатов ключей проверки электронной подписи, выпускаемых УЦ НИИАС. Однозначная взаимная аутентификация участников и объектов информационного обмена в ИСУЖТ с использованием технологических сертификатов обеспечивает:

- безопасные соединения;
- взаимную аутентификацию;
- подпись технологических квитанций в процессе информационного обмена;

- автоматизированную подпись электронных сообщений от различных узлов и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики.

Кроме того, в 2019 г. в рамках функционального развития Подсистемы электронной подписи в инфраструктуру ОАО «РЖД» была внедрена система единой аутентификации на базе открытого стандарта OAuth 2.0 – протокола, позволяющего выдать одному сервису (приложению) права на доступ к ресурсам пользователя на другом сервисе. Использование OAuth 2.0 возможно на любой платформе с доступом к сети и браузеру на сайтах, в мобильных и десктоп-приложениях, плагинах для браузеров. Среди преимуществ системы:

- упрощение процедуры администрирования пользователей;
- возможность аутентификации пользователей с использованием усиленной ЭП;
- упрощение мониторинга и разбора инцидентов ИБ;
- повышение общей защищенности системы с использованием единых механизмов аутентификации;
- возможность работы с полноценным использованием технологии «тонкий клиент»;
- безопасная передача логина/ПИН-кода с использованием российской криптографии без компрометации на стороне внешних систем;
- использование единой базы клиентов ПЭП для аутентификации во внешних системах.

Описанные выше направления создания и развития на базе УЦ НИИАС доверенной инфраструктуры, содержащей доверенные сервисы для использования в юридически значимом электронном документообороте ОАО «РЖД», уже применяются при «бесбумажных» перевозках грузов и в технологическом электронном документообороте, и в дальнейшем позволят внести существенный вклад в создание Цифровой железной дороги.

УДК 004.056



Матюхин В.Г.



Безродный Б.Ф.



Макаров Б.А.



Бакуркин Р.С.



Дубников Д.Г.



Ковалев П.С.



Любимова Л.В.

Кибербезопасность ОАО «РЖД». Опыт работы, достижения, неудачи, проблемы, задачи и перспективы

Ключевые слова:

кибербезопасность, микропроцессорные системы управления, программно-управляющие системы, киберзащищенность, импортозамещение

1. Кибербезопасность на железной дороге

Работа по оценке киберзащищенности программно-управляемых систем в подразделениях, дочерних и зависимых организациях ОАО «РЖД» началась по распоряжению ОАО «РЖД» от 28 сентября 2013 года № 2062р. В соответствии с этим распоряжением в АО «НИИАС» создан Центр кибербезопасности, как головная организация по оценке киберзащищенности объектов железнодорожного транспорта.

В дальнейшем, был организован Экспертный совет по кибербезопасности микропроцессорных систем управления ОАО «РЖД», который ранее последовательно возглавляли Заместители генерального директора – главные инженеры ОАО «РЖД» В.А.Гапанович, С.А.Кобзев. В настоящее время Экспертный совет возглавляет Заместитель генерального директора – главный инженер ОАО «РЖД» А.М.Храмцов. Кроме того, в АО «НИИАС» на регулярной основе проводится семинар «Актуальные проблемы кибербезопасности программно-управляемых систем и комплексов».

В первое время работа Центра кибербезопасности в значительной мере тормозилась из-за отсутствия нормативно-методических документов, регламентирующих деятельность по кибербезопасности микропроцессорных систем управления (МПСУ). Дело доходило до того, что поставщики и разработчики МПСУ отказывались от проведения исследований на киберзащищенность своих систем, ссылаясь на отсутствие необходимости такой проверки. Поэтому в 2013-2014 годах одним из основных направлений Центра кибербезопасности стала разработка нормативно-методических документов, регламентирующих различные аспекты и проблемы киберзащищенности МПСУ железнодорожного транспорта. В период с 2013 по 2017 годы утверждены и применяются 15 нормативно-методических документов, в том числе и СТО.

В последнее время положение с нормативной документацией по кибербезопасности на государственном уровне изменилось к лучшему. Значительно расширилась нормативная база ФСТЭК России (например, появились приказы №31 от 14.03.2014, №17 от 11.02.2013 и др.), опубликованы и вступили в действие государственные стандарты по кибербезопасности (ГОСТ Р 56205-2014, ГОСТ Р МЭК 62443-2-1-2015, ГОСТ Р 56498-2015 и др.), а также стандарты, определяющие требования к безопасности программного обеспечения.

С развитием нормативной базы, а также полученным уникальным опытом работы, определились основные направления работ Центра кибербезопасности:

- 1) разработка новой и совершенствование действующей нормативно-методической базы ОАО «РЖД» в области кибербезопасности микропроцессорных систем управления (МПСУ);
- 2) проведение работ по исследованию киберзащищенности отдельных видов МПСУ, включая тесты на проникновение (пентесты);
- 3) разработка организационных, программно-аппаратных мер и средств повышения кибербезопасности МПСУ;
- 4) экспресс-аудит программно-управляемых МПСУ;

- 5) участие в реализации программ импортозамещения (импорто-независимости) и локализации производства;
- 6) участие в запуске и работе Московского Центрального Кольца.
- 7) реверс-инжиниринг МПСУ.

Для выполнения поставленных задач в Центре кибербезопасности работают высококвалифицированные сотрудники, имеющие высшее образование, ученые степени и звания в области защиты информации или смежных областях.

За период 2014 – 2019 гг., экспертами Центра было подготовлено большое число выступлений на научно-технических конференциях, опубликовано более 50 статей в российских и зарубежных средствах массовой информации.

2. Оценка киберзащищенности МПСУ

Для качественного проведения исследований киберзащищенности микропроцессорных систем управления поставщики или разработчики предъявляют ряд необходимых документов:

- 1) доказательство безопасности;
- 2) сертификат отсутствия НДВ в ПО или, в зависимости от конкретного случая, могут быть представлены другие имеющиеся сертификаты уполномоченных в области защиты информации государственных органов (ФСТЭК России, ФСБ, Министерство обороны);
- 3) полный комплект документации (конструкторской, эксплуатационной и т.д.);
- 4) программное обеспечение (исполняемая программа, исходные коды, архитектура ПО – блок схема);
- 5) действующий макет проверяемой системы с датчиками и исполнительными устройствами (или их имитаторами), либо проверка проводится на реальном объекте;
- 6) классификацию своей системы по требованиям защищенности и значимости информации (распоряжение ОАО «РЖД» от 03 марта 2015 года №543/р, и распоряжение ОАО РЖД от 07 февраля 2019 года №220/р).

Дополнительно могут быть запрошены другие необходимые для проведения исследований документы или программные средства (например, компиляторы и другие специфические для конкретной системы средства).

Важным этапом исследований является первичный анализ программного обеспечения, включающей в себя в том числе инвентаризацию программных компонентов. В результате данного анализа обычно обнаруживаются следующие недостатки:

1. Используется ПО, не имеющее сертификата безопасности Госрегуляторов (ФСТЭК, ФСБ, МО).
2. Используется ПО, с просроченным сертификатом безопасности.
3. Используется устаревшее ПО, которое уже не сопровождается разработчиком (автором).
4. Используется нелицензионное ПО или отсутствуют юридически значимые доказательства легальности использования, эксплуатируемого системного и прикладного ПО.
5. Вносятся несанкционированные изменения в ПО после получения сертификата безопасности от Госрегулятора. Проблема *Embedded* версий ПО пока не решена не только в ОАО «РЖД», но и в других российских ведомствах.

В ходе исследований, для определения гипотетически-возможных направлений деструктивных кибератак (моделей кибератак) в общем виде используется структурная схема, приведенная на рисунке 1.

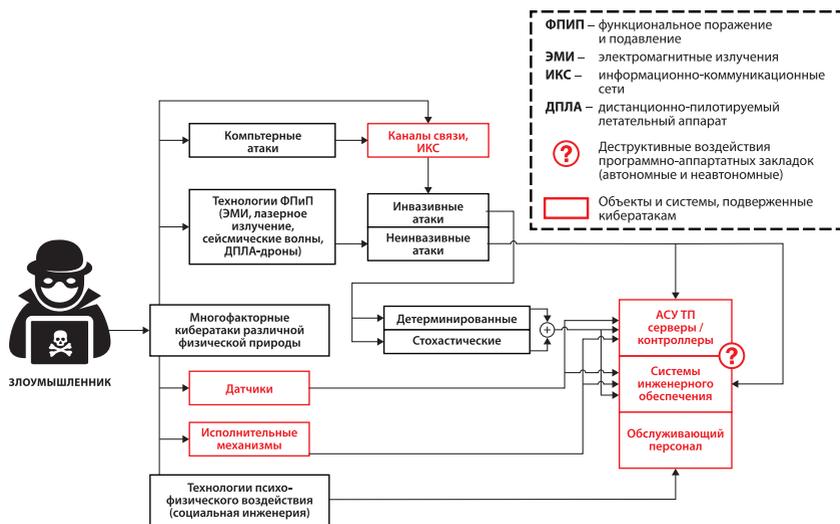


Рис. 1. Структурная схема возможных направлений кибератак

На схеме обозначены возможные направления кибератак на систему управления и связанные с ней объекты (датчики, каналы связи и т.д.). К объектам также могут относиться системы инженерного обеспечения – это дистанционно или программно-управляемые системы первичного и вторичного электропитания, шины заземления, системы вентиляции и термостабилизации, кондиционирования, автома-

тического пожаротушения, аварийного акустического оповещения, доступа персонала и аварийно-тревожной сигнализации, а также многое другое.

После проведения исследований на киберзащищенность в итоговом отчете указывается:

1. Перечень уязвимостей в схмотехнических решениях и архитектуре программного обеспечения МПСУ (в том числе НДВ и НСД);
2. Результаты тестов на проникновения;
3. Программа и сценарии возможных кибератак;
4. Влияние выявленных уязвимостей на функциональную безопасность;
5. Протоколы испытаний;
6. Рекомендации по устранению уязвимостей и необходимых мерах защиты и, в случае необходимости, применения дополнительных программно-аппаратных средств защиты.

В результате исследований заказчику (разработчику) и функциональному заказчику выдается экспертное заключение о киберзащищенности исследованной МПСУ.

Для эффективной координации взаимодействия между производителем и функциональным заказчиком (потребителем) МПСУ, при внедрении системы в инфраструктуру ОАО «РЖД» необходимо руководствоваться документами: «Регламент взаимодействия ОАО «РЖД» с разработчиками и поставщиками МПСУ», утвержденный распоряжением ОАО «РЖД» от 30 июня 2015 года №1639р и «Регламент взаимодействия структурных подразделений и функциональных филиалов ОАО «РЖД» с разработчиками и поставщиками МПСУ при оценке соответствия киберзащиты, порядок устранения выявленных несоответствий, а также сопровождения систем в части обеспечения киберзащищенности МПСУ на всех этапах жизненного цикла», утвержденный распоряжением ОАО «РЖД» от 11 января 2017 года № 134/р.

3. Классификация уязвимостей программно-управляемых систем ОАО «РЖД»

За период 2014–2020 годов, по результатам исследований киберзащищенности 40 различных МПСУ ОАО «РЖД» от 27 разработчиков-производителей, в том числе ООО «Сименс», ООО «Бомбардье Транспортейшен (Сигнал)», ОАО «Элтеза», ОАО «Радиоавионика» и др., было обнаружено 247 уязвимостей. Выявленные уязвимости были классифи-

цированы в зависимости от степени опасности и возможностей нарушителя. Из всех выявленных уязвимостей – 40 были определены как критические, которые могут быть реализованы со стороны внешнего нарушителя и оказывать влияние на безопасность движения.

Для защиты от выявленных кибератак сотрудники Центра кибербезопасности совместно с разработчиками двух программно-управляемых систем создали программно-аппаратные решения, устраняющие выявленные критические уязвимости. В частности, разработаны система защиты для МПЦ EBILock 950, версия R3 (поставщик ООО «Бомбардье Транспортейшн (Сигнал)» г. Москва) и система защиты для Аппаратуры микропроцессорной телемеханики (АМТ) (поставщик Московский энергомашиностроительный завод (МЭЗ), г. Москва). Обе системы защиты успешно прошли опытную эксплуатацию и рекомендованы для массового внедрения.

Степень опасности уязвимостей определяется на основании документа «Правила анализа уязвимостей и угроз кибербезопасности микропроцессорных систем управления движения поездов, локомотивов и энергоснабжения и разработка базовых моделей угроз на основании результатов анализа», утвержденного ОАО «РЖД» 13 января 2016 года (далее – Документ).

В соответствии с данным Документом определяются 4 степени опасности уязвимости: низкая, средняя, высокая и критическая. Выбор степени опасности производится на основании базовой оценки CVSS (*Common Vulnerability Scoring System*).

Кроме этого, для идентификации степени опасности выявленных уязвимостей используется «Классификатор опасных отказов технических средств системы КАС АНТ», введенный в действие распоряжением ОАО «РЖД» от 04 февраля 2016 года №191р.

К классу критических уязвимостей можно отнести следующие не санкционированные деструктивные воздействия:

- перевод стрелок под железнодорожным подвижным составом или при установленном маршруте;
- ложный разрешающий сигнал светофора;
- создание опасных маршрутов движения поездов с последующим боковым или лобовым столкновением, либо столкновение с впереди идущим или стоящим поездом и т.д.

К сожалению, в процессе проведения исследований часто приходится сталкиваться с фактами, когда выявленная уязвимость не может быть корректно классифицирована. Для устранения этого недостатка планируется разработать собственную методику классификации уязвимостей МПСУ ОАО «РЖД» в 2020 году.

При выполнении исследований по выявлению уязвимостей проверяемых программно-управляемых систем ОАО «РЖД» неукоснительно соблюдаются режимы секретности и конфиденциальности. В случае привлечения сторонних организаций (соисполнителей) обязательно ставится условие наличия у них лицензии для допуска к материалам, имеющим гриф секретности и наличие лицензии на право разработки программно-технических средств для защиты секретной информации.

Для проведения некоторых работ могут дополнительно привлекаться высококвалифицированные специалисты сторонних компаний, лидирующих на рынке кибербезопасности.

В процессе проведения работ за период 2014–2020 гг. в качестве соисполнителей привлекались следующие российские фирмы:

1. ФГУП «ЗащитаИнфоТранс» (г. Москва)
2. ООО «Новилаб Секьюрити» (НИЯУ МИФИ) (г. Москва)
3. ЗАО «ИБТранс» (г. Москва)
4. ЗАО «Позитивные Технологии» (*Positive Technologies*) (г. Москва)
5. ЗАО «НПО «Станкинформзащита» (г. Москва)
6. ЗАО «НПО «Эшелон» (г. Москва)
7. МОУ «Институт инженерной физики» (г. Серпухов)
8. Лаборатория Касперского (г. Москва)
9. Компания Digital Security (г. Санкт-Петербург)
10. Компания АСП Лабс (НИЯУ МИФИ). (г. Москва)

Основными критериями при выборе соисполнителей являются:

- квалификация сотрудников соисполнителей;
- качество работ;
- оперативность выполнения работ;
- цена услуг соисполнителя.

Привлечение организаций соисполнителей в обязательном порядке согласуется с производителями (поставщиками) проверяемых на киберзащищенность программно-управляемых систем.

4. Планы на развитие нормативно-методической базы

В 2020 году силами сотрудников Центра кибербезопасности запланирована разработка трех нормативно-методических документов.

1. В качестве дальнейших шагов для реального объединения усилий всех специалистов, обеспечивающих различные аспекты безопасности российских железных дорог, персонала ОАО «РЖД», прилегающей инфраструктуры и окружающей природной среды, в 2021 году предполагается разработать новый нормативно-методический

документ «Паспорт комплексной транспортной безопасности» на все стационарные объекты инфраструктуры, железнодорожные транспортные и ремонтно-диагностические средства. В нем будут отражены вопросы информационной, функциональной, транспортной и кибербезопасности, а также физической безопасности и охраны объектов инфраструктуры, сведения о локализации производства, о процессе импортозамещения отечественными материалами, комплектующими изделиями и программным обеспечением. Вопросы практического взаимодействия и контроля (взаимоконтроля) всех причастных к проблемам безопасности структур ОАО «РЖД» также войдут в данный документ.

Документ будет разработан не на принципах научно-технического предметного сепаратизма, а на принципах интеграции усилий всех структур, дочерних и зависимых обществ ОАО «РЖД», имеющих отношение к вопросам безопасности российского железнодорожного транспорта. Разработка и внедрение такого паспорта укладывается в рамки требований, изложенных в тексте Федерального закона «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» от 26 июля 2017 года № 187-ФЗ.

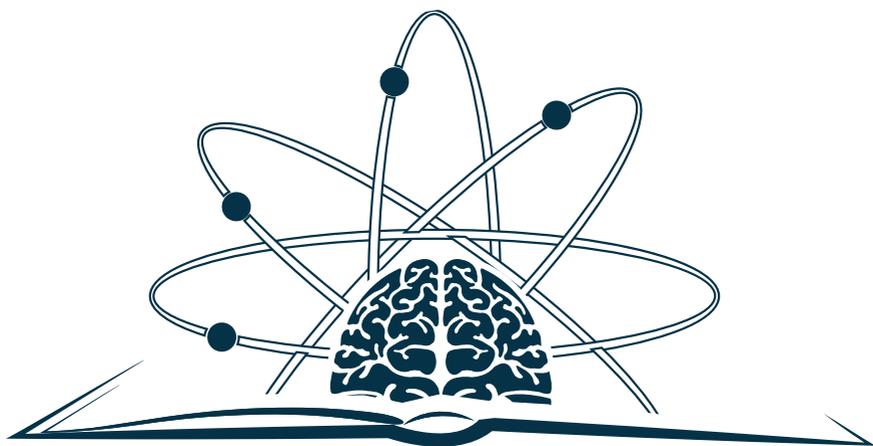
2. Планируется создание методики для классификации новых уязвимостей, выявленных сотрудниками Центра кибербезопасности в процессе исследований МПСУ ОАО «РЖД».

3. На 2020 год намечено выполнение НИОКР «Разработка специального методического обеспечения, а также инструментальных и программных средств для проверки на киберзащищенность МПСУ ОАО «РЖД». Данная работа позволит расширить спектр применяемых программно-аппаратных средств и методик проверки киберзащищенности исследуемых МПСУ, повысить эффективность и качество работ, выполняемых Центром кибербезопасности АО «НИИАС».

Также планируется проведение проверок на киберзащищенность 8 программно-управляемых систем, разработанных для эксплуатации в инфраструктуре ОАО «РЖД».

В заключение приведем слова, сказанные Президентом России В.В. Путиным на пленарном заседании Международного конгресса по кибербезопасности в Москве, 6 июня 2018 года: *«Убеждён, их нейтрализация (кибератак) и в целом обеспечение кибербезопасности – это государственная задача, и в её решении необходимо объединять усилия правоохранительных органов, деловых кругов, общественных организаций и самих граждан».*

*Управление
интеллектуальной
собственностью*



VIII

УДК 656.02::347.77



Розенберг Е.Н.



Раков В.В.



Вихрова Н.Ю.

Цели и задачи проведения патентных исследований при разработке железнодорожной техники

Ключевые слова:

интеллектуальная собственность, патентные исследования, НИОКР, патент, технические решения

В настоящее время, в период обострения отношений с рядом западных стран, стремления изолировать Россию, установить экономические санкции, проблема создания и подготовки инновационных продуктов, в том числе новых технических решений в области железнодорожного транспорта приобретает особое звучание.

Перед железнодорожной отраслью поставлены задачи – создать высоконадежную развитую структуру железнодорожного транспорта, обеспечивающего в плановых объемах и требуемые клиентами сроки перевозки грузов, выполнение пассажирских перевозок в соответствии с возрастающей активностью и комфортабельностью населения страны, ростом международных контактов.

Основные задачи развития железнодорожного транспорта связаны с текущей ситуацией в отрасли, решением оперативных проблем на железных дорогах, и перспективными, нацеленными на экономический рост благосостояния населения, повышение качества жизни населения, культурных и интеллектуальных запросов.

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 систем 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.

Такой широкий фронт научно-технических работ требует при постановке новой НИОКР глубокой предварительной оценки достижений уровня техники и технологических процессов, состояния объекта исследования в нашей стране и за рубежом, прогноза конкурентоспособности создаваемых объектов интеллектуальной собственности.

Решение этих и подобных задач напрямую связано с проведением глубоких патентных исследований, постоянным слежением за созданием новых объектов интеллектуальной собственности, анализа последних достижений в области науки и техники и применения их результатов в совершенствовании железнодорожного транспорта.

В настоящее время все государственные заказчики требуют от исполнителей госбюджетных НИОКР проведения патентных исследований в соответствии с ГОСТ Р. 15.011-96 «Система разработки и постановки продукции на производство, патентные исследования, содержание и порядок проведения» [1].

По своему характеру и содержанию патентные исследования относятся к прикладным научно-исследовательским работам.

Патентные исследования проводят при создании объектов новой техники; разработке планов развития науки и техники; разработке научно-технических прогнозов; освоении и производстве продукции;

определении целесообразности экспорта промышленной продукции; продаже и приобретении лицензий; при решении вопроса о патентовании созданных объектов промышленной собственности. Также патентные исследования следует проводить для выявления нарушений прав патентообладателей.

Проведение патентных исследований направлено на достижение следующих основных целей:

- определение технического уровня разработки или продукта, который предполагается поставлять на рынок, что определяет его потребительские свойства, а также тенденций развития в данной области;
- исследование направлений научно-исследовательской и производственной деятельности предприятий и фирм, которые действуют или могут действовать на определенном рынке продукции;
- исследование состояния рынков конкретной продукции, сложившейся патентной ситуации, выявление требований потребителей к товарам и услугам;
- технико-экономический анализ и обоснование выбора технических, художественно-конструкторских решений, отвечающих требованиям создания новых объектов техники;
- выявление новых технических, художественно-конструкторских решений, определение их патентоспособности и обоснование целесообразности правовой охраны, выбор стран патентования;
- исследование патентной чистоты объектов техники на соответствующем этапе создания объектов новой техники, т.е. выявление внешних угроз, связанных с наличием на аналогичную продукцию конкурентов охранных документов (патентов, свидетельств и т.п.), которые могут блокировать выход вашей продукции на рынок;
- оценка конкурентоспособности продукции: если продукт характеризуется невысоким техническим уровнем, то велика вероятность, что его трудно будет реализовать по приемлемой цене в условиях конкуренции;
- определение патентоспособности объекта при принятии решения его запатентовать.
- обоснование целесообразности и форм проведения за рубежом коммерческих мероприятий по реализации объектов техники, закупке и продаже лицензий, оборудования, комплектующих изделий и т.д.

По содержательной направленности задачи патентного исследования можно объединить в следующие группы:

- Исследование технического уровня объекта техники;
- Анализ научно-технической деятельности ведущих фирм;

- Изучение тенденций развития данного вида техники;
- Анализ патентно-лицензионной деятельности ведущих фирм на мировом рынке данного вида техники;
- Техничко-экономический анализ технических решений/ изобретений, отвечающих задачам разработки;
- Исследование новизны разрабатываемого объекта техники и его составных частей;
- Исследования патентной чистоты объекта техники и его составных частей;
- Изучение целесообразности правовой защиты объекта промышленной собственности.

Одной из важнейших частей патентного исследования является *поиск патентной информации*. Он включает процессы отбора соответствующих заданию документов или сведений из массива патентных документов и научно-технической литературы. Цели патентного поиска определяются задачами использования патентной информации на конкретной стадии планирования тематики, создания, освоения и реализации новой техники или продукции.

При планировании тематики патентный поиск проводится для того, чтобы выяснить, решалась ли поставленная техническая задача ранее, какие решения защищены патентами, какие фирмы работают в данной области техники, каковы перспективы разработки темы. Поиск проводится также с целью технико-экономического анализа изобретений при прогнозировании тенденций развития техники.

На стадии создания объекта техники, включающей проведение научных исследований и разработку конструкторско-технологической документации, основными целями патентного поиска являются выявление имеющихся технических решений в данной области, определение уровня этих решений и отбор перспективных в научно-техническом отношении изобретений, определение патентоспособности создаваемых технических решений.

На стадии освоения и реализации новой техники поиск и изучение патентной информации необходим для контроля за изменением уровня техники, определения патентной чистоты выпускаемой продукции, принятия своевременных мер по использованию новейших изобретений или по их обходу в случае, если они защищены патентами.

Основные правила и требования к проведению патентных исследований регламентируются п.6 ГОСТ 15.011-96. и включают следующие работы:

- разработка задания на проведение патентного исследования;
- разработка регламента поиска;
- поиск и отбор патентной и другой научно-технической информации, в том числе конъюнктурно-экономической;
- систематизация и анализ отобранной информации;
- обобщение результатов и составление отчета о патентном исследовании.

Задание на проведение патентных исследований разрабатывают применительно к работе в целом и (или) отдельному ее этапу по приложению, которое указано в вышеотмеченном стандарте. В задании на проведение патентного исследования указываются: наименование темы и ее шифр; задачи патентных исследований, определяемые на основе анализа производственной и коммерческой деятельности хозяйствующего субъекта, анализа целей, характера работы в целом; краткое содержание работ, которое формируется в зависимости от задач патентного исследования; подразделения-исполнители работ, ответственные исполнители; – сроки исполнения, сведенные в поэтапный календарный план, определяющий конкретные виды исследований, обеспечивающие решение задач; формы отчетности.

Регламент поиска представляет собой программу, определяющую область проведения поиска по фондам патентной, научно-технической и конъюнктурно-экономической информации. В регламенте приводят обоснование его требований и определяют следующие данные также согласно приложению стандарта: предмет поиска; страны поиска; источники информации; ретроспективность (глубина поиска); наименование информационной базы (фонда).

Предметом поиска может являться технический объект в целом, его составные части, узлы или элементы, т.е. устройство, технологический процесс, вещество. При определении предмета поиска анализируются: объект изобретения в целом; функционально самостоятельные отличительные признаки; функционально самостоятельные признаки, общие для изобретения и наиболее близкого аналога, если имеются относящиеся к ним отличительные признаки, не являющиеся функционально самостоятельными.

В перечень стран, по которым следует проводить поиск, включаются наиболее развитые в промышленном отношении страны и страны, занимающие ведущее место в данной отрасли. Выбор стран поиска информации зависит от задачи патентного исследования.

Источники информации, по которым следует проводить поиск: патентные, научно-техническая информация, конъюнктурные, по классификационным индексам. Общеприняты следующие источники:

международная патентная классификация (МПК), международная классификация изобретений (МКИ); национальная классификация изобретений (НКИ); международная классификация промышленных образцов (МПКО); универсальная десятичная классификация (УДК).

Глубина (ретроспективность) поиска информации зависит от задач патентных исследований на различных этапах разработки. При определении технического уровня и тенденций развития вида техники, к которой относится разрабатываемый объект, глубина поиска может быть ограничена 15 годами. При определении новизны разработок поиск проводится, как правило, на глубину 50 лет, а при проверке объекта на патентную чистоту глубина поиска определяется сроком действия патента в стране поиска. Глубина поиска по источникам конъюнктурно-экономической информации достаточна за 5 лет.

Поиск и отбор информационных материалов является наиболее трудоемким этапом патентных исследований. Поиск информации проводится согласно заданию и регламенту патентных исследований. Различают три вида патентного поиска: тематический (предметный), именной и нумерационный. Основным и наиболее распространенным является тематический поиск.

Тематический поиск проводится по фонду описаний изобретений, по фондам промышленных образцов либо путем просмотра официальных бюллетеней. В качестве информационно-поискового языка используются классификации изобретений: в Европейских странах и Японии – это МПК; в США – национальная классификация.

Именной поиск применяется для контроля деятельности конкурентов также в качестве предварительного этапа тематического поиска. По наименованию фирмы-патентообладателя, заявителя, фамилии автора (авторов) изобретения определяют номера выданных патентов и их принадлежность к определенной рубрике классификации изобретений. Основную задачу именного поиска при установлении патентных прав составляет поиск патентов, принадлежащих тому или иному изобретателю, фирме. Для проведения именного поиска пользуются алфавитно-именными указателями, фирменными указателями и другими торгово-экономическими справочниками.

Нумерационный поиск, т.е. поиск по номеру документа, осуществляется для установления тематической принадлежности документа и его правового статуса на момент проверки. Поиск осуществляется по нумерационным указателям. По результатам проведенного поиска отбирают информацию для дальнейшего анализа и составляют отчет о поиске по приложению стандарта.

Анализ отобранной документации начинается с ее систематизации, которая зависит от вида выполняемых работ. Так, для определения технического уровня и тенденций развития техники отобранные документы систематизируют в соответствии с техническими решениями, направленными на решение одной и той же технической задачи, и по годам их создания. Для определения патентно-лицензионной ситуации документы систематизируют по странам и фирмам, по национальным и иностранным заявителям. Как известно, под техническим уровнем понимается достижение определенных технико-экономических показателей за счет воплощения в объектах техники перспективных научно-технических решений [2, 3]. Технический уровень объекта техники — это его относительная характеристика, основанная на сопоставлении значений показателей оцениваемого объекта с показателями соответствующей базы сравнения (базового образца, лучшего аналога или другого объекта, взятого за базу сравнения).

Под тенденцией развития техники понимается выявленная закономерность развития техники. Тенденции характеризуются направлениями и темпами развития. При определении тенденций принимается во внимание направленное изменение потребительских свойств продукции, наличие научно-технического задела, в частности патентов, развивающих первоначальное техническое решение, изменения в технической политике и другие факторы [2]. По темпам изменения потребительских свойств техники можно судить о прогрессивности той или иной тенденции. Потребительские свойства выражаются в количественных показателях, определяющих научно-техническую, экономическую и социальную эффективность объекта техники данного вида. При определении перспективности той или иной тенденции развития техники необходимо сравнить выявленные направления развития по динамике изобретательской активности, оценить возможную степень улучшения каждым направлением потребительских свойств.

Патентно-лицензионная ситуация по конкретному виду техники отражает сведения о патентно-правовой защите использованных в нем технических решений, а также деятельность фирм по реализации этих прав путем заключения лицензионных соглашений. Иначе говоря, это деятельность фирм по патентованию изобретений, относящихся к данному виду техники, продаже и покупке лицензий [3]. Определение патентно-лицензионной ситуации осуществляется путем статистической обработки патентной документации, выявления фирм-патентообладателей и анализа их лицензионной деятельности.

Вначале определяют динамику патентования. Под динамикой понимается изменение изобретательской активности в исследуемой

области техники за определенный период. Динамика патентования позволяет определить, на какие годы приходится наиболее интенсивная деятельность по данному виду техники. Обычно для определения динамики патентования массив охранных документов распределяют по странам, а затем систематизируют по национальным и иностранным заявителям и по датам приоритета. Динамику патентования определяют по охранным документам, принадлежащим национальным заявителям.

Структура взаимного патентования позволяет определить наличие спроса на данный объект техники на территории той или иной страны. Для определения структуры взаимного патентования весь массив отобранных документов систематизируют по национальным и иностранным заявителям.

Распределение охранных документов по фирмам с одновременным указанием патентов-аналогов дает возможность определить наличие коммерческих интересов на территории стран, где выявлены патенты-аналоги.

При разработке нового объекта, как правило, предусматривается использование в нем как уже известных прогрессивных технических решений, так и созданных в процессе разработки. Отбор известных прогрессивных технических решений и создание новых осуществляется на основе использования результатов проведенных патентных исследований на различных стадиях НИР и ОКР. В результате проведенного поиска и отбора изобретений, относящихся к теме исследования, проводится анализ применимости в разработке известных технических решений. Каждое предложенное разработчиками решение рассматривается, прежде всего, с точки зрения промышленной применимости. Одновременно исследуют вновь созданные решения на новизну и оценивают целесообразность их правовой охраны. На завершающем этапе исследования дается экономическая оценка использования объектов промышленной собственности по форме Д.2.3 ГОСТ 15.011-96 [1].

Проверка патентной чистоты объекта проводится, если имеется уже конкретное техническое решение. Патентная чистота объекта – неразрывно связана с существованием патента, предоставляющего его владельцу исключительное право на использование изобретения. Объекты техники, которые не подпадают под действие патентов в данной стране, обладают на территории этой страны патентной чистотой. Если хотя бы на один элемент продукции действует патент, то вся продукция в целом не удовлетворяет требованиям патентной чистоты.

Понятие «патентная чистота» не следует смешивать с понятием «патентоспособность». Патентная чистота касается непосредственно объекта техники, а патентоспособностью обладают технические решения. Под патентоспособностью понимается юридическое свойство технического решения, определяемое совокупностью признаков, необходимых для признания его изобретением, полезной моделью или промышленным образцом.

Таким образом, патентная чистота это юридическое свойство технических объектов (машин, оборудования и т.п. изделий) и технологических процессов, определяемое совокупностью признаков, обеспечивающих возможность использования этих объектов, не нарушая действующих патентов на изобретения и промышленные образцы. Изделие обладает патентной чистотой и в том случае, если подпадет под патенты, срок действия которых истек. Поскольку патент имеет территориальное действие, то при наличии, например, действующего патента в Японии и США на определенный объект техники, этот объект не обладает патентной чистотой в отношении данных стран. Однако если патент на такой же объект отсутствует на территории России и Индии, то по отношению к этим странам он обладает патентной чистотой. Таким образом, патентная чистота является понятием относительным, она определяется только в отношении конкретных стран и только на определенную дату.

Для обеспечения патентной чистоты объектов техники необходимо выявить все действующие патенты, имеющие отношение к разрабатываемому объекту, изучить патентную ситуацию и принять соответствующие меры по обходу действующих патентов или покупке лицензий на право производства продукции, защищенной патентами.

Построение, изложение и оформление отчета о патентных исследованиях регламентируется ГОСТом Р 15.001-96. В целом отчет о патентных исследованиях позволяет судить об уровне технического (технологического) развития, возможностях обеспечения коммерческого успеха на конкретном рынке в условиях конкуренции.

Отчет о патентных исследованиях должен содержать: 1) титульный лист; 2) список исполнителей; 3) содержание; 4) перечень сокращений и условных обозначений и символов, единиц и терминов; 5) общие данные об объекте исследований; 6) основную (аналитическую) часть; 7) заключение; 8) приложения.

Общие данные об объекте исследований должны содержать: – даты начала и окончания работы (год, месяц); – краткое описание объекта, его назначение, область применения.

Основная (аналитическая) часть отчета о патентных исследованиях в общем случае включает разделы: – технический уровень и тенденции развития объекта хозяйственной деятельности; – использование объектов промышленной (интеллектуальной) собственности и их правовая охрана; – исследование патентной чистоты объекта техники; – анализ деятельности хозяйствующего субъекта и перспектив ее развития. Включение конкретных разделов в основную (аналитическую) часть отчета о патентных исследованиях определяется заданием на проведение патентных исследований.

Каждый раздел основной (аналитической) части отчета должен содержать:

- анализ и обобщение информации в соответствии с поставленными перед патентными исследованиями задачами;
- обоснование оптимальных путей достижения конечного результата данной работы (ее этапа), например, выполнение НИР и ОКР или конкретных действий предприятия (организации);
- оценку соответствия завершенных патентных исследований заданию на их проведение, достоверности их результатов, степени решения поставленных перед патентными исследованиями задач, обоснование необходимости проведения дополнительных патентных исследований.

В заключении по патентным исследованиям в общем случае приводят обобщенные выводы по результатам проведенных патентных исследований, оценку состояния выполнения работы, предложения по использованию результатов патентных исследований для совершенствования научно-технической продукции, необходимость создания новых (усовершенствования существующих) объектов хозяйственной деятельности, обладающих конкурентоспособностью, обеспечение оптимальных условий реализации результатов НИР и ОКР, в том числе правовая охрана объектов интеллектуальной собственности, обеспечение патентной чистоты или приобретение – лицензий, необходимость выполнения на последующих стадиях (этапах) данной работы патентных исследований с определением их задач.

В приложения к отчету о патентных исследованиях включают:

- задание на проведение патентных исследований;
- регламент поиска;
- результаты проведенного патентно-информационного поиска,
- описания изобретений, аннотации документов и другие справочные материалы, отобранные при проведении поиска.

Итогом проведения патентных исследований является маркетинговая стратегия, разработанная с учетом самых перспективных направлений, занятие своей рыночной ниши, выявление конкурентов и направленности их деятельности. Патентные исследования являются базой для проведения работы по опережающему патентованию, позволяющему минимизировать риски потери исключительных прав на инновационные технические решения, а также снижают риски дублирования технических решений до минимума в самом начале разработки и минимизируют вероятность отказа в выдаче патента. Проведение патентных исследований является источником информации для тех, кто хочет приобрести патент или лицензию на запатентованную ранее продукцию.

При реализации своей продукции на рынке других государств выполнение анализа патентной чистоты позволяет исключить нарушение прав третьих лиц, которые владеют патентами, имеющими силу на территории конкретного государства.

Таким образом, проведение патентных исследований является обязательным и неотъемлемым этапом работ как по созданию инновационных технических решений. От глубины поиска и широты охвата патентных баз зависит качество работы по подготовке заявок на закрепление организацией исключительных прав на создаваемые инновационные разработки, а также динамика формирования портфеля нематериальных активов. 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 организации на внутреннем и международном рынке интеллектуальной собственности за счет высокого технического уровня и новизны патентуемых технических решений.

Список литературы

1. ГОСТ Р 15. 011-96 Патентные исследования: Содержание и порядок проведения / Гос. стандарт РФ. – Введ. 01.01.96. – М.: Госстандарт России, 1996. – 27 с. – (Система разработки и поставки продукции на производство).
2. Э.П. Скорняков, М.Э. Горбунова "Патентные исследования. Учебной пособие" Москва, РГИИС, 2005г.
3. А.А. Бовин Интеллектуальная собственность: экономический аспект: Учеб. пособие / А.А. Бовин, Л.Е. Чередникова. – М.: Новосибирск: ИНФРА-М: НГАЭиУ, 2001. – 215 с.: табл. – (Высш. образование).



Дубчак И.А.



Раков В.В.

Эффективное управление интеллектуальной собственностью – основа инновационного развития компании

Ключевые слова:

управление интеллектуальной собственностью, инновации, результаты интеллектуальной деятельности, нематериальные активы

Исключительные права на результаты интеллектуальной деятельности (далее – РИД) являются для хозяйствующих субъектов ценными нематериальными активами. В зависимости от объектов интеллектуальной собственности, на которые предпринимателю принадлежат исключительные права, такие активы могут иметь достаточно высокую стоимость. В связи с этим актуальными задачами для многих компаний, в том числе и для АО «НИИАС», оказываются разработка и внедрение систем управления интеллектуальной собственностью.

С каждым годом интеллектуальная собственность становится все более ценным активом компаний и организаций по всему миру. Но, как и любым активом, ею нужно уметь управлять, чтобы успешно конкурировать на рынке и получать прибыль. Основы управления интеллектуальной собственностью уже входят в большинство образовательных программ для предпринимателей и менеджеров. Они формируют знания и практические навыки в двух направлениях – эффективное использование самой интеллектуальной собственности

(то есть ее коммерциализация), а также контроль и пресечение нарушений интеллектуальных прав компании, то есть их защита.

Перед специалистом, осуществляющим управление интеллектуальной собственностью, ставится целый ряд довольно сложных задач:

- закрепить имущественные (исключительные) права компании на служебную и приобретенную интеллектуальную собственность (далее – ИС);
- осуществить контроль за соблюдением компанией законодательства в сфере интеллектуальных прав;
- анализировать использование ИС компанией;
- предпринять меры по предотвращению и пресечению фактов нарушения исключительных прав компании и взыскания с нарушителей компенсаций и штрафов;
- монетизировать ИС.

Решение этих задач позволяет достигать поставленные компанией цели и быть высококонкурентными на современном технологичном рынке.

Ежегодно на мировом рынке появляются тысячи новых продуктов в области электроники, программного обеспечения, телекоммуникаций и других областях. Современное общество находится в постоянной гонке за новыми идеями, открытиями и изобретениями, так как именно они ложатся в основу изготовления товаров и оказания услуг, способных произвести максимальную отдачу вложений.

В условиях непрерывного экономического роста основным способом повышения конкурентоспособности выпускаемых товаров, поддержания высоких темпов развития и уровня доходности предприятий становится внедрение инноваций. основополагающим направлением их развития, являющимся базисом для роста уровня жизни населения, выступают научно-исследовательские разработки в области технологий, производства продукции и оказания услуг.

Повышение экономической роли инноваций, изменение темпов, направлений и механизмов развития инновационных процессов являются основными факторами, обуславливающими глобальные сдвиги в структуре экономики промышленно развитых и многих развивающихся стран. Они проявляются в увеличении объемов инвестиций в образование, науку, технологические и организационные нововведения, в опережающей динамике высокотехнологичных секторов промышленности при повышении технологического уровня традиционных отраслей хозяйства, в возникновении новых видов деятельности и так далее.

Развитие научно-технического прогресса в целях адаптации к изменениям на рынке, наряду с постоянно возрастающими потребностями покупателей, подталкивает предприятия к разработке и внедрению нововведений во всех сферах жизнедеятельности. Таким образом, неотъемлемым фактором эффективного функционирования рыночной экономики являются инновации, которые стимулируют повышение конкурентоспособности, освоение новых рынков сбыта, захват рыночных ниш, а также создание привлекательных условий для инвесторов.

Особое значение приобретает инновационное развитие предприятия, ориентирующего производственную деятельность на запросы потребителей, позволяющих более гибко реагировать и осуществлять своевременные изменения, а также наращивать конкурентные преимущества в долгосрочной перспективе. Актуальность исследований инновационного развития предприятия заключается в том, что применение инноваций при осуществлении коммерческой деятельности позволяет занять лидирующие позиции среди производителей новых продуктов, наделить продукцию высокой степенью наукоемкости и новизны и тем самым сделать ее конкурентоспособной на мировом рынке.

Эффективность инновационного развития предприятия во многом зависит от его возможностей осуществлять непрерывный и комплексный процесс нововведений, который должен быть основан на стратегическом планировании и создании организационных структур, превращающих инновационный процесс на предприятии в корпоративную норму. На усиленное развитие инноваций оказывает влияние жизненный цикл продукта: если раньше каждая его стадия измерялась годами и даже десятилетиями, то на современном этапе жизненный цикл продукта может длиться всего месяц. Это способствует ускорению темпа инновационного развития предприятия.

Главными аспектами успешного инновационного развития организации являются точная постановка стратегических задач и целей, оценка эффективности их реализации, а также прогнозирование рисков, способных привести к изменению курса инновационной стратегии. На сегодняшний день основой инновационного развития компании служит грамотно внедренная в производство инновация, которая имеет наивысшую ценность, так как ни сокращение общепроизводственных и общехозяйственных издержек, ни открытие более выгодных сырьевых ресурсов, ни изменение в стиле управления и руководства не сравнятся с полученным экономическим эффектом от инновационного решения на стадии коммерциализации. Успешная оценка экономической эффективности инноваций является базой

для преумножения доходов предприятия, получения конкурентных преимуществ, заинтересованности со стороны потребителя и привлечения инвестиций в капитал.

Фундаментом инновационного развития в обязательном порядке выступает инновационная стратегия, сформированная на основе современной управленческой системы, спроектированной для развития инновационной деятельности, повышения инновационной активности и создания благоприятного инвестиционного климата. Таким образом, инновационная стратегия, подкрепляемая маркетинговыми мероприятиями, а также научное обоснование выбранного системного подхода для оценки эффективности инновационной деятельности являются базой для формирования инновационной политики государства. Инновационная политика, направленная в первую очередь на долгосрочную перспективу, преследует цель осуществления поддержки со стороны государства в вопросах инновационного развития в отраслях народного хозяйства, предоставления стимулирующих инструментов для получения наивысшего эффекта от отечественных производств.

В настоящее время в АО «НИИАС» разработана методология управления интеллектуальной собственностью и создана нормативно-правовая база для работы с объектами интеллектуальных прав (изобретениями, полезными моделями, промышленными образцами, программами, базами данных, ноу-хау), охватывающая все аспекты управления интеллектуальной собственностью: от выявления охраноспособных результатов интеллектуальной и оформления исключительных прав до коммерциализации объектов интеллектуальных прав и выплаты вознаграждения авторам патентов, программ для ЭВМ и баз данных [1].

В декабре 2020 года Советом директоров АО «НИИАС» утверждена и реализуется Стратегия управления интеллектуальной собственностью АО «НИИАС» (далее – Стратегия), которая направлена на обеспечение научно-технологического и инновационного развития и выполнение следующих функций:

- содействие созданию, выявлению потенциально охраноспособных результатов интеллектуальной деятельности, в том числе путем нормативно-методического, информационно-аналитического обеспечения указанной деятельности;
- обеспечение правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности, осуществление соответствующих процедур по обеспечению правовой охраны (в том числе за рубежом), поддержанию охранных документов в силе, а также организация учета прав на результаты интеллектуальной деятельности;

- коммерциализация прав на результаты интеллектуальной деятельности, в том числе определение направлений развития и перспективных рынков;
- выявление и предотвращение нарушений третьими лицами прав на результаты интеллектуальной деятельности.

Вся деятельность по управлению интеллектуальной собственностью в АО «НИИАС» направлена на реализацию основной цели Стратегии – содействие повышению конкурентоспособности и создание условий для устойчивого развития АО «НИИАС», реализации целей и задач в области инновационного и технологического развития путем совершенствования системы управления интеллектуальной собственностью.

Указанная цель достигается путем выявления, обеспечения правовой охраны, внедрения и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности. При этом важной задачей является повышение качества результатов интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере, под которым понимается технологическая зрелость, широкий объем правовой охраны, вклад соответствующего результата в уровень техники, а также его ценность.

Реализация целей Стратегии осуществляется в соответствии с действующим в АО «НИИАС» Положением об управлении интеллектуальной собственностью (далее – Положение), утвержденным приказом Генерального директора от 02.03.2020 № 23, которое определяет порядок реализации политики в области управления интеллектуальной собственностью. В Положении закреплены основные цели управления интеллектуальной собственностью, функции Центра управления интеллектуальной собственностью АО «НИИАС», а также перечень работ и распределение обязанностей по управлению интеллектуальной собственностью на предприятии в процессе создания объектов интеллектуальных прав.

Положение позволяет:

- формировать и осуществлять единую корпоративную политику в области управления интеллектуальной собственностью;
- организовать учет и анализ результатов интеллектуальной деятельности, принадлежащих АО «НИИАС», и всех сделок с ними;
- формировать корпоративную культуру управления интеллектуальной собственностью;
- формировать имущественный комплекс АО «НИИАС» в части нематериальных активов;
- создавать правовые и экономические условия для эффективного использования результатов интеллектуальной деятельности

- в АО «НИИАС» и обеспечивать защиту экономических интересов и экономической безопасности АО «НИИАС»;
- повышать конкурентоспособность АО «НИИАС»;
 - организовать и совершенствовать изобретательскую деятельность в АО «НИИАС» и стимулировать его работников к активному участию в коммерциализации ИС, права на которые принадлежат АО «НИИАС».

Положение определяет порядок реализации политики в области управления интеллектуальной собственностью в АО «НИИАС» и распространяется на его подразделения, причастные к процессам, связанным с созданием и управлением результатами интеллектуальной деятельности.

Эффективное управление также подразумевает сочетание использования различных форм интеллектуальной собственности, охраняемых не только патентным правом (изобретения, полезные модели, промышленные образцы), но и авторским правом (произведения, ноу-хау). «Порядок организации работ по обеспечению прав АО «НИИАС» на секреты производства (ноу-хау) в научно-технической сфере» определяет процедуру работы с объектами, охраняемыми «в объективной форме» как единое целое, без привязки к технологическим особенностям и достоинствам, позволяет защитить форму и содержание объектов интеллектуальной собственности без их раскрытия и опубликования в доступных источниках информации.

В соответствии с Положением по бухгалтерскому учету «Учет нематериальных активов» (ПБУ 14/2007) в АО «НИИАС» выработана четкая последовательность своевременной постановки объектов ИС на бухгалтерский учет. Определен порядок выявления, оформления и вовлечения в хозяйственный оборот охраноспособных результатов интеллектуальной деятельности. Для каждого объекта интеллектуальных прав, при включении его в состав нематериальных активов АО «НИИАС», на всех этапах его жизненного цикла оформляются или проверяются необходимые документы, подтверждающие факт создания этого объекта, факт принадлежности его к служебному производству, заключаются договоры между работодателем в лице АО «НИИАС» и авторами о порядке выплаты вознаграждения, а также соглашения между авторами о доли творческого участия каждого члена коллектива. Для поставки на бухгалтерский учет по приказу Генерального директора АО «НИИАС» создается комиссия, определяющая стоимость созданного объекта интеллектуальных прав и срок полезного его использования, оформляется Акт о принятии к бухгал-

терскому учету объектов интеллектуальных прав в составе нематериальных активов.

В настоящее время в АО «НИИАС» принят к руководству комплекс Стандартов ОАО «РЖД» по управлению интеллектуальной собственностью, включающий следующие составляющие:

- Общие положения. Стандарт регламентирует деятельность в области управления интеллектуальной собственностью посредством развития системы управления правами на результаты интеллектуальной деятельности, включая совершенствование ее структуры, а также определение функциональных и обеспечивающих подсистем.
- Порядок и формы распоряжения правами на результаты интеллектуальной деятельности. Стандарт регламентирует установление порядка проведения на постоянной основе работы по отбору разработок в отношении которых целесообразно и экономически оправдано осуществление передачи прав на них, порядка непосредственной передачи прав на результаты интеллектуальной деятельности на основе договоров о распоряжении исключительными правами.
- Оценка результатов интеллектуальной деятельности в сделках по распоряжению правами. Стандарт регламентирует порядок применения подходов и методов оценки прав на результаты интеллектуальной деятельности в сделках по распоряжению правами, осуществляемых с различной целью, в том числе для коммерциализации, передачи исключительных прав под залог, вклада в уставный капитал юридического лица и др.

Применение стандартов управления интеллектуальной собственностью позволит повысить интенсивность формирования портфеля интеллектуальных прав, а также эффективность управления интеллектуальной собственностью АО «НИИАС». Кроме того, принятие к руководству комплекса Стандартов ОАО «РЖД» по управлению интеллектуальной собственностью позволит продолжить совершенствование нормативной базы АО «НИИАС» в области создания и распоряжения исключительными правами на результаты интеллектуальной деятельности.

Для стимулирования изобретательской активности существенное значение имеет поощрение и всесторонняя поддержка творческой деятельности [2]. В АО «НИИАС» действует Положение об авторском вознаграждении.

Порядок регулирования имущественных и связанных с ними личных неимущественных отношений, возникающих в связи с созданием, право-

вой охраной и использованием объектов интеллектуальных прав на территории Российской Федерации определяется ГК РФ. Условия и порядок выплаты вознаграждения авторам в АО «НИИАС» установлены разработанным Положением об авторском вознаграждении в соответствии с законодательством и соответствующими нормативными актами.

В настоящее время особую актуальность приобретает опережающее патентование прорывных технологий, которое позволяет сформировать портфель интеллектуальных прав на инновационные разработки и не допустить их использование конкурентами.

В АО «НИИАС» опережающему патентованию уделяется большое внимание (рис.1). Оформляются исключительные права АО «НИИАС» на перспективные технические решения, разрабатываемые в настоящее время [3].



Рис.1. Патенты и свидетельства АО «НИИАС»

В современных экономических условиях особый статус приобретают отечественные и международные выставки, где можно напрямую встретиться с покупателями, контрагентами и конкурентами, узнать новые тенденции развития рынка и принять непосредственное участие в его формировании.

АО «НИИАС» регулярно участвует в таких выставках как Московский Международный Салон изобретений и инновационных

технологий «Архимед», Международная выставка изобретений «Изобретения Женева», Международная выставка изобретений «INOVA» (Хорватия, г. Загреб), Всемирный Салон инноваций, научных исследований и новых технологий «Брюссель-Иннова/Эврика», Международная выставка iENA «Идеи – Изобретения – Новые продукты» (Германия, г. Нюрнберг), Международная выставка техники и технических достижений («International Technical Fair») (Сербия, г. Белград), где выставляет наиболее перспективные изобретения. Ежегодно на выставках патенты АО «НИИАС» получают медали и дипломы (рис.2), а также входят в 100 лучших и перспективных изобретений России, что подтверждает их высокий технический уровень и новизну. Большой интерес участников, проявляемый к экспозиции АО «НИИАС», позволяет сделать вывод о востребованности и большом коммерческом потенциале продукции АО «НИИАС».



Рис. 2. Награды АО «НИИАС»

В современных условиях жесткой конкуренции и глобального экономического кризиса большую роль приобретает международное патентование. Это обусловлено тем, что исключительные права на результаты интеллектуальной деятельности имеют территориальный

характер действия, то есть наличие патента Российской Федерации закрепляет за предприятием исключительные права на запатентованные разработки только в Российской Федерации, при этом зарубежные предприятия смогут использовать изобретение или полезную модель на территории своей страны без нарушения законодательства. В целях защиты наиболее важных и перспективных технических разработок руководством АО «НИИАС» принято решение активизировать международное патентование.

Эффективное управление интеллектуальной собственностью на предприятиях возможно только при комплексном подходе, что включает в себя не только изобретательскую деятельность и патентно-информационное сопровождение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, но и наличие организованной системы управления для использования результатов интеллектуальной деятельности, их оптимизации и коммерциализации, а также для защиты от несанкционированного использования. Созданная в АО «НИИАС» система управления интеллектуальной собственностью позволяет эффективно контролировать процесс создания и коммерциализации объектов интеллектуальных прав на всех этапах их жизненного цикла, а оперативное информационное обеспечение авторов разработок сведениями о мировых тенденциях развития железнодорожной отрасли позволяет обеспечить высокий технический уровень, новизну и, как следствие, конкурентоспособность создаваемых объектов интеллектуальных прав и инновационное развитие компании.

Список литературы

1. Е.Н. Розенберг, В.В. Раков, В.С. Миронов, Н.Ю. Вихрова. Роль патентных исследований в разработках железнодорожной техники. Труды ОАО «НИИАС». Сборник научных трудов. Выпуск 10. М.: ООО «Издательский Дом «Технологии», 2014, с. 409-419.
2. Е.Н. Розенберг, В.В. Раков., Д.А. Сюмайкина Эффективное управление объектами интеллектуальных прав. Автоматика, связь, информатика, №10, 2016, с. 8-9.
3. В.В. Раков, Н.Ю. Вихрова Перспективы развития и проблемы патентования объектов железнодорожного транспорта. Труды ОАО «НИИАС». Сборник научных трудов. Выпуск 9. М.: Изд-во ООО «Группа ИДТ», 2011, с. 333-341.

Труды АО «НИИАС»
Выпуск 11
Том 2

Главный редактор
И.Н. Розенберг

Ответственный за выпуск
Ю.Г. Турецкий, И.А. Николенко, А.С. Семёнова

Компьютерная верстка
С.Б. Терешкин

Подписано в печать 31.10.2021. Формат 60x90 ¹/₁₆.
Гарнитура Миньон. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 17,71. Тираж 200 экз. Заказ № 179892.

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.niias.ru

Отпечатано в типографии

АО «Т 8 Издательские Технологии»
Россия, 109316 Москва, Волгоградский просп., 42, корп. 5
www.t8print.com

ISBN 978-5-94833-099-0

ББК 39.2

© АО «НИИАС», 2021

© Авторы, 2021