

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

ООО «НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ  
НА ТРАНСПОРТЕ И В ЛОГИСТИКЕ

Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции

10-11 февраля 2016 г.

Москва – 2016

УДК 625(06)  
М 825

**Современные подходы к управлению на транспорте и в логистике:** сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Москва: Московский государственный университет путей сообщения, 2016. – 115 с.

ISBN 978-5-7473-0764-3

Рассмотрены актуальные проблемы управления транспортным комплексом и логистическими системами в различных отраслях, совершенствование транспортного взаимодействия, а также различные подходы к решению задач построения расписаний поездов.

Материалы сборника могут представлять интерес для научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов и специалистов ОАО "Российские железные дороги".

УДК 625(06)

**ISBN 978-5-7473-0764-3**

© Московский государственный университет путей сообщения, 2016

© ООО " Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог", 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
<i>В.И.Апатцев, М.Г.Лысиков, А.М.Ольшанский.</i> О НОВОМ ПОДХОДЕ К РАЗРАБОТКЕ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ .....	6
<i>И.М. Басыров.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ КЛИЕНТСКОГО МЕНЕДЖЕРА ЦФТО – ФИЛИАЛА ОАО «РЖД» НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМООТНОШЕНИЯМИ С КЛИЕНТАМИ В СФЕРЕ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК.....	8
<i>Г.М. Биленко, И.А. Ушакова.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ К АНАЛИЗУ ДАННЫХ О РАБОТЕ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД.....	12
<i>М.Р. Богданов, А.В. Захаров, А.А. Думчиков.</i> УМНАЯ ДОРОГА.....	22
<i>Т.А. Булохова.</i> К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ .....	33
<i>В.С. Волков.</i> НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ АДАПТАЦИИ ТВЁРДОГО ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ .....	39
<i>А.С. Гершвальд.</i> УПРАВЛЯЕМОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	42
<i>С.Ю.Елисеев, С.Г.Волкова.</i> КОНЦЕПЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ .....	44
<i>В.Ю.Еременко, А.Н.Кузнецова.</i> НЕКОТОРЫЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПЕРЕВОЗОК.....	48
<i>Т.И.Землякова, Р.А.Пиминов.</i> АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРЕДПОСЫЛОК РАЗВИТИЯ ЯРОСЛАВСКОГО ТРАНСПОРТНОГО НАПРАВЛЕНИЯ .....	50
<i>Л.Н. Иванкова, Л.В. Куньгина, А.Н. Иванков.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ РЕШАЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ И ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЙ ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА .....	52
<i>Л.Н. Иванкова, Т.Г.Кузнецова, А.Н. Иванков.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ СТАНЦИОННЫХ ПЛОЩАДОК НА МЕСТНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ .....	56

<i>Б.Г. Иванов.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИКИ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ .....	62
<i>А.В.Игнатенков, А.М.Ольшанский.</i> О НЕЧЕТКОМ ПОДХОДЕ К РАЗРАБОТКЕ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ .....	67
<i>А.В.Игнатенков, А.М.Ольшанский.</i> ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ КАК ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА .....	68
<i>В.Э.Каути.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ И В ЛОГИСТИКЕ НА ПРИМЕРЕ И ОПЫТЕ РАБОТЫ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ .....	72
<i>А.В.Ковтунов, С.В.Копейкин, А.Н.Носов.</i> ДОМИНАНТНЫЕ ПОСТУЛАТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА .....	75
<i>А.В. Марков.</i> ПРОЕКТ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ.....	79
<i>П.А.Новиков.</i> РАСЧЕТ ТЕХНИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ И ПРОГНОЗ СМЕНЫ ЛОКОМОТИВА ПО ПРОБЕГУ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ АСОУП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАСТИЧНОГО ГРАФА ДОРОГИ.....	82
<i>П.А. Новиков.</i> МОДЕЛЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ НА ОСНОВЕ ПЕРЕХОДНОЙ СИСТЕМЫ .....	84
<i>П.А.Новиков.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ПРИ ПОМОЩИ ИТЕРАЦИОННОГО ПОИСКА КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ В ГРАФЕ ...	88
<i>М.С. Ревунов.</i> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЕСА БУМАЖНОГО ПОЛОТНА НА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ .....	90
<i>Д.Д.Резванов, А.Н.Кузнецова.</i> ГИБКИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ МАЛЫХ ПАССАЖИРОПОТОКОВ .....	94
<i>И.Н. Синякина, А.М. Завьялов, Ю.В. Завьялова.</i> ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ.....	100
<i>П.В. Черашев.</i> ОБЩИЙ ФОРМАТ ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СУТОЧНОГО ПЛАН-ГРАФИКА СТАНЦИИ .....	108
<i>К.А.Шалов, Р.Х.Таждинов, М.А.Вуколова, Ю.С.Петрушина.</i> К ВОПРОСУ ОБ ОБСЛЕДОВАНИИ ПАССАЖИРОПОТОКОВ НА ПРИГОРОДНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ.....	111
<i>А.А. Шатохин, С.Ю. Елисеев.</i> КАК СОКРАТИТЬ ОЖИДАНИЕ ПОГРУЗКИ ГРУЗОВЫМИ ВАГОНАМИ? .....	113

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Современные подходы к управлению на транспорте и в логистике» посвящен совершенствованию эксплуатационной работы железных дорог и управления транспортным комплексом. В настоящем сборнике рассматриваются проблемы маркетинга на рынке грузовых железнодорожных перевозок, взаимодействия железнодорожного комплекса с грузовладельцами, повышения сохранности грузов и вагонов, эффективного управления парком вагонов в современных условиях, совершенствования системы управления парком вагонов, стабилизации пропуска вагонопотоков за счет повышения их маршрутизации, внедрения «твердого» графика движения поездов и совершенствования сортировочной работы станций, другие аспекты работы железнодорожного и других видов транспорта.

Научные статьи сборника предлагают решения ряда актуальных проблем транспортного комплекса в современных условиях. При этом используются различные математические методы и современные исследования в данном направлении. Особое внимание уделено интеллектуализации управления перевозочным процессом на различных этапах реализации управленческих решений.

В сборник включены статьи, отражающие результаты исследований профессорско-преподавательского состава, студентов и научных работников вузов, научно-исследовательских институтов и иных научных организаций, а также специалистов ОАО «Российские железные дороги».

Проректор-директор Российской открытой  
академии транспорта Московского государственного  
университета путей сообщения, д.т.н., профессор,  
Заслуженный работник высшей школы  
Российской Федерации

В.И. Апатцев

(Российская открытая академия транспорта МИИТ,  
ООО «Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог»,  
ФГБОУ ВПО «Самарский государственный университет путей сообщения»)

## О НОВОМ ПОДХОДЕ К РАЗРАБОТКЕ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Сложившаяся сегодня ситуация в области удержания доли рынка пассажирских перевозок в дальнем следовании и её увеличения в перспективе складывается не в пользу железнодорожного транспорта. Так, численность перевезенных пассажиров по данным ежемесячных пресс-релизов ОАО «Российские железные дороги» снижается на 1-1,5 млн. человек в год, а пассажирооборот - на 8-11%. В то же время появляются конкурентные по цене и удобствам автомобильные сообщения Москва – Пенза, Москва – Воронеж, Москва – Самара и другие, на расстояния от 600 до 2000 км, которые традиционно составляли сегмент железной дороги. На этом фоне наблюдается сокращение составности пассажирских поездов и периодичности их курсирования.

Вызывает вопросы и уровень цен, связанный с действующей системой динамического ценообразования и так называемой убыточностью регулируемого сегмента, когда в ряде направлений цена более комфортной категории поездов находится на уровне или ниже, чем цены регулируемого сегмента (особенно при наличии фирменного плацкарта и нефирменного купе), а также явно «авиационные» цены за «железнодорожную XIX века» скорость.

Между тем мировая практика показывает, что стратегические связи при слабых железных дорогах будут восполнены автомобильным транспортом.

Между тем, именно у железнодорожного транспорта существует проверенный веками инструмент, который, при грамотной организации, позволит не только вернуть позиции на рынке перевозок пассажиров, но и существенно расширить его долю рынка за счет использования подвижного состава, повышения уровня сервиса и скоростей движения, а также введения в обращение различных категорий поездов.

Этот инструмент – график движения пассажирских поездов.

Обращаясь к истории, следует заметить, что во времена СССР существовал период, когда на сети обращались пассажирские, местные, скорые и курьерские поезда, причем маршрутная скорость курьерских поездов составляла 110 км/ч. Этот набор категорий поездов соответствовал различным предпочтениям различных групп пассажиров. Между тем, в настоящее время маршрутная скорость пассажирских и скорых поездов отличается на 4-5 км/ч, а то и вовсе идентична. Такая ситуация бывает, когда на одну нитку поезда назначаются поезда скорый, пассажирский и дополнительный одновременно, но по разным

дням или т.п. Это не способствует ни росту доходов, ни повышению имиджа железной дороги у пассажира.

Среди тревожных симптомов следует назвать внутрисегментную конкуренцию, при которой поезда следуют родственным маршрутом со схожими скоростными характеристиками и равными тарифами (фирменный пакетом с фирменным), или, что ещё хуже, со схожими параметрами и разными тарифами (нефирменный пакетом с фирменным), что приводит к сокращению видового разнообразия поездов и их общего количества. Например, поезд формированием Москва – Магнитогорск 093/094 сократился до размеров группы вагонов, прицепляемой к поезду Москва – Челябинск 013/014, состав которого сократился до 7 вагонов.

Для предотвращения указанных негативных явлений предлагается решить важную научно-практическую задачу построения адаптивного графика движения пассажирских поездов на всей сети железных дорог.

Эта задача может быть решена путем создания инструмента прокладки сокращенного и полного графика движения пассажирских поездов при условии абсолютного приоритета пассажирского движения.

Для решения задачи построения графика пассажирских поездов требуется создать интеллектуальный программно-аппаратный комплекс пассажирских перевозок, который будет включать:

1. Организацию механизма сбора и анализа нормативно-справочной и исходной информации, в том числе исполненные графики движения пассажирских поездов за выбранный период времени, данные статистики из АСУ «Экспресс» по населенности вагонов и поездов, а также доходах в расчете на 1 пассажирское место в поезде. Эта информация должна быть сгруппирована и обработана инструментом, который позволит установить наиболее оптимальное размещение поездов и ансамблей из различных поездов по времени суток с учетом максимизации удельной доходности и населенности на 1 вагон. Потенциально возможный инструмент решения – искусственная нейронная сеть.

2. Решение задачи 1 требует учета также возможностей конкурентных видов транспорта, в первую очередь, авиации и автотранспорта. Здесь целесообразно проследить зависимые события «отмена поезда X – назначение сообщения X самолетами или автобусами», а также информационное поле сети Internet, которое отражает предпосылки и причины таких изменений. С учетом разных типов информации (цифровой, словесной, графической, образной) на ресурсах различной тематики (форумы, сайты отзывов, сайты туристического направления, экономическая статистика, профессиональная и общественная печать и др.) целесообразно применить алгоритмы извлечения данных Data Mining для работы с массивами Big Data.

3. Сформировав, таким образом, исходную информацию, создается диагностическая классификационная система с элементами искусственного интеллекта, которая позволит указать причину рыночного проигрыша, как по

внешним обстоятельствам (п.2), так и протестировать собранные данные на предмет внутренней конкуренции между поездами на одном маршруте.

4. Далее разрабатывается инструмент прокладки пассажирских поездов при заданных ограничениях и предпочтениях на всей сети железных дорог по единым алгоритмам. График, порождаемый таким инструментом, должен быть адаптивным к изменениям спроса, а также целевых предпочтений и формальных характеристик поездов. Если предположить, что железная дорога предъявляет «спрос» на пассажиров с определенными параметрами (то есть, инвестировать систему спрос-предложение), то для каждого типа пассажиров в графике движения должны быть предложены адекватные поезда (как по географии маршрутов, так и по потребительским свойствам).

Отметим, что полученная система ни в коем случае не возвращает нас во времена, при которых понятие маркетинга и управления рынком отсутствовало как класс, наоборот, появляются новые опции и возможности развития всех положительных инструментов в практике управления пассажирскими перевозками.

Расчеты, выполненные таким комплексом, должны быть преобразованы в визуальное представление с помощью системы визуализации, включая как возможность сохранения графиков как файлов и их печати, так и интерактивной визуализации в процессе пересчета на специализированном презентационном столе.

#### Литература

1. Дмитриев В. А., Зеленков В. И., Шишков А.Д. Экономика железнодорожного транспорта: Учебник для вузов / Под ред. В. А.Дмитриева. — М.: Транспорт, 1996.
2. М.Мозговой. Алгоритмы, языки, автоматы и компиляторы. – М.: Наука и техника, 2006.
3. Стивенс У. UNIX. Взаимодействие процессов. – СПб.: Питер, 2003.

И.М. Басыров

### ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ КЛИЕНТСКОГО МЕНЕДЖЕРА ЦФТО – ФИЛИАЛА ОАО «РЖД» НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМООТНОШЕНИЯМИ С КЛИЕНТАМИ В СФЕРЕ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК

(Московский государственный университет путей сообщения)

При организации грузовых перевозок в современных рыночных условиях на первый план выходят вопросы взаимодействия с клиентом, понимания и



учета его потребностей. Для повышения уровня клиентоориентированности в Центре фирменного транспортного обслуживания (ЦФТО) ввели институт клиентских менеджеров.

До недавнего времени организация работы ЦФТО – филиала ОАО «РЖД» и его территориальных органов не предусматривала возможности индивидуальной работы с крупными и перспективными клиентами железной дороги. Более того, заказчики железнодорожных услуг сталкивались с необходимостью самостоятельно общаться с большим количеством функциональных подразделений компании. С одной стороны, клиенты были вынуждены обращаться в разные структурные подразделения ОАО «РЖД» и дочерних зависимых обществ (ДЗО) ОАО «РЖД» в попытках решения своего вопроса. С другой стороны, разные дирекции и отделы могли обращаться к одному и тому же клиенту с похожими вопросами.

Стало понятно, что формат взаимодействия с пользователями услуг железнодорожного транспорта (грузовладельцами, грузоотправителями, грузополучателями, владельцами путей необщего пользования) нуждался в радикальных преобразованиях. С учетом выявленных недостатков руководством компании была поставлена задача совершенствования системы продвижения и продажи услуг. Основные инструменты для решения этой задачи определены в [1]. С учетом ограничения возможностей по увеличению масштабов и доходности бизнеса в регулируемых государством сегментах перевозок Холдингом начата работа по расширению деятельности в нерегулируемых сегментах транспортно-логистического рынка:

1) в 2010 году создано дочернее ОАО «РЖД-Логистика», которое оказывает комплексные экспедиторские и логистические услуги;

2) в 2010 году создано ООО «Терминально-логистический центр «Белый Раст»»;

3) в 2012 году приобретен 75% пакет акций одной из крупнейших в Европе логистических компаний GEFSCO;

4) правлением ОАО "РЖД" утверждены концепции развития контейнерных перевозок, терминально-логистических комплексов.

Реализованные шаги позволили создать задел для стратегического развития транспортно – логистического бизнеса в перспективе.

В целом обозначен вектор перехода от управления продажами услуг к управлению развитием бизнеса услуг с высокой добавленной стоимостью.

ЦФТО в новой модели взаимодействия на основе анализа специфики потребностей клиентов рекомендует им услуги других бизнес – единиц Холдинга «РЖД»: АО «ФГК», АО «РЖД Логистика», GEFSCO, ПАО «ТрансКонтейнер». Эти компании могут предоставить услуги, сопутствующие железнодорожной перевозке. Расширение спектра решаемых задач потребовало поэтапной реорганизации территориальных центров фирменного транспортного обслуживания (ТЦФТО) на полигонах железных дорог. В настоящее время их деятельность ориентирована на продвижение услуг

холдинга, а показателем, характеризующим качество предоставляемого сервиса, является общая удовлетворенность клиентов.

В этой связи было принято решение о введении технологии «одного окна», что позволило организовать оформление и сопровождение комплексной транспортно-логистической услуги в одном месте и исключить необходимость общения клиента с различными подразделениями холдинга. Результат нововведений для потребителя заключается в том, что, обратившись в ЦФТО или ТЦФТО, он получает доступ к любой услуге холдинга «РЖД» (через организацию кросс-продаж с дочерними обществами), а также возможность заключить любой договор или оформить заявку. Таким образом, построение комбинированных логистических цепей через организацию клиентоориентированной технологии доставки грузов посредством предложения Комплексной транспортно-логистической услуги (КТЛУ) – неотъемлемая часть работы клиентского менеджера. В процессе разработки КТЛУ клиентский менеджер пользуется дополнительным «инструментарием» по привлечению новых и сохранению существующих клиентов, используя результаты маркетинговых исследований рынка транспортных услуг. Для создания логистической цепочки клиентский менеджер обязан использовать возможности других участников рынка транспортных услуг, привлекая (на договорной основе) в случае целесообразности другие виды транспорта. Всё это необходимо для обеспечения целостности логистической цепи (привлекая преимущественно бизнес-единицы Транспортно-логистического бизнес-блока (ТЛББ) Холдинга «РЖД») и вовлечения клиентов в использование всего спектра предложенных услуг.

В рамках реализации задачи создания единой информационной среды для эффективной работы в новой модели взаимодействия с грузовладельцами, в 2015 году велась разработка специального прикладного программного обеспечения для удобства исполнения клиентскими менеджерами должностных обязанностей. Для автоматизации взаимодействия с клиентами внедряется проект «Система управления взаимоотношениями с клиентами» (CRM, сокращение от англ. Customer Relationship Management) [2]. В соответствии с [3] утвержден план мероприятий по внедрению данного проекта:

разработка программного обеспечения формирования Единого реестра клиентов в разрезе деятельности ЦФТО и Центральной дирекции по управлению терминально-складским комплексом (ЦМ);

модификация программного обеспечения Автоматизированных систем управления терминально-складской деятельностью (АС ТЕСКАД) И Электронной транспортной железнодорожной накладной (АС ЭТРАН) в части интеграции с Единым реестром клиентов, Единым каталогом услуг первой очереди CRM-системы.

В соответствии с [4] CRM-система позволит автоматизировать выполнение следующих функций клиентского менеджера:

контроль и актуализация в автоматизированной системе управленческой отчетности, характеризующей выполнение договорных обязательств между

ОАО «РЖД» и клиентами на ежесуточной основе, а также по результатам отчетного периода: месяц, квартал, год;

оперативное выявление и своевременное фиксирование в автоматизированной системе случаев неудовлетворительного качества обслуживания и/или выполнения договорных обязательств перед клиентами со стороны ОАО «РЖД»;

обеспечение наличия структурированных документов, регистрирующих и отражающих несоответствие качества исполнения обязательств со стороны ОАО «РЖД»;

обеспечение наличия данных документов и реестра к ним в автоматизированной системе;

обеспечение реализации мероприятий, направленных на повышение качества обслуживания клиентов всеми причастными подразделениями, в том числе, организация и оперативный контроль устранения факторов и причин, негативно влияющих на исполнение договорных обязательств и качественное обслуживание клиента;

обеспечение формирования и своевременного обновления паспорта ключевого клиента с обязательным отражением в нем информации об организационной структуре управления ключевого клиента, его дочерних и аффилированных компаниях, бизнес – связях и другой информации, характеризующей бизнес ключевого клиента.

Все эти системные меры позволят спроектировать и реализовать целый ряд нестандартных вариантов организации интегрированной клиентоориентированной системы продаж с дифференцированными стратегиями [2].

Детальное понимание организации перевозок у клиента позволит качественно оценить потребности клиента и сформировать целевое коммерческое предложение. Именно для этого в CRM–системе предусмотрено клиентское досье с сохранением информации об истории взаимоотношений с клиентами, установления и улучшения бизнес – процедур и последующего анализа результатов.

В долгосрочной перспективе будет возможным возложить на клиентского менеджера обязанности «координатора» в отношении множества операторов (собственников) подвижного состава (в том числе и не из числа ДЗО ОАО «РЖД») и единиц транспортного оборудования (контейнеров), что позволит «точечно воздействовать» на приватный парк вагонов и контейнеров. Рассмотрим пример «точечного воздействия на приватный парк вагонов»: грузоотправитель «А» не готов осуществить погрузку четырех контейнеров, так как на станции отправления признали порожнюю платформу не годной под погрузку в техническом отношении. Грузоотправитель «А» связывается с клиентским менеджером, а он в свою очередь передает ему информацию о том, что аналогичная ситуация уже была на прошлой неделе у грузоотправителя «Б». Во избежание дефицита вагонов грузоотправителю «Б» заадресовали большее количество порожних вагонов под погрузку, чем обычно. Клиентский

менеджер оперативно запрашивает грузоотправителя «Б» на предмет согласия на передачу порожнего вагона под погрузку грузовладельцу «А» (на этой станции отправления) и возможности связаться с собственником вагона для «создания электронной накладной» - перестановки (станция отправления и назначения в этом случае совпадут, изменится только получатель с «Б» на «А»). В большинстве случаев клиенты решают эти вопросы самостоятельно. Необходимо и эти «нити» взаимодействия клиентов брать под контроль клиентскому менеджеру в интересах Холдинга, а все заинтересованные грузоотправители будут заключать договора на этот вид вспомогательной деятельности. А собственникам подвижного состава это позволит оптимизировать логистические схемы «подсылки» подвижного состава к пунктам погрузки.

### Список литературы

1. Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года (основные положения) / Утверждена правлением ОАО «РЖД» № 24, п. 6 протокола от 26 августа 2013 г. // Данные электронных текстов - <http://www.doc.rzd.ru> – 12 с.
2. Концепция развития транспортно – логистического бизнеса холдинга «РЖД» / Утверждена правлением ОАО «РЖД» № 50, п. 4.1 протокола от 26 декабря 2013 г. // Система Консультант Плюс: АСПИЖТ – 85 с.
3. О старте первой очереди проекта «Управление взаимоотношениями с клиентами в Холдинге «РЖД» (CRM – система)»/ Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» № 1838р от 24 июля 2015 г. // Система Консультант Плюс: АСПИЖТ – 2 с.
4. Концепция и экономическое обоснование создания штатной должности «менеджер по работе с клиентами» на уровне Территориального центра фирменного транспортного обслуживания - структурного подразделения центра ЦФТО - филиала ОАО «РЖД» / Утверждена приказом ОАО «РЖД» № 174 от 10 апреля 2014 г. // Система Консультант Плюс: АСПИЖТ – 16 с.

Г.М. Биленко, И.А. Ушакова

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ К АНАЛИЗУ ДАННЫХ О РАБОТЕ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД

(Российская открытая академия транспорта МИИТ)

Согласно классическим представлениям, искусственная нейронная сеть представляет собой динамическую систему, состоящую из совокупности связанных между собой по типу узлов направленного графа элементарных

процессоров, называемых формальными нейронами, и способная генерировать выходную информацию в ответ на входное воздействие.

Нейронная сеть не производит вычислений, она трансформирует входной сигнал (образ) в выходной в соответствии со своей топологией и значениями коэффициентов межнейронной связи.

Для того, чтобы нейронная сеть решала задачу, необходимо пройти обучение сети на эту задачу. При первой подаче учебного сигнала выходной сигнал отличается от желаемого (целевого). Блок обучения (или алгоритм) оценивает величину невязки и корректирует веса между нейронами. При второй и последующей подачах того же эталонного сигнала величина ошибки продолжает уменьшаться. Процесс продолжается до тех пор, пока ошибка не достигнет требуемого значения.

Формальным нейроном называется процессор, описываемый выражением вида

$$y = \varphi(\sum a_i x_i + x_0) \quad (1)$$

где  $y$  - выходной сигнал нейрона,  $x_i$  -  $i$ -й входной сигнал,  $a_i$  - вес  $i$ -го входа,  $x_0$  - начальное состояние нейрона,  $i = 1 \dots n$  - номер входа нейрона,  $n$  - число входов,  $\varphi$  - функция преобразования входа в выход (функция активации).

Вид функции активации во многом определяет вычислительные возможности нейронной сети, состоящей из формальных нейронов. Для различного типа решаемых задач функция активации может быть различной. Вопросы выбора числа слоев, количества нейронов в каждом слое, архитектуры нейронной сети часто решаются исходя из эмпирических представлений разработчика, так как не является жестко формализованным и строго доказанным.

Подход к применению нейронных сетей на транспорте ранее был развит в работе [4], где рассматривается функционирование грузовых фронтов в условиях изменяющейся среды, и указано, что для сложившейся эксплуатационной ситуации «Выбор той или иной задачи управления производится при помощи *двухслойной нейронной сети с обратным распространением сигнала ошибки*, применяемой в качестве блока анализа мезосреды и собственно грузового фронта. При проведении анализа мезосреды, эксплуатационной обстановки на станции, а также ряда параметров собственно грузового фронта и выдаче рекомендаций по выбору того или иного сценария управления автором разработана специализированная нейронная сеть. »[4].

В данной работе сделана попытка применить нейронные сети к анализу данных локомотивных бригад.

Прежде чем применять нейронные сети для оценки данных, рассмотрим имеющуюся информацию о работе локомотивных бригад.

Данные о работе локомотивных бригад представляют собой матрицу размером  $678 \times 6$ , где представлены данные по плечам Орехово-Зуево – Бекасово, Орехово-Зуево – Вековка, Орехово-Зуево – Ожерелье, Орехово-Зуево – Поварово, Орехово-Зуево – Рыбное, Орехово-Зуево – Ярославль за период с 05.11.2014 по 24.11.2014.

Рубрикаторы данных (заголовки столбцов) следующие: дата, смена (0 – дневная, 1 – ночная), фамилия, время явки, время фактического отправления, плечо, на которое отправлена бригада.

В целях удобства обработки была выведена длительность нахождения бригады от явки до отправления в формате (час:мин), а также в минутах.

Цель обработки – указать оптимальное время явки бригады в зависимости от времени их фактического отправления, а также вывести общую формулу расчета такого времени.

Очевидно, что локомотивные бригады могут проследовать станцию с различными по классификации и виду поездами, резервом и т.п., следовательно, искомая общая формула будет иметь вид кусочной функции.

При обработке данных существует общепринятое правило, сокращенно описываемое как «garbage in, garbage out». Отсюда следует необходимость предварительной обработки данных перед проведением анализа и собственно выдачей рекомендаций. Для этого анализа и будем использовать искусственную нейронную сеть.

Очевидно, что среди имеющихся данных параметром, который несет информационную нагрузку и который задан у всех точек, является длительность нахождения бригады от явки до отправления (в минутах).

Разделим все случаи на два непересекающихся класса: класс зашумленных данных, а также класс условно нормальных данных. В класс зашумленных данных будем включать явно избыточный простой. Класс условно нормальных данных будет рассматриваться позднее, при оценке конкретного направления в разделе 2.3.

Для проектирования искусственной нейронной сети создадим два класса: тестовый нормальный и тестовый зашумленный, общей мощностью по 100 точек в каждом.

1.  $x1 = 0 + 312 * \text{rand}(1,100);$
2.  $x2 = 1375 + 60 * \text{rand}(1,100);$
3.  $T1(1:100)=1;$
4.  $T2(1:100)=2;$
5.  $T(1:100)=T1;$
6.  $T(101:200)=T2;$
7.  $x(1:100)=x1;$
8.  $x(101:200)=x2;$
9.  $z(1,1:200)=x;$
10.  $\text{size}(T);$
11.  $\text{size}(z);$
12.  $\text{net}=\text{newff}(z,T,[10,2,1],\{\text{'logsig'},\text{'logsig'},\text{'purelin'}\})$

net =

Neural Network

name: 'Custom Neural Network'  
efficiency: .cacheDelayedInputs, .flattenTime,  
.memoryReduction  
userdata: (your custom info)

dimensions:

numInputs: 1  
numLayers: 4  
numOutputs: 1  
numInputDelays: 0  
numLayerDelays: 0  
numFeedbackDelays: 0  
numWeightElements: 47  
sampleTime: 1

connections:

biasConnect: [1; 1; 1; 1]  
inputConnect: [1; 0; 0; 0]  
layerConnect: [4x4 boolean]  
outputConnect: [0 0 0 1]

subobjects:

inputs: {1x1 cell array of 1 input}  
layers: {4x1 cell array of 4 layers}  
outputs: {1x4 cell array of 1 output}  
biases: {4x1 cell array of 4 biases}  
inputWeights: {4x1 cell array of 1 weight}  
layerWeights: {4x4 cell array of 3 weights}

functions:

adaptFcn: 'adaptwb'  
adaptParam: (none)  
derivFcn: 'defaultderiv'  
divideFcn: 'dividerand'  
divideParam: .trainRatio, .valRatio, .testRatio  
divideMode: 'sample'  
initFcn: 'initlay'  
performFcn: 'mse'  
performParam: .regularization, .normalization, .squaredWeighting  
plotFcns: {'plotperform', plottrainstate,

```
    plotregression}
plotParams: {1x3 cell array of 0 params}
trainFcn: 'trainlm'
trainParam: .showWindow, .showCommandLine, .show, .epochs,
            .time, .goal, .min_grad, .max_fail, .mu, .mu_dec,
            .mu_inc, .mu_max
```

weight and bias values:

```
IW: {4x1 cell} containing 1 input weight matrix
LW: {4x4 cell} containing 3 layer weight matrices
b: {4x1 cell} containing 4 bias vectors
```

methods:

```
adapt: Learn while in continuous use
configure: Configure inputs & outputs
gensim: Generate Simulink model
init: Initialize weights & biases
perform: Calculate performance
sim: Evaluate network outputs given inputs
train: Train network with examples
view: View diagram
unconfigure: Unconfigure inputs & outputs
```

```
evaluate:    outputs = net(inputs)
```

```
13. net=train(net,z,T);
14. a=sim(net,z(:,1:50));
```

Рассмотрим работу полученной нейронной сети. Строки 1 и 2 кода генерируют тестовые кластеры с параметрами, аналогичными нашим реальным данным.

Строки 3 и 4 дают так называемые цели обучения, т.е., для данных, принадлежащих к шумовому кластеру, нейронная сеть будет выдавать ответ «2», а для условно нормальных = ответ «1».

Строки с 5 по 9 объединяют в единые матрицы целевые параметры и параметры входа. Строки 10 и 11 проверяют размерность полученных векторов, по нашему соглашению, она должна быть идентична и равняться  $1 \times 200$ .

Команда `12.net=newff(z,T,[10,2,1],{'logsig','logsig','purelin'})` инициализирует нам искусственную нейронную сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки, состоящую из 10 нейронов первого слоя с сигмоидной функцией активации, 2 нейронов



второго слоя с сигмоидной функцией активации, 1 нейрона выходного слоя с линейной функцией активации.

Ниже показано полное представление нейронной сети, включая описание имени, размерности, функций, связности, весах, методов обучения.

Команда 13 обучает полученную нейронную сеть, а команда 14 показывает пример работы ее на первых 50 точках тестовой выборки.

Динамика обучения нейронной сети приведена на рис. 1. – рис. 2.

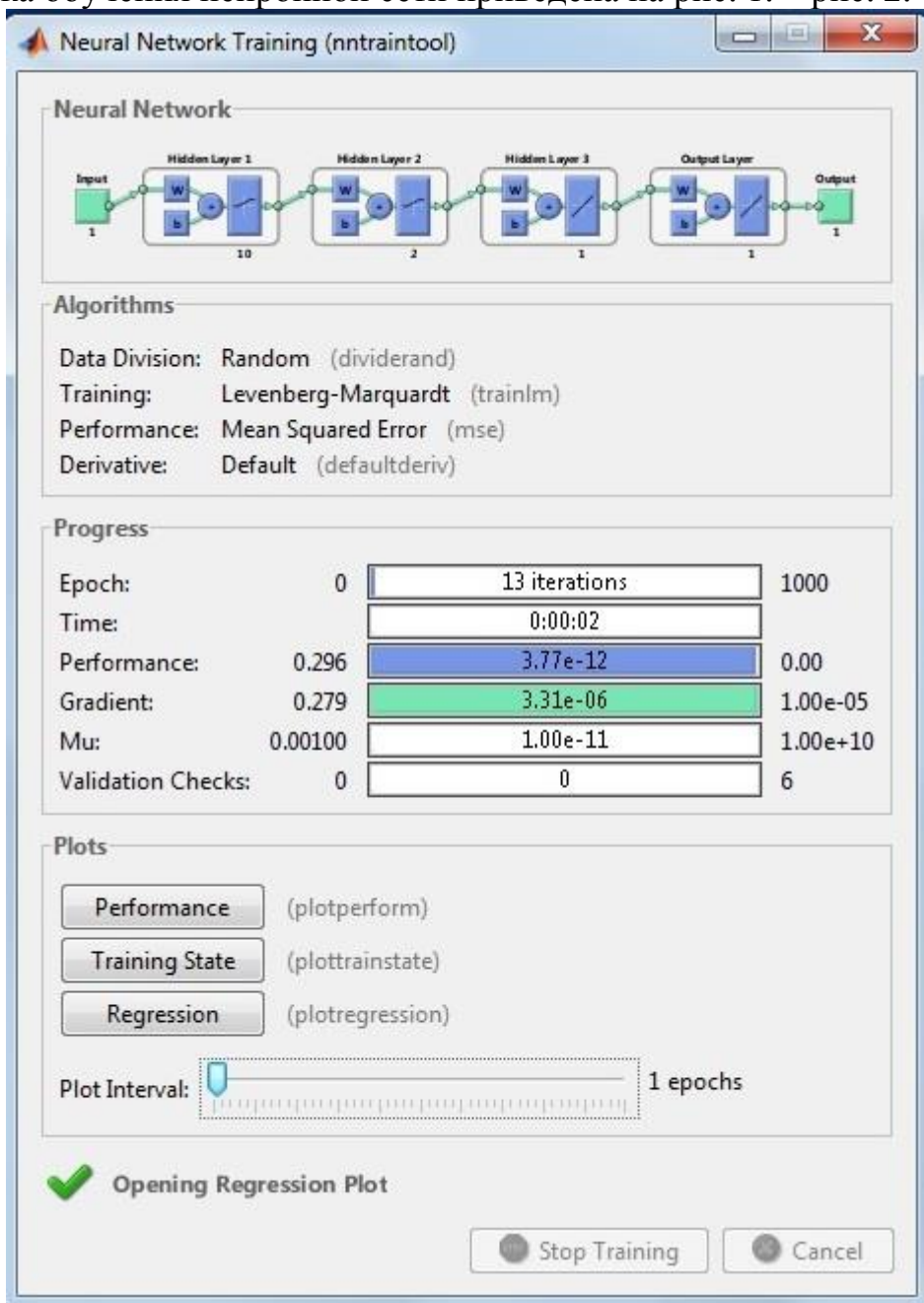


Рисунок 1 – Ход тренировки нейронной сети

С учетом того, что наши данные имеют очень простую структуру (см. выше), нейронная сеть обучилась за 13 эпох, то есть, весь набор данных подавался на входы 13 раз, обучение проведено за 2 секунды.

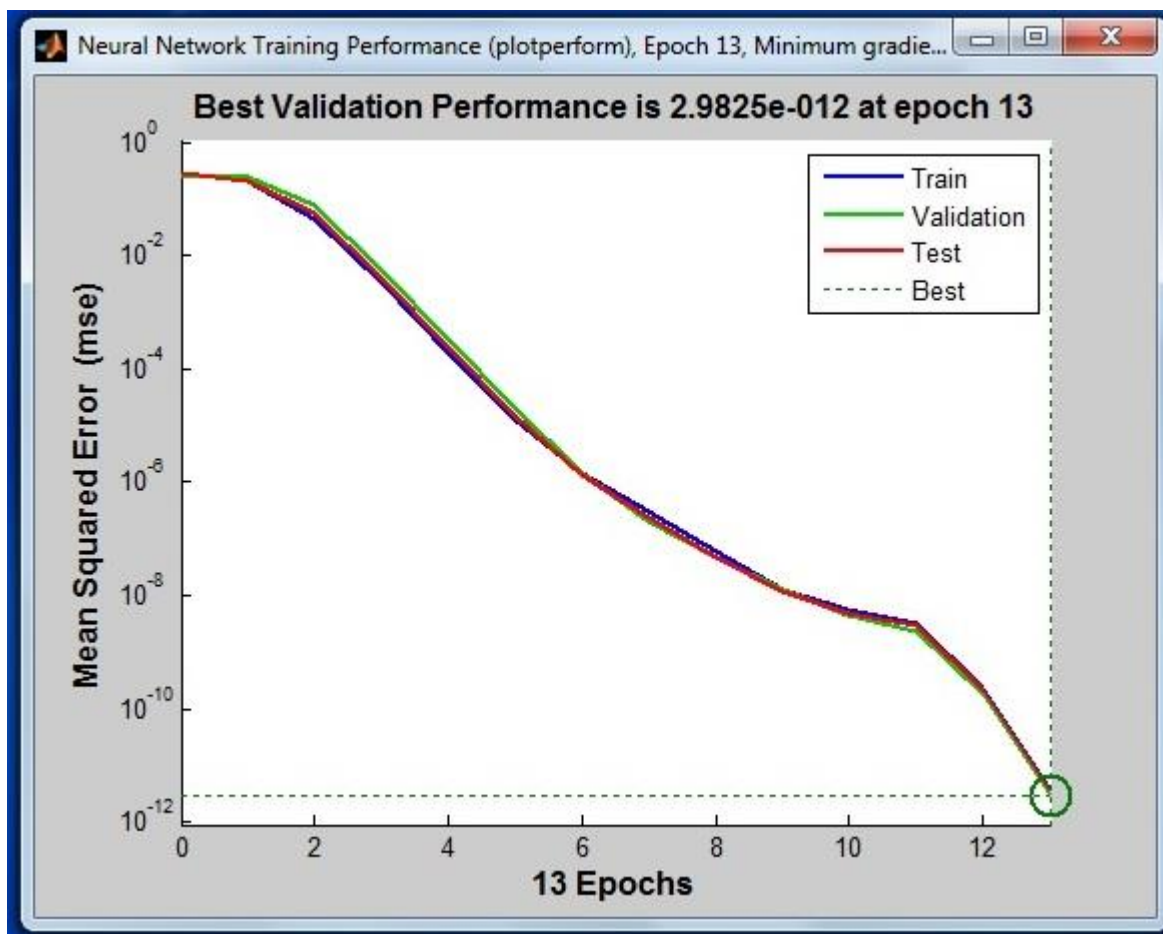


Рисунок 2 – Динамика скорости изменения ошибки в обучении нейронной сети

Величина ошибки при обучении достигла после 13 эпох значения  $3,77 \times 10^{-12}$ , что объясняется этими же причинами.

Далее, используя обученную нейронную сеть для наших данных, отобрано 14 явно зашумленных точек.

Таким образом, для дальнейшей обработки осталось 664 точки.

Для проведения анализа данных о работе локомотивных бригад был реализован следующий порядок действий:

1. Фильтрация данных по каждому плечу обращения
2. Описание первого и второго центрального моментов
3. Описание размаха ряда и коэффициента вариации
4. Интерпретация полученных данных

На первом шаге из рассмотрения были удалены данные по плечам Орехово-Зуево – Поварово и Орехово-Зуево – Ожерелье в силу малых объемов.

Оставшиеся плечи будут проанализированы подробнее.

По указанным данным размах ряда = 253 минуты, время минимального ожидания = 1 минута, время максимального ожидания = 254 минуты. Значение первого центрального момента = 76,48 минут, значение корня из второго центрального момента = 50,74 минуты, коэффициент вариации = 0,66. Ряд неоднороден. Удаление 165-й точки снижает коэффициент вариации на 0,01., удаление 5 точек приводит к снижению до 0,63, что также незначительно.

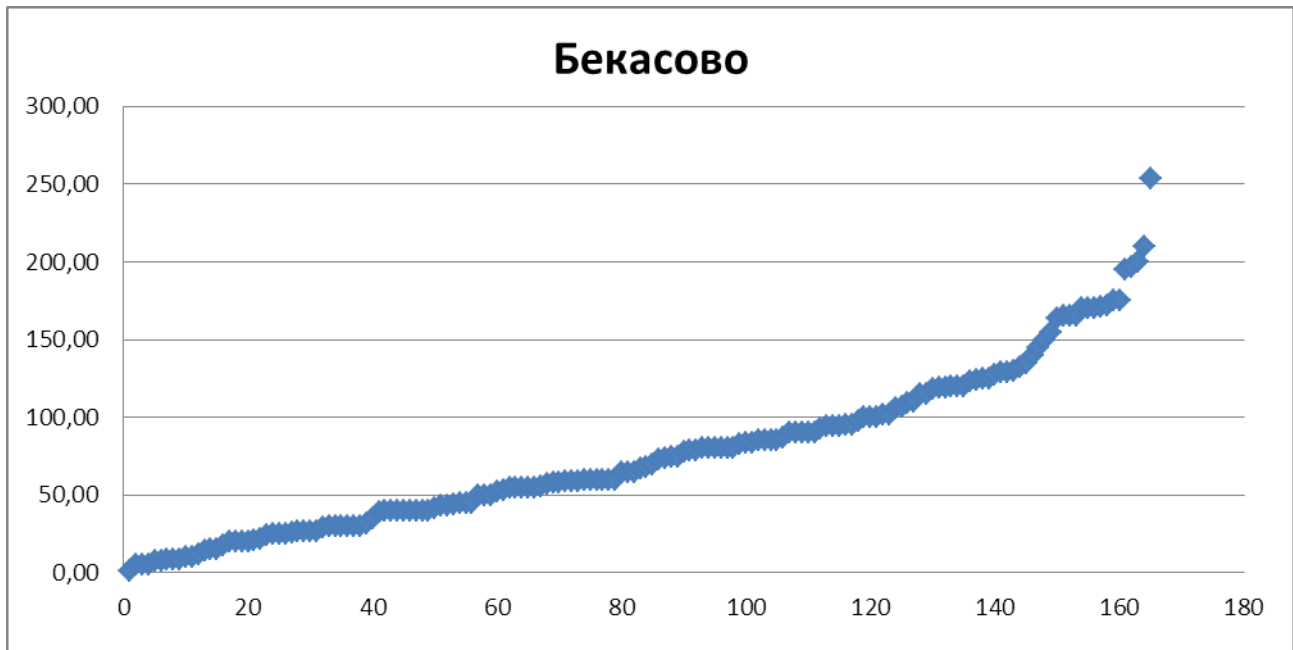


Рисунок 3 – Рассеяние данных по плечу Орехово-Зуево – Бекасово

На диаграмме рассеяния данных четко прослеживается квазиравномерный характер величины времени ожидания отправления с момента явки. Так как из приведенной статистики невозможно выяснить, какой эксплуатационный факт соответствовал временам ожидания менее 20 минут, а время ожидания более 120 минут исключает бригаду из работы (поэтому эти данные для нейронной сети были названы классом условно нормальных данных), то функция времени ожидания для данного плеча может быть записана нами как:

$$t = \begin{cases} t_{\phi} - t_{я}, & \text{если } t_{\text{ожид}} < t_{\text{тех}} \\ t_{\text{тех}}, & \text{иначе} \end{cases}$$

где  $t_{\phi}$  – фактическое время отправления (по выборке),  $t_{я}$  – время явки 9по выборке),  $t_{\text{тех}}$  – о), однако меньше 120 минут.

Время оптимальной явки будет определяться в таком случае как

$$t_{яо} = \begin{cases} t_{я}, & \text{если } t_{\text{ожид}} < t_{\text{тех}} \\ t_{\phi} - t_{\text{тех}}, & \text{иначе} \end{cases}$$

По указанным данным размах ряда составил 312 минут, время минимального ожидания 0 минут, время максимального ожидания 312 минут. Значение первого центрального момента 98,14 минут, значение корня из второго центрального момента 63,40 минуты, коэффициент вариации 0,65. Ряд неоднороден. Удаление 244-й точки снижает коэффициент вариации на 0,01, удаление 6 точек приводит к снижению до 0,62, что также незначительно.



Рисунок 4 – Рассеяние данных по плечу Орехово-Зуево – Вековка

Для данного плеча также характерен квазиравномерный характер, следовательно форма и зависимость функций аналогичны рис.3.

По указанным данным размах ряда 275 минут, время минимального ожидания 0 минут, время максимального ожидания 275 минут. Значение первого центрального момента составило 80,39 минут, значение корня из второго центрального момента 58,17 минуты, коэффициент вариации 0,72. Ряд неоднороден. Удаление двух хвостовых точек ряда приводит к снижению коэффициента вариации на 0,06, приводя его к уровню ранее рассмотренных рядов.



Рисунок 5 – Рассеяние данных по плечу Орехово-Зуево – Рыбное

По указанным данным размах ряда составил 254 минуты, время минимального ожидания 0 минут, время максимального ожидания 254 минуты. Значение первого центрального момента 63,36 минут, значение корня из второго центрального момента 48,62 минуты, коэффициент вариации 0,77. Ряд неоднороден. Удаление пяти хвостовых точек ряда приводит к снижению коэффициента вариации на 0,04.

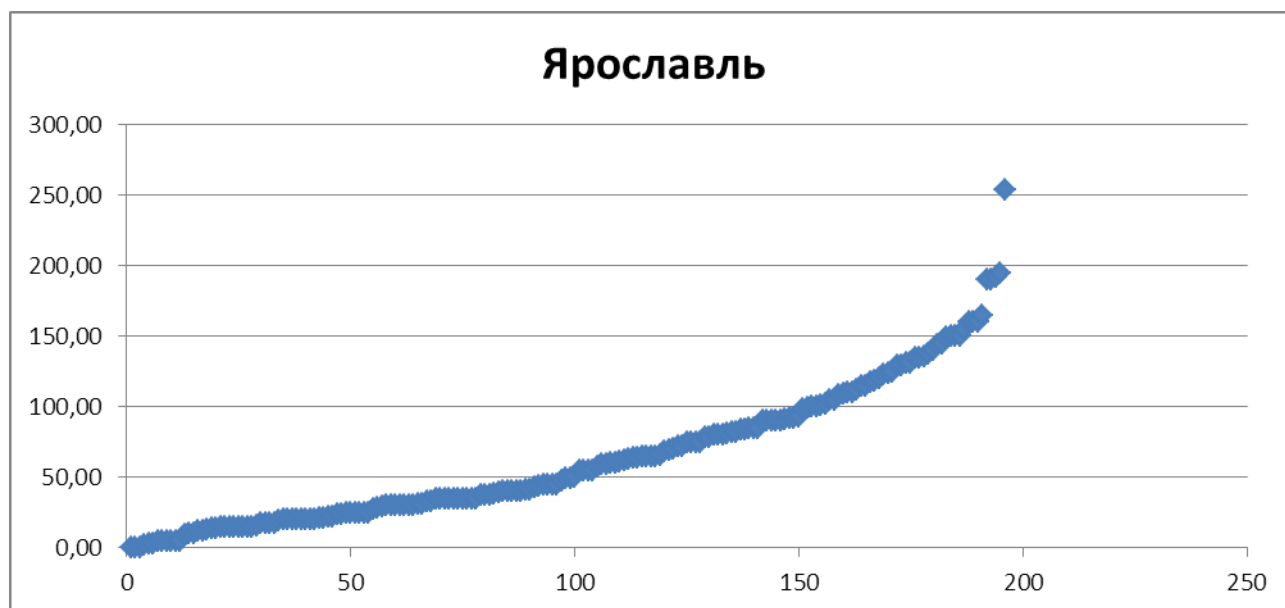


Рисунок 6 – Рассеяние данных по плечу Орехово-Зуево – Ярославль

Анализ поведения работы в ночную смену по данному плечу показывает идентичные свойства ряда, так, коэффициент вариации при аналогичных допущениях, как и общего потока, менялся с 0,77 до 0,74 при удалении пяти хвостовых членов ряда.

Таким образом, можно сделать следующее заключение:

1. Сконструирована, обучена и применена искусственная нейронная сеть для удаления шума из приведенных данных, проанализированы особенности ее обучения и функционирования.

2. Установлено, что структурный характер работы системы не зависит существенно от времени суток, а время ожидания отправления носит квазиравномерный характер.

3. Анализ различных интервалов значения времен ожидания требует дополнительной информации о поездах и эксплуатационной работе.

4. Установлен принципиальный характер функции времени ожидания и функции времени оптимальной явки, зависящий от технологии работы конкретной станции, носящий разрывный (кусочный) характер.

#### Литература

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 5-ти тт., Т.5 Методы современной теории автоматического управления/ под ред. К.А.Пупкова, Н.Д.Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. – 784 с., ил. – ISBN

2. Гайдук А.Р., Беляев В.Е., Пьявченко Т.А. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB: Учебное пособие.

2-е изд., испр. – СПб., издательство «Лань», 2011. – 464 с., ил. – ISBN 978-5-8114-1255-6.

3.Е.А.Алтай, Т.М.Мухидинов, А.Д.Абильдаева. Применение нейронных сетей для интеллектуального анализа данных при решении задач биоинформатики.//Вестник КазНТУ им.К.И.Сатпаева. - 2014. - №5.,с.195-199.

4. Ольшанский А.М. Система поддержки принятия решений для управления железнодорожным грузовым фронтом в транспортном подразделении промышленного предприятия. Автореферат дисс...кандидата технических наук./Самара, Самарский государственный технический университет, 2011.

М.Р. Богданов, А.В. Захаров, А.А. Думчиков

## УМНАЯ ДОРОГА

(Башкирский государственный педагогический университет  
имени М.Акмуллы)

Проект посвящен повышению безопасности дорожного движения. Предлагается кодировать дорожные знаки определенного участка дороги с помощью штрих-кода EAN-128. Информация о дорожной обстановке будет декодироваться из штрих-кода и отображаться способом, зависящим от ее важности. Например, такие критичные знаки, как «кирпич», будут дублироваться голосом; менее критичные знаки, такие, как ограничение скорости, будут отображаться на экране в виде пиктограмм; еще менее критичная информация (парковка запрещена) будет отображаться в текстовом виде.

Предлагается размещать штрих-код поперек дороги. Штрих-код может содержать следующую информацию.

Метка синхронизации – 3 знака, например, **000**

Код страны – 3 знака, например, штрих-код России – **460**

Код региона – 3 знака, например, код Республики Башкортостан – **102**

Телефонный код города – 5 знаков, например, код города Уфы - **83472**

Код улицы – 13 символов, например, - **OctoberAvenue**

Код российских автострад – 4 символа, например, М5 Москва-Уфа-Челябинск – **00m5**

Номер километра шоссе – 4 знака, например, - **1495**

Код предупреждающего знака – 4 знака, например, Сужение дороги - **1201**

Код знака приоритета – 4 знака, например, Примыкание второстепенной дороги слева - **0233**

Код запрещающего знака – 4 знака, например, Поворот налево запрещен - **3182**

Код предписывающего знака – 4 знака, например, Движение прямо - **0411**



Код знака особых предписаний - 4 знака, например, Направление движения по полосам - **5151**

Код информационного знака – 4 знака, например, Направление движения - **6102**

Код знака сервиса – 4 знака, например, Место отдыха - **0711**

Код знака дополнительной информации – 4 знака, например, Препятствие - **8221**

Резерв – 2 знака, например, - **00**

Контрольная сумма – 3 знака, например - **111**

Как уже говорилось выше, информация, хранящаяся в штрих-коде, классифицируется по степени ее важности. Запрещающие знаки имеют наивысший приоритет. Предполагается, что они проговариваются голосом и отображаются на экране в виде пиктограмм.

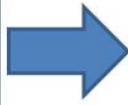


Другие знаки имеют средний приоритет и отображаются на экране в виде пиктограмм.



Наименьший приоритет имеет информация о местонахождении транспортного средства.

Разработано программное обеспечение для кодирования и декодирования дорожной информации в штрих-код EAN-128 и из штрих-кода.



Испытание прототипа ПО показало высокую эффективность распознавания информации.

Возникает резонный вопрос: «Как проверить технологию на практике?». Предлагается штрих-код изготавливать в виде магнитных полос, наносимых на дорожное полотно поперек проезжей части. Для считывания информации с магнитных полос предлагается использовать проводящую рамку, размещаемую в переднем бампере автомобиля. Известно, что благодаря закону Фарадея при изменении магнитного поля в проводящем контуре возникает ЭДС индукции.

Для моделирования ЭДС индукции, возникающей в проводящем контуре, размещенном в переднем бампере автомобиля, было выполнено несколько вычислительных экспериментов.

В ходе работы пришлось сделать несколько допущений, которые не внесут слишком большую погрешность в вычисления. Без этих допущений сложность вычислений резко возрастает.

Рассмотрим некоторые соображения относительно магнитных полос.

1. Индукция магнитного поля Земли непостоянна и варьирует в зависимости от района, однако, в среднем равна 0,05 мТл.
2. Клиренс большинства автомобилей не превышает 30 см.
3. Если размещать проводящий контур в переднем бампере автомобиля, то для надежного распознавания магнитных полос, расположенных поперек дороги, необходимо, чтобы индукция магнитного поля на высоте 25-30 см от дороги значительно превышала естественный фон, например, в 10 раз, т.е. должна быть не менее 0,5 мТ.
4. На российском рынке представлены следующие магниты:
  - Гибкие магниты (5\$/кг/0,05Т)
  - Ферриты (1\$/кг/0,4Тл)
  - Альнико (44\$/кг/1,2Тл)
  - Sm-Co (250\$/кг/1,1Тл)
  - Nd-Fe-B (70\$/кг/1,4Тл)
5. Относительно дешевым магнитным материалом является феррит. Мои расчеты показывают, что для того, чтобы индукция магнитного поля на расстоянии 20 см над магнитной полосой размером 100x10x1 (см) была 0,5 мТ, полоса должна состоять из феррита на 10% и на 90% из связующего.



Предполагается, что проводящий контур будет располагаться параллельно плоскости дороги. Это допущение сделано по следующим соображениям. Известно, что ЭДС определяется как скорость изменения магнитного потока.

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$

При этом магнитный поток  $\Phi_B$  вычисляется как интеграл вектора магнитной индукции  $\vec{B}$ , проходящей через поверхность  $S$ .

$$\Phi_B = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

Если разложить вектор магнитной индукции по трем базисным векторам ( $\vec{B}_x, \vec{B}_y$  и  $\vec{B}_z$ ) таким образом, что вектора  $\vec{B}_x$  и  $\vec{B}_y$  будут находиться в плоскости, параллельной дороге, а вектор  $\vec{B}_z$  будет перпендикулярен этой плоскости, то мы сможем сказать, что через проводящую рамку (контур) пройдет лишь составляющая вектора магнитной индукции  $\vec{B}_z$ . Данное допущение существенно облегчит дальнейшие расчеты.

В настоящее время широко распространены две концепции, объясняющие природу магнетизма.

## 1. Моделирование вектора магнитной индукции и напряженности магнитного поля

### 1.1. Дипольная концепция

Согласно дипольной модели вещества обязаны своими магнитными свойствами магнитным диполям (рис. 1):

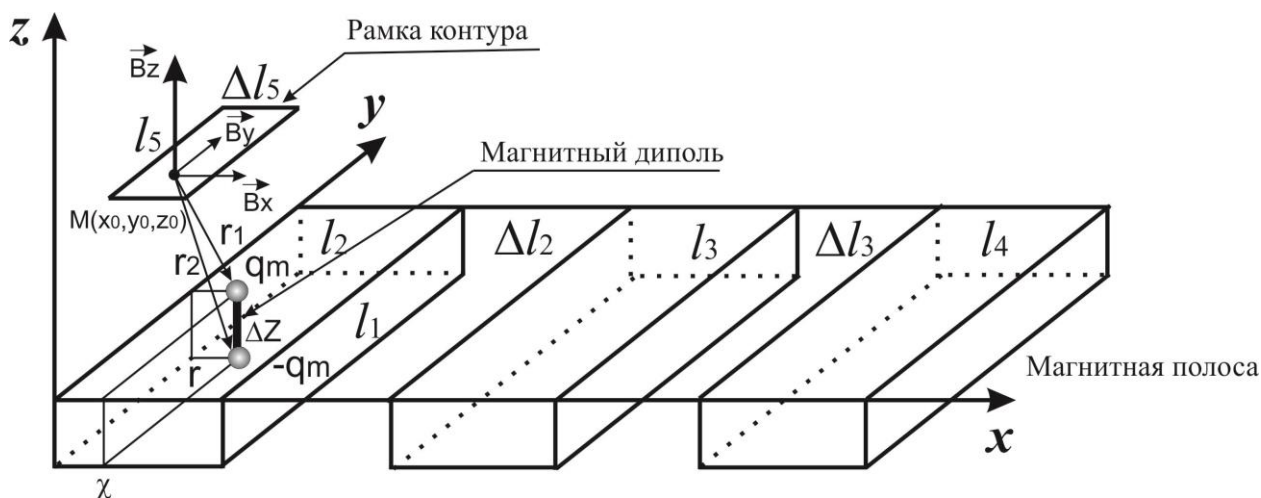


Рис. 1. Дипольная концепция

Магнитные диполи похожи на электрические диполи – у них есть отрицательный ( $-q_m$ ) и положительный ( $q_m$ ) магнитные заряды. Расстояние между зарядами много меньше расстояния от диполя до точки, в которой измеряется магнитное поле.

Определим потенциал диполя  $\phi$ , имеющего магнитный заряд  $q_m$ , измеренный в точке  $M(x_0, y_0, z_0)$ :

$$\phi = \frac{q_m}{4\pi\mu_0} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (1)$$

$\mu_0$  - магнитная проницаемость вакуума =  $4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{A^2}$

Для этого введем следующие определения:

Координаты положительного магнитного заряда:  $q_m(\chi, r, 0)$

Координаты отрицательного магнитного заряда:  $-q_m(\chi, r, -\Delta z)$

$r_1$  – расстояние от точки  $M(x_0, y_0, z_0)$  до положительного магнитного заряда  $q_m$

$r_2$  – расстояние от точки  $M(x_0, y_0, z_0)$  до отрицательного магнитного заряда  $-q_m$

$$r_1 = \sqrt{(x_0 - \chi)^2 + (y_0 - r)^2 + (z_0 - 0)^2}$$

$$r_2 = \sqrt{(x_0 - \chi)^2 + (y_0 - r)^2 + (z_0 + \Delta z)^2}$$

$\Delta z$  - расстояние между положительным и отрицательным магнитными зарядами

Потенциал всей магнитной полосы можно вычислить с помощью интеграла:

$$\phi = \int_{x=0}^{x=l_2} \int_{y=0}^{y=l_1} \phi \, d\chi \, dr \quad (2)$$

В случае с несколькими магнитными полосами суммарный потенциал находят в соответствии с принципом суперпозиции.

Вектор магнитной индукции можно представить как градиент потенциала:

$$\vec{B} = -\Delta\phi = -\left(\vec{i} \frac{d\phi}{dx} + \vec{j} \frac{d\phi}{dy} + \vec{k} \frac{d\phi}{dz}\right) \quad (3)$$

Так как контур располагается параллельно дороге, то его пронизывает только вертикальная составляющая  $\vec{B}_z$  вектора магнитной индукции. Составляющие  $\vec{B}_x$  и  $\vec{B}_y$  отбрасываем.

Интересующую нас величину

$$B_z = -\frac{d\phi}{dz} \quad (4)$$

можно определить, продифференцировав потенциал полос по переменной  $z$ .

Может возникнуть вопрос: как мы определяли заряд магнитного диполя  $q_m$  и расстояние между зарядами  $\Delta z$ ? Для этого мы воспользовались сервисом Field Calculator, предоставленным компанией Dexter Magnetics. Данное приложение позволяет вычислять вектор индукции магнитного поля на заданном расстоянии от магнитов с заданной геометрией и размерами. Мы смоделировали вектор магнитной индукции на определенном расстоянии от

магнитной полосы заданного размера и сравнивал его с результатами расчетов, выполненных на сайте компании Dexter Magnetics. При этом мы подбирали параметры  $q_m$  и  $\Delta z$  до тех пор, пока результаты не совпали.

### Результаты:

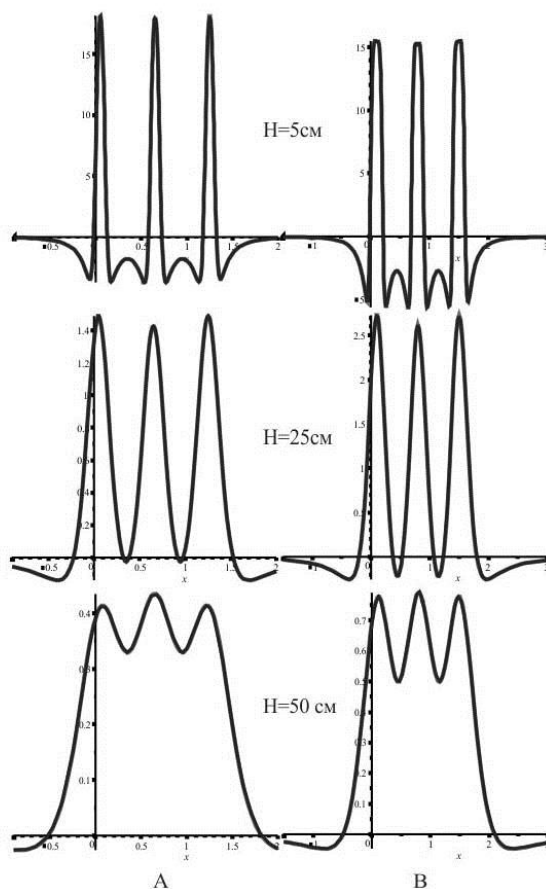


Рис. 2. Расчет напряженности магнитного поля на разных высотах, от трех магнитных полос длиной 2 м в гауссах: А) полосы шириной 10 см находятся на расстоянии 50 см друг от друга, В) полосы шириной 20 см находятся на расстоянии 50 см друг от друга

Как видно из рисунка 2, с увеличением высоты уменьшается вектор индукции магнитного поля. Поля от разных полос начинают сливаться. Однако, на высотах 25-30 см картина очень четкая.

### 1.2. Концепция молекулярных токов

Согласно второй концепции, в магнитных материалах циркулируют молекулярные токи (рис. 3).

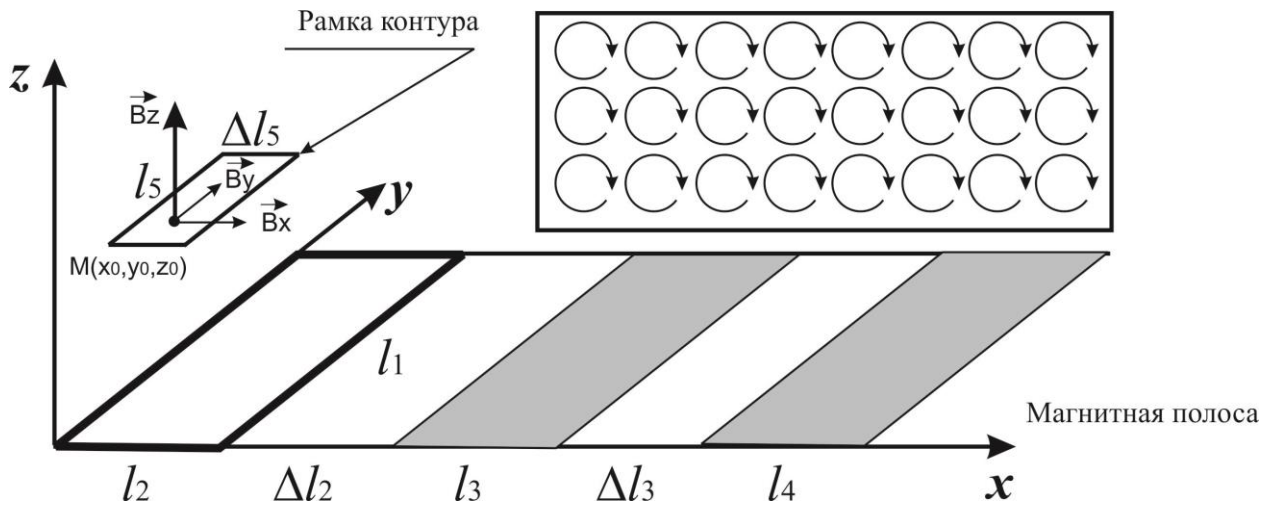


Рис. 3. Концепция молекулярных токов

Закон Био-Савара (Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля с. 142, ф. 43.7) описывает напряженность магнитного поля, вызванного токами:

$$\vec{H} = \frac{1}{c} \int \frac{[\vec{j} \times \vec{R}]}{R^3} dv, \text{ где} \quad (5)$$

$\vec{H}$  – вектор напряженности магнитного поля

$c$  – контур

$\vec{j}$  – вектор плотности тока

$\vec{R}$  – вектор, соединяющий точку источника с точкой наблюдения магнитного поля

$$R = (x_0 - \chi)\vec{i} + (y_0 - r)\vec{j} + (z_0 - 0)\vec{k}$$

$x_0, y_0, z_0$  – точка наблюдения

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  – единичные вектора декартовой системы координат

Токи внутри материала взаимно компенсируют друг друга, оставаясь лишь на поверхности. Если считать магнитную полосу достаточно тонкой, то ее толщиной можно пренебречь. Тогда можно считать, что токи циркулируют только по контуру магнитной полосы.

В этом случае от тройного интеграла по объему можно перейти к контурному интегралу:

$$\vec{H} = \frac{1}{c} \iiint_v \frac{\vec{j} \times \vec{R}}{R^3} dv = \frac{1}{c} \oint_{\text{маг.полоса}} \frac{[d\vec{l} \times \vec{R}]}{R^3} \quad (6)$$

Параметр  $\frac{l}{c}$  мы подбирали экспериментально (с помощью сервиса компании Dexter Magnetics)

Контурный интеграл можно расписать следующим образом:

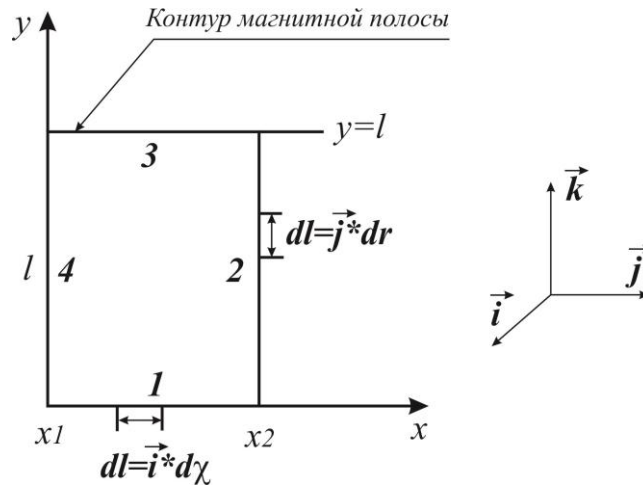


Рис. 4. Контур по краям магнитной полосы

Найдем интегралы для всех четырех участков контура:

Участок 1:

$$H_{z1} = \frac{I}{c} \int_{x_1}^{x_2} \frac{y}{((x-\chi)^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} d\chi \quad (7)$$

Участок 2:

$$H_{z2} = -\frac{I}{c} \int_0^l \frac{x-x_2}{\sqrt{((x-x_2)^2 + (y-r)^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}} dr \quad (8)$$

Участок 3:

$$H_{z3} = -\frac{I}{c} \int_{x_1}^{x_2} \frac{y-l}{((x-\chi)^2 + (y-l)^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} d\chi \quad (9)$$

Участок 4

$$H_{z4} = \frac{I}{c} \int_0^l \frac{x-x_1}{((x-x_1)^2 + (y-r)^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} dr \quad (10)$$

$$H_z = H_{z1} + H_{z2} + H_{z3} + H_{z4}$$

Результаты моделирования напряженности магнитного поля методом молекулярных токов оказались очень похожи на данные, полученные дипольным методом.

## 2. Моделирование магнитного потока

Вычислим магнитный поток, захваченный рамкой, в веберах:

$$\Phi = \int_{x=vt}^{x=vt+\Delta l_5} \int_{y=0}^{y=l_5} B_z(x_0, y_0, z_0) dx_0 dy_0, \text{ где} \quad (11)$$

$v$  – скорость автомобиля,  $x_0, y_0, z_0$  – точки внутри контура

Длина контура в нашем случае была равна 1 метру, ширина - 1 см.

### 3. Моделирование электродвижущей силы индукции, возникающей в контуре

Найдем электродвижущую силу индукции, возникающую в контуре:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$
$$\varepsilon = - \left( \int_{y=0}^{y=l_5} (B_z(vt + \Delta l_5, y_0, z_0) - VB_z(vt, y_0, z_0)) dy_0 \right) \quad (12)$$

На рисунке 5 показаны графики ЭДС, возникающей в контуре на разных скоростях движения.

А) высота - 20 см, три магнитные полосы шириной 10 см, разделенных промежутками 50см,

В) высота - 30 см, две магнитные полосы, ширина первой полосы 10 см, ширина второй полосы - 20см, промежутков между полосами – 30 см

С) высота - 20 см, две магнитные полосы шириной 10 см, разделенных промежутками 30см.

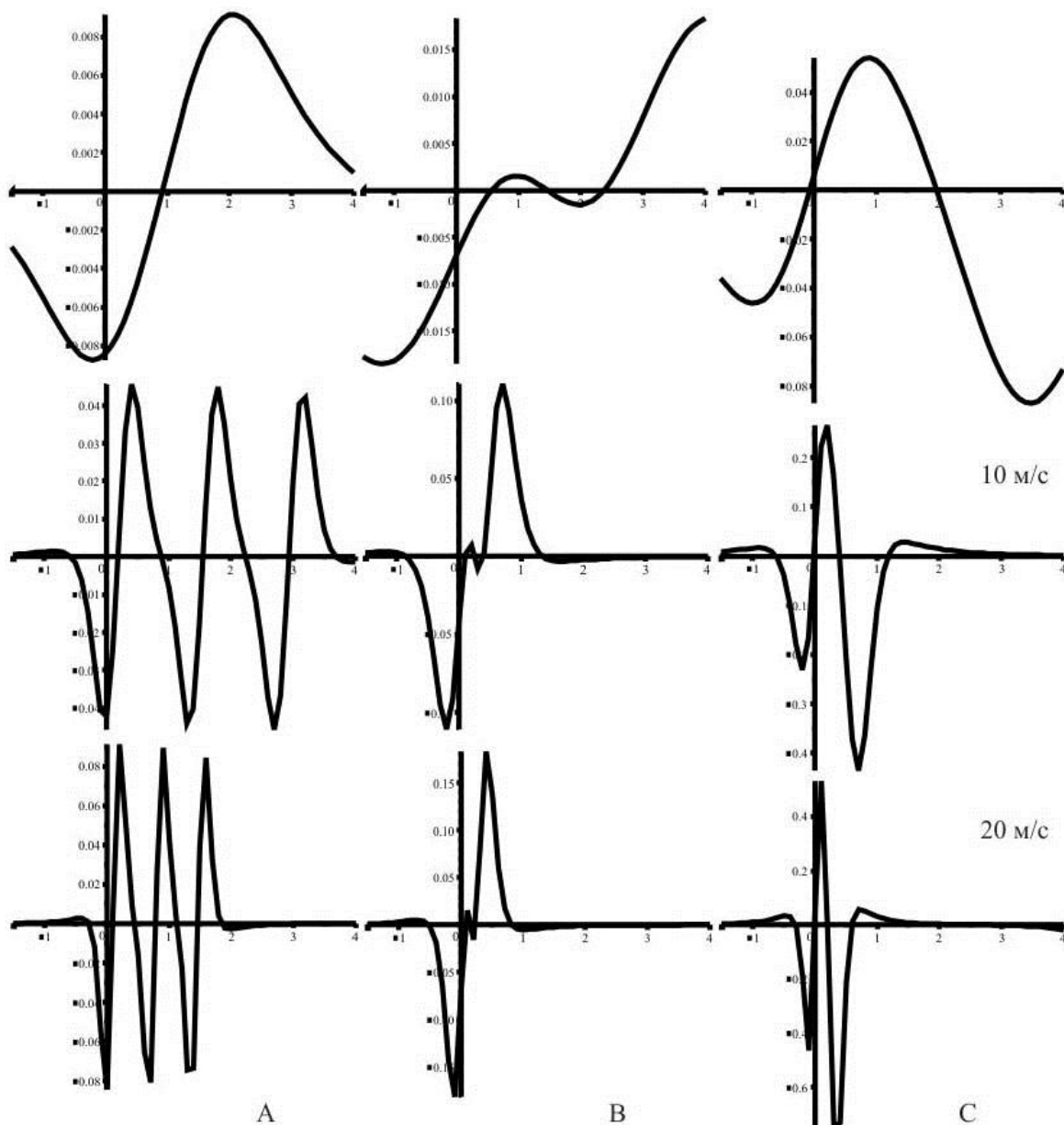


Рис. 5. Моделирование электродвижущей силы индукции, возникающей в контуре, на разных скоростях.

## Наблюдения

### 1. Моделирование напряженности магнитного поля

Сравнение графиков индукции магнитного поля, создаваемого полосами шириной 10 и 20 см, разделенных промежутком 50 см, не выявило в них серьезных различий. Из этого можно сделать вывод о том, что для кодирования информации с помощью магнитов вполне достаточно использовать полосы шириной 10 см. В более ранних исследованиях было выяснено, что полосы меньшей ширины дают слишком слабое магнитное поле, которое быстро затухает с увеличением высоты над дорогой. Для уверенного распознавания сигналы должны иметь относительно высокую скважность. Желательно, чтобы расстояние между полосами было, по крайней мере, в два раза больше их

ширины. В противном случае поля от разных полос сливаются и интерферируют, затрудняя процесс распознавания.

## **2. Моделирование ЭДС в контуре автомобиля**

a) Как и следовало ожидать, с ростом скорости ЭДС растет.

b) При очень низкой скорости транспортного средства (около 2 м/с) распознавание затруднено

c) Информативными признаками являются восходящие фронты сигналов (их количество равно количеству магнитных полос на дороге). Для подсчета количества восходящих фронтов импульсов можно использовать D-триггер.

d) Амплитуда сигнала сильно зависит от ширины магнитной полосы. Это особенно заметно при сравнении 10 см-полосой с 20-ти сантиметровой полосой.

## **Заключение**

Эксперименты в целом подтвердили гипотезу о возможности использования полос, нанесенных поперек проезжей части, для кодирования информации о местонахождении транспортного средства и дорожных знаках. Были исследованы два подхода кодирования: штрих-код EAN-128 и использование магнитных полос. С технической точки зрения технология штрихового кодирования хорошо проработана, было создано программное обеспечение для кодирования/декодирования/классификации/отображения информации и выявил его высокую эффективность. Технологии предлагается использовать совместно с автомобильными спутниковыми навигационными системами, расширяя возможности последних. В условиях России штрих-код может иметь ограниченное применение в связи с климатом и общим состоянием дорог. Более перспективным видится использование магнитного кода. Для натурных испытаний технологии мне потребовались бы несколько килограммов феррита, краска для дорожной разметки, магнетометр, запоминающий осциллограф и автомобиль. Математическое моделирование свойств магнитных полей вблизи полос с целью подбора оптимальной геометрии магнитных полос было проведено в среде Maple. Мы пришли к выводу, что 10 см является оптимальной шириной магнитной полосы, расстояние между полосами должно быть порядка 30-50 см. В среде Maple моделировалась электродвижущая сила индукции, возникающая в контуре, находящемся в переднем бампере автомобиля. Клиренс автомобилей варьировался от 5 до 50 см, скорость – от 2 до 20 м/с. Распознавание было уверенным на всех режимах. Информативным признаком был восходящий фронт электрического импульса. Не до конца ясен алгоритм кодирования информации с помощью магнитного кода. Для дальнейших исследований желателен натурный эксперимент.

Потенциальной областью применения предложенной технологии является кодирование информации о местоположении транспортного средства



и дорожных знаках на данном участке автодороги. Технология призвана снизить травматизм на дорогах и облегчить навигацию автоматизированных транспортных систем, таких, как гугломобили.

Примечание: литература дана по тексту доклада

Т.А. Булохова

## К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

(Иркутский университет путей сообщения)

В результате реализации структурной реформы на железнодорожном транспорте из состава ОАО «РЖД» были выделены дочерние предприятия, основная деятельность которых связана с предоставлением сервиса пассажирам. В то же время, часть функционала, непосредственно связанного с предоставлением сервиса пассажирам, остается в ведении ОАО «РЖД», его филиалов и их структурных подразделений.

Клиентский путь пассажира проходит через сервис, предоставляемый всеми субъектами бизнес-блока «Пассажирские перевозки» Холдинга «РЖД», имеющими не только различную организационно-правовую форму, но и различные (зачастую никак не согласованные), ключевые показатели эффективности, непосредственно влияющие на мотивацию руководителей и персонала.

Однако для пассажиров как для клиентов железнодорожного транспорта в целом не имеет значения кто именно и на каком этапе его пути предоставляет ему те или иные услуги. Как правило, у пассажира даже отсутствует информация о том, какое количество подразделений в конкретный момент времени участвует в процессе его обслуживания в цепочке комплексного транспортного продукта. Поэтому у пассажиров естественным образом формируется целостный взгляд на весь клиентский путь. Негативный опыт пассажиров, полученный ими на одном из этапов клиентского пути, в конечном итоге неизбежно отражается на всех представителях бизнес-блока «Пассажирские перевозки», предоставляющих им различные виды сервиса.

В профессиональном сознании сотрудников бизнес-блока отсутствует представление о едином комплексном транспортном продукте. Границы сфер деятельности различных субъектов бизнес-блока формируют в восприятии работников ошибочное представление о характеристиках законченного качественно совершенного продукта, как завершеного результата деятельности их подразделения.

Хотя некоторые пассажиры четко формулируют для себя единый транспортный продукт бизнес-блока, визуально представляющий его путь из точки А в точку Б. Например, «Принятие решения о поездке → Проверка наличия билета на нужную дату и время → Оформление билета → Прибытие на вокзал → Покупка товаров в дорогу → Посещение кафе на вокзале → Посещения сервис-центра → Посадка в поезд → Заказ такси в пункте прибытия – Окончание поездки»). Для пассажира это единое событие – поездка. Для сотрудников бизнес-блока это совокупность функций, где мера их индивидуальной ответственности значительно меньше, чем соответствующая общему понятию «поездка».

Таким образом, главной проблемой пассажирского сервиса Российских железных дорог является дискредитация надлежащего качества одних элементов пассажирского сервиса ненадлежащим качеством других, что приводит к снижению общего уровня удовлетворенности пассажира от потребляемого им комплексного транспортного продукта.

В цепочке комплексного транспортного продукта «изломы» (разрывы) уровня качества предоставляемых услуг возникают, в основном, в «зонах перехода» пассажиром от одного элемента (этапа) сервиса к другому, курируемых различными по функционалу и кругу ответственности субъектами Холдинга.

В качестве характерных примеров таких случаев могут быть приведены:

- несоответствие возраста подвижного состава классу обслуживания, предлагаемому пассажиру по проездному документу, включая ситуации различного санитарного состояния и технического оснащения вагонов в рамках одного класса обслуживания в составе одного поезда;
- несоответствие профессиональных данных обслуживающего персонала (например, проводников пассажирских вагонов) классу обслуживания, предлагаемому пассажиру по проездному документу;
- отсутствие согласованного предложения от других видов транспорта на транспортировку пассажира по принципу «последней мили», включая вопросы сопоставимости цен, уровня качества обслуживания и состояния транспортных средств, а также включая вопросы сопоставимости уровней безопасности всех видов;
- отсутствие на малоделятельных станциях технических средств, обеспечивающих полноценное поддержание технологии электронной регистрации оплаты пассажиром проезда (отсутствие ТТС, отказы кассиров распечатать билет и т. п.);
- отсутствие технологической возможности и технических средств, предоставляющих пассажиру информацию, подтверждающую наличие электронной регистрации на конкретную дату, время и поезд;
- ненадлежащее качество (например, санитарное состояние) мест общего пользования на вокзалах и станциях, вызванное, в том числе, отсутствием контроля качества работы аутсорсинговых компаний, обеспечивающих чистоту и исправность оборудования в таких местах.

Таким образом, большинство «изломов» (разрывов) уровня качества предоставляемых пассажирам услуг могут быть классифицированы по следующим укрупненным направлениям:

- информационно-справочное обслуживание;
- состояние транспортных средств;
- состояние объектов инфраструктуры;
- квалификация обслуживающего персонала;
- уровень предоставляемого сервиса;
- оптимальность спектра дополнительных (сопутствующих) услуг с вне транспортным эффектом;
- реализация интермодальности перевозки;
- обеспечение безопасности пассажиров всех видов: (личной, имущественной, движения, транспортной и т. д.).

Основные причины наличия указанных разрывов – отсутствие стандартов и отсутствие централизованного (согласованного участниками перевозочного процесса) управления качеством.

Нарушение в одном из звеньев транспортной цепочки всего пути пассажира в зоне ответственности нескольких субъектов бизнес-блока «Пассажирские перевозки» Холдинга «РЖД» не может быть исправлено только силами одной бизнес-единицы. В конечном итоге, это приводит к искажению оценки реального уровня удовлетворенности качеством услуг, предоставляемых пассажирам каждым субъектом пассажирского комплекса в отдельности.

В связи с вышесказанным автором сделана попытка разработки Матрицы ответственности в таблице на всем клиентском пути следования пассажира. Цель – наглядно увидеть контролируемые зоны ответственности подразделений ВСЖД, участвующие в процессе обеспечения удовлетворенности пассажира на всем пути клиента от процесса приобретения (покупки билета) до прибытия в пункт назначения, а также отслеживания «сквозного» качества предоставляемых услуг, определения зон возможных «изломов».

Таблица - Матрица ответственности подразделений, участвующих в формировании показателей удовлетворенности пассажиров

Наименование этапа в цепочке транспортного продукта (на протяжении клиентского пути)	ДЖВ	ФПК					ДПО	Л
		ВСЖА	ОП	В	РС	М		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
БИЛЕТ								
Осознание необходимости (желания) совершения поездки	у	у				о	у	у
Получение информации о возможных вариантах перемещения (все виды транспорта) + багаж	у	о				у	у	у
Получение информации о возможных вариантах перемещения ж./д. транспортом (маршруты)	у	о				у	у	у

Получение актуальной информации об условиях предоставления услуги (размеры багажа, перевозка велосипедов, негабаритный багаж)	у	о				у	у	у
Получение информации о возможных способах оплаты проезда, в т. ч. - багажа	у	о				у	у	у
Получение информации о возможных местах оформления услуги	у	о				у		
Оформление оплаты проезда (оформление проездного документа)	у	о				у	у	у
Получение актуальной информации о предстоящей поездке в случаях задержки, отмены, изменений условий предоставления услуг, маршрута следования поезда	у	о	у			у	у	у
<b>ВОКЗАЛ</b>								
Получение информации о наиболее оптимальном маршруте следования от места нахождения к месту отправления (месту получения услуги) (возможно рекомендовать партнеров по оказанию доставки от порога дома до вокзала)	у	о				у	у	
Получение информации о наличии сервисов на прилегающей территории к вокзальному комплексу (парковка с наличием свободных мест, банки, аптеки, мед. пункты, и т. д.) в радиусе 500 метров	о	у				у	о	
Перемещение от места нахождения на вокзал/станцию отправления	о	у					о	
Прибытие на вокзал	о	у					о	
Получение информации о пути/платформе отправления	о	у					о	
Получение информации об актуальном времени отправления/опоздания	о	у					о	
Получение информации о видах сервиса на вокзале/станции	о	у					о	
Получение информации о подаче/прибытии поезда под посадку (СМС-инфо, эл. почта)	о	у					о	
Получение информации о начале посадки (СМС-инфо, инфо на табло, аудио инфо)	о	у					о	
Получение информации о кратчайшем пути прохода к пути/платформе отправления (навигация)	о	у					о	
Получение информации о направлении нумерации вагонов	о	у					о	
Получение информации о нахождении вагона в составе поезда (на вагоне, напольно, проекционно, в подшатровом пространстве, эл. табло)	о	у					о	
<b>ПОЕЗДКА</b>								
Посадка в поезд	у	у	о			у		
Валидация проездного документа или электронной регистрации	у	у	о			у		
Получение информации о месте в вагоне	у	у	о			у		
Размещение багажа и ручной клади		у	о			у		
Получение информации о времени, оставшемся до отправления	о	у	у			у		
Отправление в поезде			о			у		у

Получение информации о наличии и расположении сервиса на борту (бортовые журналы или сервисные книжки, как в отелях, мобильное приложение поезда)	у		о			у		
Питание					о			
Досуг, включая развлекательные, медиа и интерактивные элементы			о			у		
Бытовые услуги			о	у		у		
Исправное оборудование вагона			у	о				
Отдых			о					
Информационно-справочное обслуживание			о			у		
Получение информации о попутных станциях, времени остановок на них			о			у		у
Получение информации о наличии сервиса на попутных станциях при стоянках на них более 20 минут	у	у	о			у		
Получение информации о наличии и расположении платформ			о				у	
Получение информации об актуальном времени прибытия/опоздания на станцию назначения (проводник, СМС - за один час до прибытия с возможностью оперативной корректировки)			о					у
Получение информации об условиях на станции назначения (метео и т. п.)	у		о			у	у	
Получение информации о наличии/дислокации сервиса на станции назначения	о		у				у	
Получение информации о наличии и расположении платформ	о		у				у	
Прибытие на станцию назначения	у		у					у
Высадка из вагона	у		о					у
ВОКЗАЛ								
Получение информации о дислокации здания вокзала и пассажирских обустройств	о	у	у			у		о
Проход на вокзал/станцию и/или привокзальную площадь	о	у						о
Получение информации о видах сервиса на вокзале/станции	о	у				у		о
Получение информации о наличии и расписании смежных видов транспорта	о	у				у		о
Получение информации о порядке оплаты проезда в смежных видах транспорта	у	о				у		у
Убытие с вокзала/станции назначения	о					у		о
Возможность для пассажира оставить обратную связь: отзыв, жалобу, благодарность и т. д.	о	у	у			у		о
Информирование пассажира о рекламных акциях, бонусах, изменениях статуса лояльности	у	у	у			о		у

Обозначения:

О – ответственный исполнитель;

У – участник процесса;

ДЖВ – дирекция железнодорожных вокзалов ВСЖД;

ФПК – акционерное общество Федеральная пассажирская компания;

ОП – отдел обслуживания и предоставления услуг пассажирам;

ВСЖА – Восточно-Сибирское железнодорожное агентство;

РС – сектор предоставления услуг питания в поездах;

В – отдел эксплуатации и ремонта пассажирских вагонов;

М – маркетинговый сектор;

Л – пассажирская служба ВСЖД;

ДПО – дирекция пассажирских обустройств ВСЖД.

Как видно из матрицы, весь клиентский путь разбит автором на процессы, у которого имеется ответственный за этот процесс и участники, косвенно влияющие на выполнение процесса и, в конечном итоге, на удовлетворенность пассажира. На некоторых процессах мы можем увидеть двух ответственных, что противоречит принципам построения матрицы. Однако, это связано с тем, что крупные вокзальные комплексы находятся в ведении Дирекции железнодорожных вокзалов, а мелкие станции, платформы находятся в ведении Дирекции пассажирских обустройств.

Таким образом, с целью визуализации процесса клиентского пути пассажира автором предложена матрица ответственности. Существующий уровень вариабельности уровня качества, в большей степени за счет наличия элементов сервиса с более низким уровнем, влияет на общий уровень лояльности потребителей к продуктам бизнес-блока. Поэтому объективная оценка высокого уровня качества лучших продуктов бизнес-блока со стороны потребителя возможна при условии повышения уровня качества самых «слабых» продуктов, а также выравнивании уровня качества однородных продуктов, вне зависимости от того, какое подразделение их создает и реализует.

В дальнейшем на основе этой матрицы можно рекомендовать доработку регламентов взаимодействия с целью построения сквозного регламента, а также определения финансовой ответственности между подразделениями в границах дороги. Также требуется разработать единые сервисные стандарты обеспечения сквозного уровня качества по всей транспортной цепочке с разработкой модели пассажирского сервиса по всей транспортной цепочке, в которой были бы идентифицированы участники перевозочного процесса и процессов обслуживания пассажиров, определены зоны ответственности, ликвидированы «разрывы» по обеспечению «бесшовной» технологии сервиса. Предложенная матрица ответственности может являться отправной точкой в этой работе.

## НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ АДАПТАЦИИ ТВЁРДОГО ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

(Российская открытая академия транспорта МИИТ)

Основой организации движения поездов по инфраструктуре является сводный график движения поездов, который объединяет деятельность всех подразделений. Однако, для грузового движения это положение ПТЭ далеко не соответствует действительности, даже несмотря на то, что 2015 год является заключительным этапом реализации «Комплексной программы поэтапного перехода на организацию движения грузовых поездов по расписанию на 2011-2015 годы». Графиком в большинстве случаев отправляются и следуют лишь те поезда, для которых не составляет особого труда заранее назначить время их отправления со станции формирования и следования по маршруту. Это поезда так называемого «ядра», а также поезда специализированные, ускоренные и др. Значительная же доля грузовых поездов остаётся без расписаний, тем более развязанных на узловых станциях. Чаще всего сюда относятся поезда с немассовыми грузами и грузами, которые мы отдаём автомобильному транспорту или просто теряем. А учитываются отправленными по расписанию те поезда, которые просто «подвязываются» к той или иной «нитке» графика.

Компания ОАО «РЖД» имеет определённый доход от услуги «доставка по расписанию». Например, в 2013 году компания ОАО «РЖД» получила доход в 700 млн. руб. за услугу «доставка по расписанию» (Морозов В.Н., «Ж.-д. транспорт», №10, 2014 г.), но при этом доля отправок, доставленных с нарушением сроков, составляет более 10%.

В результате выполненных расчётов установлено, что потери только по одной технической станции от необходимости первоочередного обслуживания прибывающего поезда могут составлять десятки тысяч рублей. С учётом того, что технических станций на маршруте следования таких поездов несколько, соответственно, в несколько раз возрастают и указанные потери. И если принять во внимание тот факт, что пропуск отдельных поездов твёрдым графиком замедляет доставку грузов, следующих в других поездах, вызывая нарушение сроков их доставки, отталкивает грузовладельцев от железнодорожного транспорта, то вряд ли убедительна полученная сумма дохода от услуги «доставка по расписанию».

Но и выполнять грузовые перевозки без графика «себе в убыток». Ведь поездные локомотивы большую часть своего времени стоят. А самая большая часть простоя приходится на станции оборота из-за неопределённости времени отправления.

В настоящее время созданы центры управления тяговыми ресурсами (ЦУТР). Называются некоторые положительные сдвиги в использовании

локомотивного парка, но ещё далеко не покрывающие имеющиеся издержки в этом вопросе.

Сейчас в большей степени выражен приоритет (вектор) на оперативное управление эксплуатационной работой. Тому свидетельство и созданные ЦУТР. Но вряд ли оперативное управление подменит в полной мере заранее разработанную чёткую технологию перевозочного процесса, выраженную, прежде всего, графиком движения поездов.

Сказанное ещё раз убеждает в том, что твёрдый график движения поездов нужен, но такой график, который бы действительно был основой эксплуатационной работы, а не требовал бы ежедневных, а то и чаще, корректировок.

Соответственно, и график должен быть не формальным, а надёжным звеном в организации движения поездов. И поскольку не только сейчас, а уже многие годы не обеспечивается качественная эксплуатация локомотивов, то он должен быть нацелен, прежде всего, на решение этого вопроса. Тем более, что локомотивы - недешёвый подвижной состав, который, как сказано, используется далеко не эффективно.

Что нужно от графика? - чтобы он «работал». Прежде всего, он должен иметь основу, а не формально составленное расписание следования поездов. Так, в пассажирском и пригородном движении «живучесть» графика обеспечивает график оборота составов. На метрополитене, в условиях значительно большей интенсивности движения, чем на железнодорожном транспорте, график оборота составов также является основой графика движения. И нетрудно представить, что было бы, если бы этой основы не было. А было бы то, что мы имеем в грузовом движении – опоздал поезд на техническую станцию, ничего страшного, поскольку локомотив для дальнейшего следования не закреплен: либо подождет предварительно намеченный локомотив, либо назначат дополнительный, либо переназначат от другого поезда.

Поэтому и в грузовом движении у графика должна быть основа, выраженная графиком оборота локомотивов.

Но и этого ещё недостаточно для обеспечения надёжного и устойчивого функционирования твёрдого графика. Принципиально должна быть изменена система учёта выполнения графика, а вместе с тем, и ответственность за его нарушения. Но эти вопросы, хотя и принципиальные, но вполне решаемые.

Конечно, внедрение твёрдого графика, кроме названных принципиальных моментов, затрагивает и другие вопросы, связанные с перевозочным процессом. Например, оперативное управление планом формирования, использование гибких норм веса и длины составов, содержание резерва локомотивов, локомотивных бригад, с каких станций и участков следует производить внедрение и т.д., но эти вопросы либо отчасти проработаны, либо должны отрабатываться в процессе внедрения такого графика. При этом у диспетчерского аппарата, особенно технических станций, должны быть «развязаны руки» в вопросах управления поездообразованием.



Последовательность внедрения твёрдого графика движения грузовых поездов должна быть следующей. Вначале определяются «твёрдые нитки» пропуска поездов по участкам. На первом этапе к твёрдому графику подвязываться могут не все следующие по участку поезда, но их должно быть не менее половины от общего числа. «Нитки» грузовых поездов твёрдого графика прокладываются с учетом обеспечения:

- равномерного по времени суток их распределения;
- рационального взаимодействия перевозчиков железнодорожного транспорта с грузоотправителями, грузополучателями, с другими видами транспорта, с железными дорогами других стран;
- устойчивого взаимодействия участков между собой и станциями;
- оптимального прикрепления локомотивов;
- возможности выделения с минимальными корректировками расписаний «окон» для ремонтных и строительно-монтажных работ;
- резервов времени хода и интервалов следования поездов.

На следующем этапе по узловым станциям «нитки» твёрдого графика согласовываются по направлениям. По станциям расформирования и формирования поездов «нитки» одного направления могут быть использованы для транзитных и поездов своего формирования, за исключением случаев их закрепления за специализированными поездами.

Затем, на основе намеченных твёрдых «ниток» графика движения поездов по участкам обращения локомотивов разрабатывается график их оборота.

Выделение специализированных расписаний поездов на направлении производится на основе составленных и увязанных расписаний по отдельным участкам обращения локомотивов.

Таким образом, основными и обязательными условиями для обеспечения внедрения твёрдого графика движения поездов являются:

- включение в категорию твёрдых расписаний если не всех поездов, то большей их части;
- основу твёрдого графика должен составлять график оборота локомотивов;
- задействование систем учёта нарушений графика движения поездов по каждому отдельным случаям и адекватных мер ответственности за эти нарушения.

Примечание: Литература приведена автором по тексту работы.

## УПРАВЛЯЕМОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ

(Российская открытая академия транспорта МИИТ)

Известно, что управляемость определяется поставленными целями, критериями степени их достижения и применяемыми управляющими воздействиями. Цели управления перевозками зависят от значимости рассматриваемых перевозок. В современных условиях наиболее значимыми считаются перевозки, выполняемые по госзаказу. А для таких перевозок характерно управление по отклонениям от заданных договорных условий [1]. Менее значимыми считаются коммерческие перевозки, управление которыми преследует как государственную, так и коммерческую цели. Государственная цель – снижение доли транспортных затрат в цене перевозимой продукции [2], коммерческая цель – увеличение прибыли от перевозок.

При стремлении увеличить прибыль путем снижения затрат одновременно достигается и указанная государственная цель. Но при этом часть доходов собственника может быть упущена. В этих случаях следует рассматривать два варианта последствий: снижение затрат и повышение доходов.

При возникновении конфликта между интересами государства и собственника необходимо политическое решение, которое затем приводит к применению иерархического критерия. Если конфликт возникает между интересами получателей дохода и вкладчиками в затраты, то возможно применение неаддитивного критерия с весовыми коэффициентами.

Процесс достижения коммерческой цели представляет собой оптимизацию некоторого плана, заключающуюся в поиске экстремального значения критерия, выступающего в качестве функции этой цели. Для обеспечения возможности поиска необходимо иметь варианты упомянутого плана, а если их нет, то - строить их заранее или в процессе поиска.

Переход от одного варианта плана к другому представляет собой управляющее воздействие. Чтобы такое воздействие состоялось, оптимизируемый объект (в данном случае план) должен иметь регулируемые параметры. Наличие таких параметров не всегда очевидно. И в этом случае требуется проводить параметризацию объекта на основе выявления каких-либо зависимостей его критериального состояния от свойств планируемого процесса.

Управление транспортными процессами возможно как на стадии их организации, так и на стадии функционирования.

На стадии организации управление осуществляется при разработке нормативных документов – плана формирования поездов, графика их движения, именного графика работы локомотивных бригад и технического плана работы подразделения хозяйства перевозок на сутки. В качестве регулируемых параметров могут использоваться:

- количество станций формирования грузовых поездов;
- перечень станций формирования грузовых поездов при заданном количестве;
- количество станций назначения для данной станции формирования;
- перечень станций назначения для данной станции формирования при заданном количестве;
- перечень попутных назначений для каждого назначения данной станции формирования;
- вариант организации вагонопотоков;
- количество категорий поездов на данном участке;
- количество ниток графика для каждой категории поездов;
- вариант размещения окна на графике;
- вариант размещения ниток для поездов всех категорий
- количество отправляемых транзитных поездов;
- количество отправляемых поездов своего формирования;
- количество отправляемых порожних вагонов.

На стадии функционирования процессов управление может осуществляться при сменно-суточном, внутрисуточном и текущем планировании. В качестве регулируемых параметров выступают:

- количество заявок на перевозки, принимаемых к исполнению на данные сутки;
- перечень заявок, принимаемых к исполнению на сутки при заданном их количестве;
- количество заявок на перевозки, принимаемых к исполнению на первую смену;
- перечень заявок, принимаемых к исполнению на смену при заданном их количестве;
- количество заявок на перевозки, принимаемых к исполнению на трехчасовой период;
- перечень заявок, принимаемых к исполнению на трёхчасовой период при заданном их количестве;
- перечень операторов вагонного парка, выигравших заявки для исполнения, начинающегося на планируемом трехчасовом периоде;
- очередность обслуживания станций погрузки;
- очередность опроса станций дислокации порожних вагонов для данной очередности обслуживания;
- очередность использования типов вагона для данной очередности опроса;
- способ доставки порожних вагонов (отдельными поездами или прицепными группами)
- очередность зарождения поездопотоков;
- маршрут следования поездопотока при данной очередности зарождения;
- вариант распределения прицепных вагонов по поездам;

- очередность отправления транзитных поездов;
- вариант непарности разборочных составов;
- вариант организации пар составов для параллельного роспуска при данном варианте непарности;
- вариант очередности роспуска пар составов, непарных и «лишних» составов;
- вариант распределения работы между маневровыми локомотивами;
- вариант выезда и заезда каждого локомотива при данном распределении работ;
- вариант промежуточных точек маршрута каждого поезда, состава и локомотива при данном варианте выезда и заезда.

Для конкретного подразделения состав регулируемых параметров может быть расширен или сужен, каждый параметр может быть детализирован (например, по направлениям, родам вагона и пр.). Наличие регулируемых параметров дает возможность решать компьютерные задачи управления транспортными процессами. Эта возможность используется на кафедре в учебном процессе [3].

#### Список литературы

1. Поплавский А.А. Автоматизированная система управления перевозочным процессом железнодорожного транспорта в оперативном режиме. М.: Интекст, 2008. – 192 с.
2. Шаров В.А. Формирование новой вертикали управления перевозочным процессом// Автоматика, связь, информатика. 2002.–№2.– с. 3-5.
3. Гершвальд А.С. Информационные технологии планирования для АРМ станционного персонала// Материалы международной юбилейной научно-практической конференция «Современные проблемы развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом». МГУПС (МИИТ), Россия. М.:ВИНИТИ,2015–с. 43-44.

С.Ю.Елисеев, С.Г.Волкова

### КОНЦЕПЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

(Российская открытая академия транспорта МИИТ)

Железнодорожный транспорт является основным слагаемым единого транспортного комплекса страны. На его долю приходится 80% общих объемов грузовых перевозок. Инфраструктура железнодорожного транспорта является наиболее протяженной транспортной сетью. Она охватывает все стратегические и экономически важные регионы страны и гармонично вписывается в систему международных транспортных коридоров. В связи с этим, поскольку

железнодорожный транспорт как никакой другой в настоящее время имеет мощнейшие информационные ресурсы, отображающие в реальном масштабе времени динамику абсолютно всех технологических процессов по перемещению транспортных объектов и грузов, располагает высокоразвитыми каналами связи и программно-вычислительными комплексами, вполне логично и закономерно заключение о том, что ОАО «Российские железные дороги» надлежит стать инициатором и учредителем главного и региональных логистических центров. Это позволит отрасли занять главенствующую и доминирующую роль в управлении грузопотоками в масштабах всего транспортного комплекса страны.

Внедрение современных информационных технологий в международной внешнеэкономической деятельности предполагает высокий уровень транспортных услуг. Товар должен быть доставлен к месту потребления в условленный срок, в необходимом количестве и качестве, а сопутствующие услуги должны оказываться в нужное время, в нужном объеме, в нужном месте и в нужном качестве. Оформление перевозки должно быть доступным и простым, маршрут перемещения груза необходимо выбирать рациональным и экономичным как с точки зрения перевозчиков, так и с точки зрения пользователей транспортных услуг: грузовладельцев, экспедиторов, операторов и других участников процесса перевозок.

Перед грузовладельцами постоянно встает ряд проблем - на каких базисных условиях заключить договор на перевозку или продажу товара, какой выбрать маршрут транспортировки, каким образом заплатить за перевозку минимальную цену, как оформить таможенные процедуры и так далее. Известно, что коммерческий успех товара или транспортной услуги зависит не только от соотношения цены и качества, но и от того, насколько удачно выбраны схемы поставки, оплаты, транспортировки и складирования.

В современных условиях на выбор схемы поставки внешнеторговых грузов в смешанном сообщении влияют не только традиционные параметры (объем перевозок, расстояние, цена транспортировки, пропускные способности магистральных путей и портовых мощностей), но и такие, как формы оплаты провозных платежей, размеры таможенных и других сборов в морских и речных портах, порядок и продолжительность проведения таможенных и сертификационных процедур, толкование налоговыми органами на местах положений и инструкций Госналогслужбы, конвенционные запреты и сроки навигации, глубины фарватеров на подходах к портам. Подобная информация существенна для грузовладельца, для которого транспортная перевозка является неразрывной составляющей (частью) логистической цепи поставки товара (груза) как с производственно-технологической, так и с коммерческой точек зрения. Поэтому для решения данной задачи необходим подход, позволяющий учесть все типы элементов, потоков и правовых связей цепи в едином комплексе.

Повышение качества транспортного сервиса должно предусматривать предоставление клиенту возможности выбора маршрута следования (как по

территории своей страны, так и за ее пределами), наличие полной информации о ходе доставки грузов по каждому виду транспорта, повышение гибкости перевозочного процесса (варьирование режимами доставки в зависимости от требований клиентуры, динамики конъюнктуры на товарных, сырьевых и транспортных рынках).

Важную роль в повышении качества транспортного сервиса могут сыграть следующие меры:

создание высокоэффективной информационной среды для определения маршрута следования и управления доставкой внешнеторговых грузов в смешанном сообщении;

организация контроля за транспортными и грузовыми единицами на всем пути следования и информирование об этом клиентуры;

предоставление комплексных логистических услуг, оказываемых в сотрудничестве с экспедиторскими и другими транспортными организациями, в т.ч. зарубежными;

обеспечение сохранности и качества перевозимых грузов;

проведение гибкой тарифной политики при тесном взаимодействии с другими видами транспорта, банками, таможнями, налоговыми инспекциями и другими контролирующими органами.

В настоящее время в нашей стране не существует органа, осуществляющего оперативное регулирование перевозок грузов в Единой транспортной системе. Оперативное управление перевозочным процессом разорвано на части по видам транспорта, участвующего в цепи перевозок: железнодорожную - от станции до станции, водную - от порта до порта, автомобильную - от отправителя до станции или порта и от станции или порта до получателя (включая прямые перевозки от отправителя до получателя).

«Концепция построения системы логистического управления транспортными грузопотоками во взаимодействии железнодорожного транспорта со смежными видами транспорта, морскими и речными портами, крупными промышленными комплексами, транспортными системами других стран и другими участниками транспортного процесса на основе эффективного использования информационно-управляющих и аналитических технологий» (далее – «Логистическая Концепция») должна позволить решить основные проблемы, связанные с беспрепятственным прохождением грузов через стыковые пункты транспортных узлов России, путем создания логистической системы управления грузопотоками.

Существует множество определений термина «логистика». Системный анализ множества источников по вопросу «логистики» позволяет сделать заключение, что по сути «логистика» является инструментом эффективного управления различными процессами с наименьшими затратами. Современные определения слова «логистика» звучат как: «Логистика – это задача организации товародвижения, в ходе решения которой, при выполнении ряда условий, один из критериев достигает оптимального значения» и «Логистика – есть интегрированная цепочка поставок».

Основными целями создания логистической системы управления грузопотоками являются:

Обеспечение беспрепятственного прохождения грузов через стыковые пункты транспортных узлов;

Оптимизация перевозочного процесса с участием нескольких видов транспорта;

Ускорение движения грузов внешней торговли в смешанном сообщении;

Максимальное использование существующих возможностей всех видов транспорта, в т.ч. создание условий наиболее полного использования возможностей портов России для увеличения объемов торговли и усиления конкурентоспособности торговых путей (транспортных коммуникаций и коридоров), проходящих по территории и через порты России;

Привлечение дополнительных грузопотоков на транспортные коридоры, проходящие по территории России;

Уменьшение потерь в процессе транспортировки.

В конечном итоге достижение этих целей должно уменьшить затраты грузовладельцев при перевозках грузов и повысить доходность и устойчивость функционирования транспортного комплекса России.



Рис. 1 Общие принципы решения транспортных проблем на базе логистических технологий.

Логистическая система управления грузопотоками (далее - «Логистическая Система») должна исключить дискриминацию участников транспортного процесса, обеспечить свободный доступ к информации о ее работе, соблюсти баланс интересов субъектов, участвующих в «Логистической

Системе» на условиях партнерства, обоюдновыгодного сотрудничества, добросовестной конкуренции, свободы выбора для грузовладельцев, перевозчиков и других субъектов рынка перевозок.

Для эффективного функционирования «Логистической Системы» требуется не только единое информационное пространство участников транспортно-логистической цепи, но и разработка правовой базы, регламентирующей экономическую ответственность субъектов транспортного рынка.

Транспортные услуги, при условии их логистизации, должны оказываться на логистических принципах – в нужном объеме, в нужное время, в нужном качестве и в нужном для пользователя месте.

В.Ю.Еременко, А.Н.Кузнецова

## НЕКОТОРЫЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПЕРЕВОЗОК

(ООО «Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог»,  
Российская открытая академия транспорта МИИТ)

При расчете показателей работы станции, для проектирования оптимальных технологических процессов исключительно важно не задействовать дополнительные ресурсы во избежание лишних затрат. Поэтому необходимо правильно и точно корректировать прогнозные потоки на некоторый коэффициент неравномерности. В настоящей работе будут показаны некоторые приемы по расчету коэффициента неравномерности при работе с системами станционного уровня.

Расчет коэффициента неравномерности вагонопотока  $K_n$  выполняется на основе определения характера вагонопотока методами математической статистики.

Первоначально строится вариационный ряд значений исследуемой случайной величины (отдельно размеры суточного прибытия и отправления вагонов), выбранных за анализируемый период (например, за год). При этом определяется интервал группировки:

$$L_{gp} = \frac{N_{k \max} - N_{k \min}}{1 + 3,322 \cdot \lg(N)}, \quad (1)$$

где  $N_{k \max}, N_{k \min}$  - максимальное и минимальное значение суточного прибытия и отправления за анализируемый период;

$N$  - число значений в выборке (число суток в принятом к анализу периоде наблюдений).



Сгруппированные значения исследуемой величины вносим в таблицы, по форме которых рассчитываются статистические характеристики: математическое ожидание (среднее значение)  $M$  и среднее квадратичное отклонение (корень квадратный из дисперсии) -  $\sigma^2$ .

Коэффициент неравномерности определяется по формуле:

$$K_n = 1 + \nu, \quad (2)$$

где  $\nu$  - коэффициент вариации потока, характеризующий разброс случайной величины;

$$\nu = \frac{\sigma_{(Nk)}}{M_{(Nk)}}, \quad (3)$$

где  $\bar{N}_k$  - средние значения  $N_k$  - по каждому разряду в графе 1.

Таблица 1 Расчет статистических данных для определенного груза

Число вагонов в месяц (прибытие) $N_k$	Частота проявления $N_k$ в выборке $n_k$	Вероятность $\rho_k = \frac{n_k}{m}$	Математическое ожидание $M(\bar{N}_k \rho_k)$	Дисперсия $\sigma^2$ $(\bar{N}_k - M_{Nk})^2 \cdot \rho_k$
1	2	3	4	5
1341-1456	28	0,12	128,81	18220,95
1457-1572	31	0,13	154,44	10103,24
1573-1688	30	0,12	150,18	3143,85
1689-1804	31	0,13	178,10	305,55
1805-1920	30	0,12	183,80	559,17
1921-2036	31	0,13	201,75	4297,4723
2037-2152	31	0,12	206,69	11094,72
2153-2268	30	0,13	225,41	22079,02
	$\sum n_k = m$		$\sum \bar{N}_k \rho_k = M_N$	$\sum (\bar{N}_k - M_{Nk})^2 \cdot \rho_k = \sigma^2$
	242	1,00	1429,18	69803,96

Интервал группировки равен:

$$L_{gp} = \frac{2268 - 1341}{1 + 3,322 \cdot \lg(242)} = 115 \text{ вагонов}$$

Коэффициент вариации потока:

$$\nu = \frac{\sqrt{69803,96}}{1429,18} = 0,2$$

Коэффициент неравномерности составляет

$$K_n = 1 + 0,2 = 1,2$$

Таким образом показано, каким образом вычисляются коэффициенты неравномерности.

### Литература

1. Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации. – М.: Книга Сервис, 2003. – 96 с.
2. Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом. – М.: «ЮрТранс», 2003. – 712 с.
3. Типовой технологический процесс работы грузовой станции в условиях функционирования автоматизированной системы управления. – М.: ИПЦ «Глобус», 1998. – 144 с.
4. Типовой технологический процесс работы грузовой станции. – М.: Транспорт, 1991. – 216 с.
5. Методика по разработке единого технологического процесса работы железнодорожного пути необщего пользования и железнодорожной станции примыкания. – М.: Транспорт, 2005. – 57с.
6. Методические указания по расчету норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1998. – 84 с.

Т.И.Землякова, Р.А.Пиминов

## АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРЕДПОСЫЛОК РАЗВИТИЯ ЯРОСЛАВСКОГО ТРАНСПОРТНОГО НАПРАВЛЕНИЯ

(ООО «ЖД Технология»)

Реконструкция транспортной системы происходит в ответ на рост производного спроса на транспортные услуги. Цель настоящей статьи – провести обзор ситуации на Ярославском направлении Московской железной дороги с целью установления социально-экономических причин для развития транспортной системы.

Участки Ярославского направления Московского железного узла: Москва-Ярославская – Лосиноостровская – Мытищи – Пушкино – Софрино – Пост 81 км – Александров 1, Мытищи – Фрязино проходят по Московскому региону (г. Москва и Московская обл.) Российской Федерации, непосредственно по

территории: Центрального, Северо-Восточного округов Москвы, Мытищинского и Пушкинского районов, а также г. Королев.

Город Москва – столица Российской Федерации, крупнейший по численности населения город России.

Московский регион является центром притяжения населения и бизнес-сообщества всей страны, инициатором обновления экономики и социальной сферы. Общероссийское значение Московского региона чрезвычайно велико. Московский регион выступает как одно из главных в стране мест оказания сервисных услуг высокого уровня: образовательных, медицинских, культурных, спортивных, торгово-развлекательных, научных, проектных, юридических, консалтинговых, финансовых, страховых, транспортно-логистических и других.

По данным Федеральной службы государственной статистики суммарная численность населения г. Москвы и Московской области, входящих в регион тяготения, на 1 января 2013 года составила 19,0 млн чел., что составляет 13,3 % от общей численности населения Российской Федерации и 49,2 % от численности населения Центрального федерального округа; при этом 92,4 % населения проживает в городах, что больше среднероссийского показателя (74,0 %) на 18,4 %.

В период с 2004 по 2013 гг. общая численность населения г. Москвы и Московской области увеличилась на 13,6 % (на 2,0 млн чел.) за счет прироста населения Москвы на 15,4 % (1,6 млн чел.), Московской области – на 7,6 % (0,4 млн чел.). Увеличение численности населения в г. Москве и в Московской области наблюдается в основном за счет превышения миграционного прироста над естественной убылью.

Демографическая ситуация в Москве и Московской области характеризуется значительным ежегодным миграционным приростом, ростом рождаемости и стабилизации уровня смертности населения. Но, несмотря на положительные тенденции, происходящие в Московском регионе, уровень естественной убыли в Московской области по-прежнему остается выше уровня естественной убыли в среднем по Российской Федерации. Эта тенденция является фактором риска, так как при ухудшении экономической ситуации возможно появление негативного тренда в динамике пассажиропотока.

Спецификой региона является наличие центра притяжения трудовых ресурсов всероссийского масштаба – г. Москва. Мегаполис со столичными функциями, развитой инфраструктурой, высоким уровнем жизни, низким уровнем безработицы является самым мощным центром страны, принимающим значительное количество мигрантов как из российских регионов, так и из-за пределов страны. Наиболее ярко это прослеживается в связке Москва – Московская область – сопредельные регионы.

Столица России отвлекает значительное количество трудовых ресурсов из Московской области в связи с более высоким уровнем заработной платы, предоставляемым пакетом социальных услуг в организациях г. Москвы, близостью и транспортной доступностью экономически активного населения

проживающего в районах области, граничащих с г. Москвой. По экспертным оценкам ГУП Московской области «Научно-исследовательский и проектный институт градостроительства» маятниковая миграция ежедневно составляет не менее 2 млн. чел.

О высоком уровне спроса на трудовые ресурсы в Москве свидетельствует и крайне низкий уровень безработицы – 1,4 % от экономически активного населения, что ниже общероссийского показателя и показателя безработицы в среднем по Центральному федеральному округу на 5,2 % и 2,8 % соответственно.

Трудовые ресурсы во многом поставляются из прилегающих областей, в связи с чем вырастет роль пригородного и местного сообщений.

Таким образом, можно сделать вывод, что в качестве основных причин, которые на структурном уровне определяют рост транспортных нагрузок, можно выделить следующие:

- увеличение численности населения Московского региона и повышение его транспортной подвижности, в том числе за счет роста количества поездок с трудовыми и культурно-бытовыми целями, а также освоения новых территорий в Москве и Московской области;

- повышение роли железнодорожного транспорта в обеспечении перевозок пассажиров в пригородно-городском и внутригородском сообщении;

- совершенствование взаимодействия железнодорожного транспорта с другими видами внутригородского транспорта, включая формирование транспортно-пересадочных узлов с целью повышения уровня обслуживания пассажиров.

Примечание: материал подготовлен на основе данных Госкомстата РФ (Росстат) в части социально-экономической и транспортной информации.

Л.Н. Иванкова, Л.В. Куныгина, А.Н. Иванков

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ РЕШАЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ И ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЙ ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА

(Российская открытая академия транспорта МИИТ, ООО «НТЦ ЭЖД»)

Непропорциональное развитие сети железных дорог России в европейской и азиатской частях страны, характеристики и объемы перевозимых грузов являются важнейшими факторами, определяющими схемные решения и мощность отдельных устройств технических и грузовых станций, обслуживающих пути необщего пользования. Технические (участковые и сортировочные) станции наряду с крупными грузовыми станциями, осуществляющими массовую погрузку или перевалку грузов, являются

важнейшими звеньями транспортного конвейера, где осуществляются операции по смене локомотивов и бригад, расформированию и формированию поездов, подготовке вагонов к перевозке, обработке поездов в техническом и коммерческом отношении.

Отсутствие параллельных ходов на значительном протяжении в районах Сибири и Дальнего Востока, невозможность отклонения вагонопотоков на круглые хода при затруднениях в пропуске транзитного потока привело к необходимости резервирования емкости путевого развития технических станций, особенностям технологии их работы и наложило отпечаток на схемные решения. Так, большинство сортировочных станций данного региона развивалось по двухсторонней схеме, что, несмотря на дублирование отдельных операций и устройств, распыление эксплуатационного штата, обеспечивает большую живучесть сортировочного процесса и, как следствие, обеспечивает лучшую ритмичность работы всех прилегающих участков.

Диверсификация поставок углеводородов, в первую очередь, увеличение поставок угля в порты Дальнего Востока наряду с увеличением провозной и пропускной способности участков железнодорожных линий требует увеличения мощности станционных устройств. Анализ схемных решений развития решающих технических и грузовых станций Восточного полигона позволил выявить основные проблемы в их развитии:

1. Бессистемная застройка в зоне технических и грузовых станций привела к тому, что станционная площадка зажата и не имеет перспектив для развития, увеличение емкости путей проблематично.

2. Близкое расположение жилой застройки, зачастую недостаточная ширина санитарно-защитной зоны накладывает дополнительные требования по шумо- и виброзащите жилых зданий, снижению запыленности и загрязнению территорий, прилегающих к железнодорожным путям.

3. Дефицит пропускной способности в период предоставления «окон» для капитального ремонта инфраструктуры приводит к необходимости обращения длинносоставных, тяжеловесных поездов. Это обостряет проблему нехватки емкости путевого развития. Проекты реконструкции станций должны учитывать указанные факторы в условиях разнохарактерного движения с максимальным использованием конструктивных особенностей схем станций.

4. Горловины, являющиеся важнейшим элементом станций, имеют существенные конструктивные недостатки: отсутствует параллельность выполнения массовых и продолжительных операций, горловины состоят из простейших улиц, имеющих значительную длину и, как следствие, время занятия маршрутов передвижений становится критическим с точки зрения ритмичности приема и отправления поездов.

5. Значащим фактором технологии работы сортировочных, участковых и крупных грузовых станций является наличие ходовых путей для поездных локомотивов и изоляция их от поездной и маневровой работы. Нерациональное расположение устройств локомотивного хозяйства и отсутствие коммуникаций

к ним из приемоотправочных парков приводит к значительному перепробегу поездных локомотивов и увеличению накладного времени бригад.

6. Последовательное расположение парков приема, сортировки и отправления, признанное специалистами как наиболее рациональное, при реконструкции станций становится сдерживающим фактором их дальнейшего развития. Так, если удлинение площадок парков приема и отправления в большинстве случаев возможно и не вызывает значительных сложностей, то удлинение сортировочного парка, как правило, затруднительно; ввиду короткой его длины формирование поездов установленной длины сопряжено с операциями по повторной переработке части вагонопотока, маневровыми операциями по объединению групп с двух и более путей, занятием части полезной длины приемоотправочных парков.

7. Анализ плана и профиля спускной части горок большинства станций данного полигона свидетельствует о следующих конструктивных недостатках, накладывающих негативный отпечаток на их технологию работы: «затянутый» скоростной уклон, в результате чего не обеспечиваются необходимые условия по разделению отцепов, наличие просадок профиля, пилообразность продольного профиля сортировочных путей, что усложняет прицельное торможение отцепов и не гарантирует допустимую скорость соударения отцепов, вместо пучкообразных стрелочных улиц зачастую можно наблюдать веерные, что приводит к недокатыванию отцепов за предельный столбик на трудном пути и избыточному торможению хороших бегунов при следовании на легкий путь.

Эти проблемы и пути их решения обозначены в «Комплексной программе развития сортировочных станций», разработанной ОАО «РЖД» [3, 4]. Однако в большинстве своем она преследует цели автоматизации процесса роспуска. Применительно к схемным решениям развития станций авторы настоящей статьи предлагают следующие рекомендации, ранее изложенные в [1, 2, 5] и развитые в настоящей статье:

1. Создание «шлюзовых путей» на входе участков станций и парков приема сортировочных станций с укладкой стрелочных переводов пологих марок (1/18) позволит обеспечить прием длинносоставных поездов и поездов повышенной длины, снизить межпоездной интервал по вводу поездов на станцию. Строительство шлюзовых путей на выходе из парка опарвления обеспечит возможность формирования длинносоставных поездов и поездов повышенной длины путем объединения групп вагонов с нескольких сортировочных путей, имеющих короткую полезную длину, не занимая при этом перегон.

2. Для обеспечения экипировки локомотивов в настоящих условиях целесообразно размещение крытых зданий ПТОЛ и экипировки в обеих горловинах участков станций и сортировочных станций. Ходовые пути необходимо укладывать между сортировочными системами (парками) станций для исключения точек пересечения с маршрутами приема, отправления и проследования поездов, а также с маневровыми передвижениями. В ряде

случаев следует рассмотреть целесообразность строительства путепроводных развязок для исключения режущих маршрутов следования поездных локомотивов в депо и из депо с маршрутами приема-отправления организованных поездов, как например, по станции Тайшет, где подача и уборка поездного локомотива в четный парк отправления из депо сопряжена с пересечением маршрутов приема четных разборочных поездов.

3. Развитие сортировочных систем с устройством сортировочно-отправочного парка на месте хвоста сортировочного парка и вытяжек формирования, строительство парка отправления параллельно сортировочному парку хоть и является отходом от классической схемы сортировочной станции, однако позволяет обеспечить резерв для удлинения путей подгорочного парка. Параллельное расположение сортировочного парка и приемо-отправочного имеет еще ряд преимуществ. Во-первых, улучшаются условия по формированию групповых поездов с объединением групп с нескольких путей сортировочного парка, во-вторых сокращается перепробег поездов и вагонов непреимуществом направления.

4. При реконструкции участковых станций следует стремиться к строительству новых объединенных приемоотправочных парков для обоих направлений движения. Для исключения враждебности в горловинах станций потребуется строительство дополнительных главных путей объемлющего типа. Такое решение позволит исключить необходимость дублирования технических средств в разных парках, консолидировать штат работников ПТО и ПКО, повысит ритмичность работы всего станционного комплекса.

5. В некоторых случаях вместо дорогостоящей реконструкции по удлинению путей и строительству дополнительных путей с большими объемами демонтажа и сноса существующих технических средств, зданий и сооружений целесообразно выполнять строительство новых объединенных парков на незастроенной территории с устройством путепроводных развязок и шлюзов на подходах, а имеющееся путевое развитие с дефицитом полезной длины использовать для обслуживания местной работы станции. Такой подход даст возможность производить детальную подборку местных вагонов по родам грузов и грузовым фронтам, улучшить выполнение операций с вывозными, сборными поездами и маневровыми передачами.

Все указанные подходы к схемным решениям по реконструкции станций должны сопровождаться детальными технико-экономическим расчетами с учетом расходов по основной деятельности в период выполнения реконструктивных мероприятий. Проекты организации строительства должны содержать рекомендации по созданию временных съездов и соединительных путей, сокращающих расходы по задержкам подвижного состава в период реконструкции, учитывать этапность выполнения строительно-монтажных работ, необходимые переключения сторонности главных и приемоотправочных путей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Котельников, С.С. Совершенствование железнодорожной инфраструктуры для освоения поездопотоков в международном сообщении [Текст] / С.С. Котельников, Л.Н. Иванкова // Промышленная и экологическая безопасность на транспорте: межвуз. сб. науч. тр. – Чита: Изд-во ЗаБИЖТ, 2010. – С. 123–126.

2. Иванков, А.Н. Основные направления и перспективы развития технических станций Сибири и Дальнего Востока [Текст] / А.Н. Иванков, Л.Н. Иванкова, С.С. Котельников // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы межвуз. научно-практической конференции, 12–15 октября 2009 г. Иркутск: в 2 т. – Иркутск: ИрГУПС, 2009. – С. 125–127.

3. Бородин, А.Ф. Схема размещения и Программа развития сортировочных станций ОАО «РЖД» [Текст] / А.Ф. Бородин, А.Н. Иванков, А.С. Крылов, В.В. Панин и др. // Труды ОАО «НИИАС». Сб. науч. Трудов. Вып.10. – М.: ООО «Издательский Дом «Технологии», 2014. – С. 375 – 406.

4. Бородин, А.Ф. Размещение, развитие и взаимодействие сортировочных станций [Текст] / А.Ф. Бородин, Р.В. Агеев, А.С. Крылов, М.Б. Сиротич // М.: «Железнодорожный транспорт», 2010, №8. – С. 15 – 22.

5. Иванков, А.Н. Организация пропуска поездопотоков по полигону при реконструкции железнодорожных станций [Текст] / А.Н. Иванков, Л.Н. Иванкова, Л.В. Куныгина // Иркутск: «Современные технологии. Системный анализ. Моделирование», 2015, № 2 (46). – С. 165 – 169.

Л.Н. Иванкова, Т.Г. Кузнецова, А.Н. Иванков

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ СТАНЦИОННЫХ ПЛОЩАДОК НА МЕСТНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

(Российская открытая академия транспорта МИИТ, ООО «НТЦ ЭЖД»)

Одним из важнейших вопросов, которые приходится решать проектировщикам при разработке проекта строительства новых и реконструкции существующих железнодорожных станций и узлов, является размещение станционных площадок и отдельных парков на местности. Существующая технология проектирования состоит из следующих этапов: проектирование плана раздельного пункта, продольная профилировка главных путей и путей парков, разработка поперечных профилей земляного полотна, на основе которых определяется профильная кубатура по возведению земляного полотна парка или станционной площадки в целом [1]. Ширина поперечного профиля определяется, исходя из расчетного количества путей. При невозможности реализовать разгонку продольных уклонов приходится вносить корректировки в план раздельного пункта и повторять итерацию; такая



ситуация возможна при расположении станционной площадки на отдельном земляном полотне, при расположении главных путей на уклонах более 2,5‰. Конструкцию поперечных профилей станционной площадки проектировщик назначает, руководствуясь собственным опытом, принимает к проектированию односкатные, двускатные и пилообразные профили станционных площадок. При этом следует отметить, что односкатные профили дают существенную экономию земляных работ при расположении станционной площадки в поперечном профиле на косогоре.

Проведенный анализ известных методов проектирования земляного полотна станций показал, что:

1) в зависимости от полноты исходных данных, полученных тахеометрической съемкой, 3D сканированием рельефа местности, оцифровкой данных аэроизысканий и стадии проектирования (предпроектная стадия – обоснование инвестиций в строительство, проектная документация или рабочая документация) применяются различные способы расчетов;

2) в процессе проектирования необходимо производить промежуточные графические построения в виде поперечных профилей при различных высотных отметках характерных точек проектного рельефа;

3) разработка плана, продольная профилировка и создание поперечных профилей производится последовательно и в отдельности, а затем их совмещают. Это характеризует все существующие методы как субъективные, базирующиеся на опыте проектировщика, что не дает гарантии оптимальности решения и, как следствие, значительно удорожает строительство.

При проектировании сложных инфраструктурных объектов, требующих больших площадок: аэродромов, больших заводов и фабрик, стадионов и при размещении станционных площадок на местности, возникает проблема вертикальной планировки, основным принципом которой является принцип балансировки земляных масс. Это значит, что необходимо соблюдать условие, при котором баланс земляных масс должен быть приближенным к нулевому. Нулевой баланс земляных масс – это оптимальный вариант. Он означает равенство объемов выемок и насыпей. Если эти объемы не совпадают, то требуются дополнительные транспортные расходы по перемещению грунта из карьеров в насыпь и грунта разрабатываемого в выемке в отвал, что удорожает строительство. Для определения баланса земляных масс в проекте организации строительства составляют картограмму земляных работ. Задача вертикальной планировки площадок решена в большинстве современных пакетов прикладных программ, таких как Geonics, Robur, Civil 3D, однако она не учитывает инженерно-геологические условия местности, в частности непригодность грунта, разрабатываемого в выемке для возведения насыпей, ситуацию и прочие факторы, в частности, возможность адаптации отдельных параметров станционной площадки под местные условия – варьирование продольных уклонов или длины элементов отдельных парков, поперечных уклонов, возможность расположения горловин на уклонах, изменение дирекционного угла станционной площадки в целом и отдельных парков.

В реальных условиях проводят вариантное проектирование, при этом сравниваются 3–4 варианта, вследствие чего не гарантируется получение оптимального варианта, т.к. он мог не входить в область рассмотрения. В основном это обусловлено субъективным характером назначения альтернативных проектных решений.

Развитие математических методов и вычислительной техники на современном этапе позволяет принципиально улучшить методы вертикальной планировки станционных площадок на местности, ускорить разработку проектной и рабочей документации, повысить качество проектных решений, освободить проектировщиков от рутинной механической работы и решить важнейшую задачу – получение оптимального варианта. Для достижения этой цели создана методика оптимального расположения станционных площадок на местности с применением математических методов и ЭВМ. При этом вертикальная планировка представляется как пространственная задача преобразования рельефа земной поверхности.

Математическая постановка задачи оптимального проектирования станционных площадок может быть представлена следующим образом.

Пусть задана местность  $Q$  (рис. 1), на которой необходимо произвести вертикальную планировку площадки  $g$ ,

$$g \subset Q.$$

1)

Местность представляется в виде

$$Q = f(ПЗ, ИГУ, С),$$

2)

где  $ПЗ$  – функция поверхности земли, представленная как  $f_{ПЗ}(X, Y, Z)$ ;

$ИГУ$  – функция, описывающая инженерно-геологические условия,  $f_{ИГУ}(X, Y, Z)$ ;

$С$  – информация о ситуации на местности,  $f_C(X, Y, Z)$ .

План станции  $g$  задается в виде координат точек перелома профиля  $x_1^П, y_1^П; x_2^П, y_2^П \dots x_p^П, y_p^П$ .

Положение площадки в трехмерной системе координат определяется по выражению

$$z_{ij} = a + bx_{ij} + cy_{ij},$$

$$\forall i = 1..n, \forall j = 1..m.$$

3)

Для нахождения высотного проектного положения площадки необходимо найти такие  $a, b, c$ , при которых будет минимум стоимости строительных работ.

При вертикальной планировке (см. рис. 1) изменение местоположения станционной площадки происходит по трем переменным:  $x, y, \alpha$ .

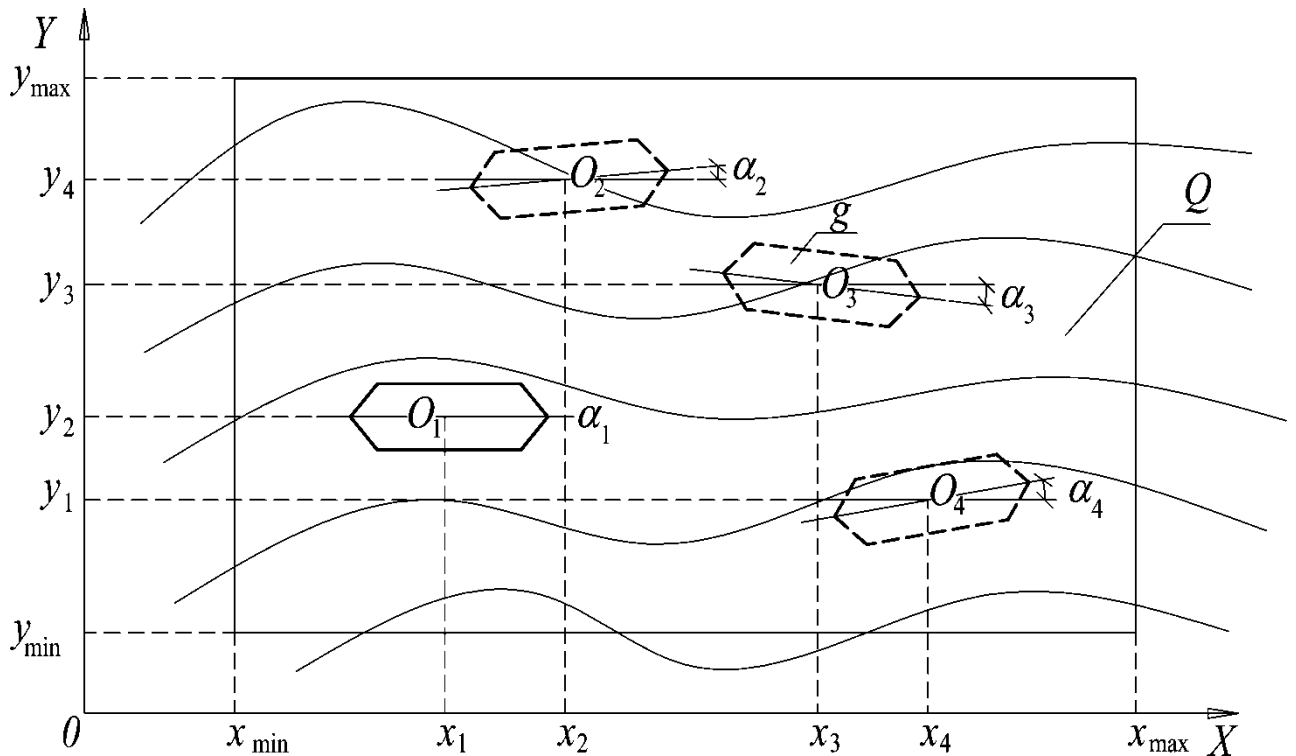


Рис. 1. Область допустимых значений расположения стационарной площадки на местности

Таким образом, варьируемыми величинами, определяющими размещение площадки, являются  $x, y, \alpha, a, b, c$ .

В ходе работы оптимизационного алгоритма необходимо найти такие сочетания параметров проектируемого объекта, обеспечивающие минимум функции приспособленности (фитнесс-функции)

$$F = F(x, y, \alpha, a, b, c),$$

4)

где  $x$  – сдвиг площадки по оси  $Ox$ ;

$y$  – сдвиг площадки по оси  $Oy$ ;

$\alpha$  – дирекционный угол продольной оси площадки в плане;

$a$  – проектная отметка  $z_{ij}^n$ ;

$b$  – продольный уклон  $i_{\text{прод}}$ ;

$c$  – поперечный уклон  $i_{\text{попереч}}$ .

На указанные варьируемые параметры, а также величины, обладающие функциональной связью с ними накладываем ограничения следующего вида:

– область изменения  $x$  и  $y$  в пределах осей  $Ox$  и  $Oy$  соответственно

$$x_{\min} \leq x \leq x_{\max},$$

$$y_{\min} \leq y \leq y_{\max},$$

5)

– область изменения дирекционного угла продольной оси стационарной площадки

$$\alpha_{\min} \leq \alpha \leq \alpha_{\max},$$

6)

– ограничение на изменение высотной отметки площадки

$$H_{\min} \leq a \leq H_{\max}, \quad 7)$$

– ограничение на варьирование продольного и поперечного уклонов станционной площадки

$$i_{\text{прод min}} \leq b \leq i_{\text{прод max}}, \quad 8)$$

$$i_{\text{попереч min}} \leq c \leq i_{\text{попереч max}},$$

– ограничение на расположение площадки с учетом ситуации и инженерной геологии

$$g \cap C = \emptyset,$$

$$g \cap ИГУ = \emptyset, \quad 9)$$

– ограничения специального характера по СНИП и Правилам и техническим нормам проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм

$$t_{k \min} \leq t_k \leq t_{k \max}, \forall k. \quad 10)$$

Типизация возможных вариантов, возникающих при проектировании наряду с применением предложенной схемы позволяет установить значения переменных и задать ограничения для каждого частного случая.

Для поиска решения описанной задачи создается  $N$ -мерное ортогональное пространство, в котором каждая координата ставится в соответствие одному из параметров. Всем точкам этого пространства соответствует свой объект, обладающий определенным значением функции качества (фитнесс-функции). Ограничения, налагаемые на варьируемые параметры (5 – 10) образуют некоторую замкнутую область допустимых значений (ОДЗ), соответствующую множеству реально выполнимых или реализуемых в строительном плане объектов. Задача оптимальной вертикальной планировки станционной площадки заключается в отыскании в  $N$ -мерном пространстве параметров точки, принадлежащей ОДЗ, которой соответствует наилучшее значение фитнес-функции (критерия качества).

Ввиду многоэкстремальности функции приспособленности, отражающей критерий качества, нелинейности ограничений, налагаемых на переменные для нахождения оптимального решения поставленной задачи, предложено использовать генетический алгоритм.

При организации селекции применяется способ турнирного отбора с количеством особей, участвующих в турнире 3 и 4.

При операции кроссовера используется фенотипный имбридинг. Численные эксперименты для различных поверхностей позволили установить рациональное количество особей в начальной популяции и число сменяемых, а также другие настраиваемые параметры, такие, как вероятность мутации.

Дальнейшее совершенствование предложенного подхода может быть связано с оптимизацией продольных уклонов и места расположения многопарковых станций на местности [2] с варьированием таких параметров, как длины отдельных элементов профиля и крутизна уклона (см. рис. 2).

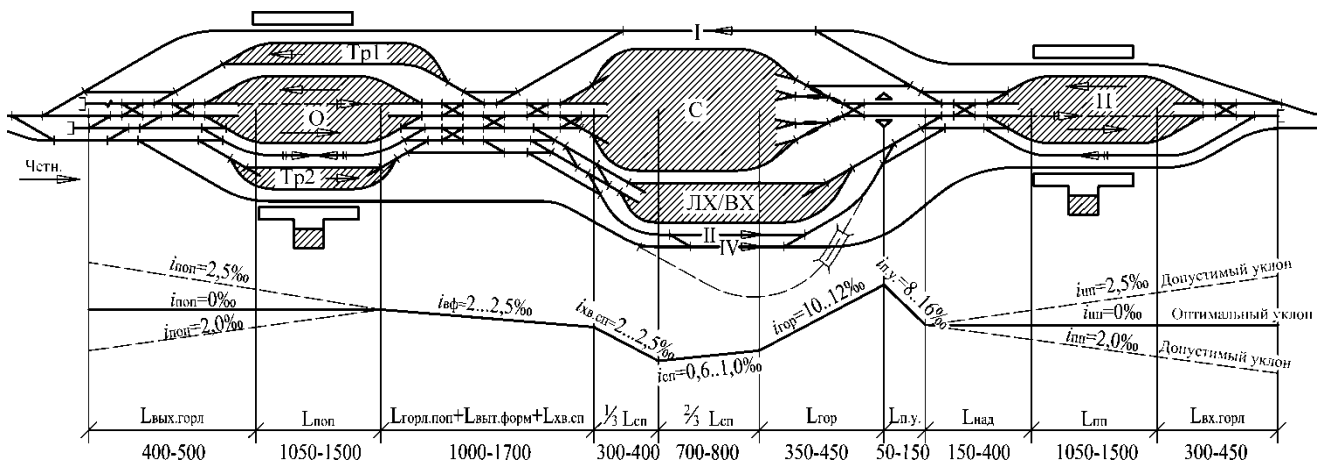


Рис. 2. Схема многопарковой станции с указанием варьируемых параметров

В качестве функции приспособленности в данном случае должна выступать функция, учитывающая инвестиции в строительство объекта, а также расходы по основной деятельности станции, а именно расходы по пробегу поездов с учетом энергозатрат по подъему поезда на заданные отметки парков, расходы по маневровой работе при варьируемых величинах продольных уклонов, а также расходы на содержание постоянных устройств.

Всем этим критериям отвечает такой показатель, как чистый дисконтированный доход [3]:

$$ЧДД = \sum_{t=1}^T (R_t - \mathcal{E}_t) \frac{1}{(1+E)^t} - \sum_{t=0}^T K_t \frac{1}{(1+E)^t} \rightarrow \max, \quad (11)$$

где  $T$  – горизонт расчета, т.е. продолжительность расчетного периода, равная 15 – 20 годам;

$R_t$  – результат (доход), достигаемый на  $t$ -м шаге расчета;

$\mathcal{E}_t$  – расходы по основной деятельности (эксплуатационные расходы), осуществляемые на  $t$ -м шаге;

$K_t$  – капитальные вложения (инвестиции) на  $t$ -м шаге;

$E$  – норма дисконта.

При этапном развитии станций и узлов в каждом расчетном году периода  $T$  задаются одинаковые объемы работ для любого возможного варианта путевого развития, поэтому доход во всех вариантах одинаков и может не учитываться в расчетах. В этом случае формула примет следующий вид

$$ЧДД = \sum_{t=1}^T \mathcal{E}_t \frac{1}{(1+E)^t} + \sum_{t=0}^T K_t \frac{1}{(1+E)^t} \rightarrow \min, \quad (12)$$

В качестве функции приспособленности в данном случае должна выступать функция, учитывающая инвестиции в строительство объекта, а также расходы по основной деятельности станции, а именно расходы по

пробегу поездов с учетом энергозатрат по подъему поезда на заданные отметки парков, расходы по маневровой работе при варьируемых величинах продольных уклонов, а также расходы на содержание постоянных устройств.

Первые попытки по учету данных показателей в целевой функции были предложены в работе [4], однако простой перебор вариантов, предложенный автором, не гарантировал получение действительно оптимального варианта. Кроме того, размерность задачи не позволяла использовать существовавшие на тот момент оптимизационные алгоритмы для ее решения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1.Иванков, А.Н. Основные направления и перспективы развития технических станций Сибири и Дальнего Востока [Текст] /А.Н. Иванков, Л.Н. Иванкова, С.С. Котельников // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы межвуз. научно-практической конференции, 12–15 октября 2009 г. Иркутск: в 2 т. – Иркутск: ИрГУПС, 2009. – С. 125–127.

2.Иванков, А.Н. Продольная профилировка горловин и станционных путей [Текст] / А.Н. Иванков, Л.Н. Иванкова // Современные проблемы транспортного комплекса России: вып. 2: Межвуз. сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск.гос.техн.ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – С. 11– 14.

3.Железнодорожные станции и узлы: Учебник для вузов ж.-д. трансп./ В.Г. Шубко, Н.В. Правдин, Е.В. Архангельский, В.Я. Болотный и др.; Под ред. В.Г. Шубко и Н.В. Правдина. – М.:УМК МПС России, 2002. – 368 с.

4.Мацкель, С.С. Расчет элементов станций на ЭВМ/ С.С. Мацкель. – М.: Транспорт, 1980. – 176 с.

Б.Г. Иванов

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИКИ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Основными принципами функционирования существующих систем технической диагностики искусственных сооружений (ИССО) являются классические методы математического и вероятностного анализа, что приводит к низкому быстродействию систем при относительно невысоком качестве оценок.

Для определения соответствия диагностических параметров тому или иному дефекту, в сложной помеховой обстановке, ранжирование их по типу и степени опасности, классических методов явно недостаточно [1].

Альтернативные классическим, методы, позволяющие, решать задачи распознавания типов дефектов реализуются путем приобретения, запоминания

и целенаправленного преобразования знаний в процессе обучения на опыте и адаптации к разнообразным обстоятельствам. Эту задачу способны решать искусственные нейронные сети (НС) – вычислительные структуры, которые моделируют простые биологические процессы, обычно ассоциируемые с процессами человеческого мозга.

Термин “нейронные сети” сформировался к середине 50-х годов XX века. Начало современным моделям НС было положено в работе У. Маккаллока и У. Питтса. Они сделали попытку эмулировать человеческие способности, классифицировать и распознавать образы. Дальнейшее развитие сетей связано с именем Ф. Розенблата. Его модель была названа перцептроном. После некоторого затишья, с начала 80-годов прошлого века начался и продолжается до настоящего времени новый виток развития моделей НС. Он связан с работами С. Гроссберга, Т. Кохонена, Д. Хопфилда, В.И. Васильева, А.И. Галушкина, А.Н. Горбаня, В.Л. Дунина-Барковского, В.В. Круглова и др.

Представим некоторые проблемы, решаемые искусственными нейронными сетями [2].

**Классификация образов.** Задача состоит в принадлежности входного образа, представленного вектором признаков, одному или нескольким определенным классам.

**Кластеризация/категоризация.** При решении задачи кластеризации, алгоритм основан на подобии образов и размещает близкие образы в один кластер.

**Аппроксимация функций.** Предположим, что имеется обучающая выборка  $((x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N))$ , которая генерируется неизвестной функцией, искаженной шумом. Задача аппроксимации состоит в нахождении оценки этой функции.

**Предсказание/прогноз.** Пусть заданы  $N$  дискретных отчетов  $\{y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_N)\}$  в последовательные моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_N$ . Задача состоит в предсказании значения  $y(t_{N+1})$  в момент  $t_{N+1}$ .

Биологический нейрон моделируется как устройство, имеющее несколько входов (дендриты), и один выход (аксон). Каждому входу ставится в соответствие некоторый весовой коэффициент ( $w$ ), характеризующий пропускную способность канала и оценивающий степень влияния сигнала с этого входа на сигнал на выходе. В зависимости от конкретной реализации, обрабатываемые нейроном, сигналы могут быть аналоговыми или цифровыми (1 или 0). В теле нейрона происходит взвешенное суммирование входных возбуждений, и далее это значение является аргументом активационной функции нейрона.

Будучи соединенными определенным образом, нейроны образуют нейронную сеть. Работа сети разделяется на обучение и адаптацию. Под обучением понимается процесс адаптации сети к предъявляемым эталонным образцам путем модификации (в соответствии с тем или иным алгоритмом) весовых коэффициентов связей между нейронами. Заметим, что этот процесс является результатом алгоритма функционирования сети, а не предварительно

заложенных в нее знаний человека, как это часто бывает в системах искусственного интеллекта.

### Формальный нейрон (ФН)

Несмотря на простоту, сети, построенные из таких нейронов, могут сформировать произвольную многомерную функцию на выходе.

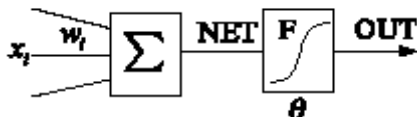


Рис. 1 . Формальный нейрон

Нейрон состоит из взвешенного сумматора и нелинейного элемента. Функционирование нейрона определяется формулами:

$$NET = \sum_i w_i x_i \quad (1)$$

$$OUT = F(NET - \theta) \quad (2)$$

где  $x_i$  - входные сигналы, совокупность всех входных сигналов нейрона образует вектор  $x$ ;

$w_i$  - весовые коэффициенты, совокупность весовых коэффициентов образует вектор весов  $w$ ;

NET - взвешенная сумма входных сигналов, значение NET передается на нелинейный элемент;

$\theta$  - пороговый уровень данного нейрона;

F - нелинейная функция, называемая функцией активации.

Нейрон имеет несколько входных сигналов  $x$  и один выходной сигнал OUT. Параметрами нейрона, определяющими его работу, являются: вектор весов  $w$ , пороговый уровень  $\theta$  и вид функции активации F.

Функция активации определяется:

1. Спецификой задачи.
2. Удобством реализации на ЭВМ, в виде электрической схемы или другим способом.
3. Алгоритмом обучения: некоторые алгоритмы накладывают ограничения на вид функции активации, их нужно учитывать.

Чаще всего вид нелинейности не оказывает принципиального влияния на решение задачи. Однако удачный выбор может сократить время обучения в несколько раз.

### Ограничения модели нейрона

1. Вычисления выхода нейрона предполагаются мгновенными, не вносящими задержки. Непосредственно моделировать динамические системы, имеющие "внутреннее состояние", с помощью таких нейронов нельзя.



2. В модели отсутствуют нервные импульсы. Нет модуляции уровня сигнала плотностью импульсов, как в нервной системе. Не появляются эффекты синхронизации, когда скопления нейронов обрабатывают информацию синхронно, под управлением периодических волн возбуждения торможения.

3. Нет четких алгоритмов для выбора функции активации.

4. Нет механизмов, регулирующих работу сети в целом.

5. Чрезмерная формализация понятий: "порог", "весовые коэффициенты". В реальных нейронах нет числового порога, он динамически меняется в зависимости от активности нейрона и общего состояния сети. Весовые коэффициенты синапсов тоже не постоянны. "Живые" синапсы обладают пластичностью и стабильностью: весовые коэффициенты настраиваются в зависимости от сигналов, проходящих через синапс.

6. Существует большое разнообразие биологических синапсов. Они встречаются в различных частях клетки и выполняют различные функции. Тормозные и возбуждающие синапсы реализуются в данной модели в виде весовых коэффициентов противоположного знака, но разнообразие синапсов этим не ограничивается. Дендро-дендритные, аксо-аксональные синапсы не реализуются в модели ФН.

7. В модели не прослеживается различие между градуальными потенциалами и нервными импульсами. Любой сигнал представляется в виде одного числа.

Итак, модель формального нейрона не является биоподобной и скорее похожа на математическую абстракцию, чем на живой нейрон. Тем удивительнее оказывается многообразие задач, решаемых с помощью таких нейронов и универсальность получаемых алгоритмов.

Все неалгоритмируемые или трудно алгоритмируемые задачи, решаемые нейронными сетями, можно классифицировать на два принципиально различающихся типа в зависимости от характера ответа - задачи классификации и задачи прогнозирования.

Задачи классификации - основная и очень обширная группа диагностических задач. Ответом в них является класс - выбор варианта из заранее известного набора вариантов. Классификация может быть бинарной (элементарная классификация) - в этом случае набор возможных ответов состоит из двух вариантов (классов), и n-арной, где число классов более двух.

Другой вид задач для нейронных сетей - задачи прогнозирования, или предсказания. Они подразделяются на предсказание числа (одномерный прогноз) и вектора (векторный прогноз, более общий случай). Отличие от классификационных задач заключается в том, что ответ в задачах прогнозирования может быть дробным и принимать любые значения на каком-либо интервале.

Векторный прогноз предполагает, что ответ может быть представлен в виде нескольких независимых друг от друга чисел, образующих точку (или вектор) в многомерном пространстве, размерность которого равно количеству

предсказываемых чисел. Число координат вектора называется при этом размерностью вектора ответа.

При решении реальных задач возможны различные комбинации прогнозирования и классификации, и постановка задачи должна быть сделана самим специалистом.

Прежде всего, необходимо определить, что представляет собой акт работы экспертной системы, начинающийся с ввода данных (условия задачи) пользователем и заканчивающийся выдачей ответа. Часто одна задача komponуется из нескольких подзадач. В этом случае каждой подзадаче может соответствовать отдельный акт работы системы, хотя для пользователя это может быть совершенно незаметным. Например, по акустикоэмиссионным (АЭ)-данным о соединении требуется установить диагноз и назначить соответствующие мероприятия по обеспечению его надежной работы. Установление диагноза на базе введенных АЭ параметров - первая подзадача, назначение мероприятий - вторая, при этом для назначения мероприятий нужны не только исходные данные, но и результат решения предыдущей задачи - диагноз.

Полезно сразу же для каждой подзадачи определить ее тип (классификация, прогноз, векторный прогноз).

Обычно каждая подзадача решается одной нейронной сетью или несколькими нейронными сетями, объединенными в один функциональный блок. При этом введенные данные подаются последовательно на каждую нейронную сеть блока, и каждая нейронная сеть выдает ответ. Ответы могут различаться, поэтому в такой ситуации требуется разработать способ получения единственного ответа. Это можно сделать двумя способами:

Путем логических правил. Например, если 5 нейронных сетей выдали ответ “трещина”, а 2 – “трение”, то общее решение – “трещина”, т.к. за него проголосовало большее число нейронных сетей-экспертов. Если не удастся формализовать правило, можно принимать решение на основании степеней уверенности каждой из сетей.

Путем надстройки над блоком малых экспертов нейронной сети-“супервизора”, которая обучена принимать решение по результатам работы этих малых экспертов.

При решении проблем АЭ – диагностики, ставились и решались задачи: 1 - кластеризации дефектов в некоем пространстве признаков и классификации их по принадлежности к определенным типам, и 2 - прогнозирование работоспособности соединения по диагностическим данным.

Реализация первой задачи была выполнена на основе мощного алгоритма кластеризации и проецирования – самоорганизующихся карт Кохонена. Суть метода сводится к тому, что информация, пропущенная через карту, группируется по схожести между объектами, имеющими признаки того или иного дефекта. Расстояние этих объектов на карте соответствует близости характеристик принадлежности тому или иному дефекту.

Реализация второй задачи осуществлена на основе математического аппарата многослойных нейронных сетей и сетей с радиальными базисными элементами.

### Литература

1. Иванов Б.Г. Диагностика поврежденности пролётных строений металлических мостов. М.: Маршрут, 2006. – 207 с.
2. Горбань А.Н. и др. Нейроинформатика. Электронная публикация.

А.В.Игнатенков, А.М.Ольшанский

## О НЕЧЕТКОМ ПОДХОДЕ К РАЗРАБОТКЕ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

(ООО «Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог», г.Москва; [a.ignatenkov@gmail.com](mailto:a.ignatenkov@gmail.com), [lexolshans@gmail.com](mailto:lexolshans@gmail.com))

Рассмотрим график движения поездов, который отображает нитки нескольких типов поездов от 0 до 1439 минут и от 0 до К станции на стандартной сетке.

Пусть у нас есть какой-либо один тип поездов X1. Количество поездов такого типа на сетке в течение суток при рассмотрении всего полигона может быть выражено нечеткой величиной X1 с полимодальным или унимодальным значением функции принадлежности. В первом случае допускается несколько пиков, при которых функция принадлежности равна 1.

Функцию X1 можно подвергнуть операции отсечения по величине мощности.

Операцией отсечения по мощности alpha будем считать нечеткую величину  $X1 * \alpha$ .

Операцией отсечения по станции К можно считать взятие подмножества графика, расположенного выше станции К (по соглашению). То есть, график для станций 0,1,2,..., К.

Взятие операции отсечения по мощности есть снижение плотности прохождения поездов типа X1 в течение суток.

Операцией отсечения по интервалу времени  $(t_1, t_2)$  является взятие подмножества графика между отсчетами времени  $t_1$  и  $t_2$ .

Если мы обладает реализациями нечетких величин X1, X2, X3 и т.д., то график движения поездов  $G(t_1, t_2; 0...K) = X_i \times P_i$ , где P – некоторый долевым множитель, X – нечеткая величина (по типу поездов), i - число типов поездов.

Обладая таким представлением, возможно создать систему правил нечеткого вывода IF – THEN для различных категорий поездов и графиков.

Тогда любой график является результатом нечеткого вывода согласно созданной системе правил. Системы правил должны охватывать все ситуации, включая возможные конфликты.

Следует заметить, что эксперты, создающие систему правил, должны учесть всю известную им специфику работы однопутных и многопутных линий.

Над нечеткими величинами в процессе вывода могут осуществляться все традиционные операции:

- взятие операции NOT по отношению к графику движения или NOT  $X_i$ , результатом последней является график или его подмножество без поездов категории  $X_i$ ;

- взятие операций нечеткого объединения и нечеткого пересечения;

- взятие операций сжатия или растяжения графика или любой нечеткой величины  $X_i$ .

Получение ГДП будет производиться в следующей последовательности:

1. Задание областей определения для каждой из функций  $X_1, X_2$  и т.д. в виде  $X_i(t_1, t_2; 0 \dots K)$ .

2. Загрузка требований к графику и полученных функций в блок, содержащий систему нечеткого вывода

3. Операции над нечеткими числами по правилам вывода.

4. Объединение полученных нечетких величин в график  $G(t_1, t_2; 0 \dots K)$ .

5. Верификация графика на фатальные ошибки.

## Литература

1. Игнатенков А.В., Ольшанский А.М. Об одном подходе к построению искусственных нейронных сетей для прогнозирования элементов графика движения поездов//Перспективные информационные технологии (ПИТ-2015), том 2: труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А.Прохорова. - Самара, Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. - 388 с., с.74-78 - ISBN 978-5-93424-735-6.

А.В.Игнатенков, А.М.Ольшанский

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный университет путей сообщения»,  
ООО «Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог»,  
[a.ignatenkov@gmail.com](mailto:a.ignatenkov@gmail.com), [lexolshans@gmail.com](mailto:lexolshans@gmail.com))

## ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ КАК ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Самые различные задачи, в том числе и построение расписания, могут быть решены при помощи нейросетевого подхода. Любая нейронная сеть является сложной системой, которая обладает рядом специфических свойств,

которые позволяют проанализировать их с позиций теории динамических систем. В настоящей работе под термином «динамическая система» будет пониматься весь класс динамических систем, описываемых с помощью гибридных подходов, таких, как анализ функционирования логико-динамических систем, систем с наличием нелинейных элементов и пр.

Далее в работе будем использовать определение нейронной сети, данное С.Хайкиным в [1, с.32]: «Искусственная нейронная сеть (далее – ИНС) – распределенный параллельный процессор, состоящий из элементарных единиц обработки информации, накапливающих экспериментальные знания и представляющий их для последующей обработки». Там же отмечается, что ИНС сходна с мозгом человека наличием весов между отдельными нейронами, а также возможностью обучения и использования накопленных знаний. Согласимся с данным определением, уточняя дефиниции используемых категорий по ходу изложения материала.

Рассмотрим основные составляющие, которые являются классическими при постановке и решении любой задачи по синтезу оптимального управления, и покажем, каким образом анализ функционирования ИНС может быть сформулирован в терминах теории автоматического управления. Указанные составляющие описаны в многочисленной литературе по автоматическому управлению, будем давать их для удобства изложения по [2, стр.15].

Под объектом управления будем понимать произвольную ИНС с определенной структурой, системой связей между нейронами, выбранными функциями активации нейронов и др.

Итак, задача синтеза оптимально функционирующей ИНС должна включать следующие элементы:

1. Модель объекта управления. ИНС может быть аналитически или алгоритмически описана набором дифференциальных уравнений, интегродифференциальных уравнений или разностных уравнений (в дискретном случае). Состояние модели ИНС как системы обычно описывается набором функций активации для каждого нейрона или слоя.

2. Начальные и конечные условия функционирования ИНС определяются, как правило, неявно, через задание весовых функций (или значений), начальной скорости обучения, чувствительности к ошибке выхода и пр.

3. Внешние воздействия на ИНС, как правило, не задаются явно. В качестве одного из видов внешних воздействий может выступать даже подача на вход сети инициализирующего вектора.

4. Промежуток времени функционирования ИНС, как правило, часто задается явно, что приводит к задаче синтеза управления с фиксированными концами, либо может привести к задаче синтеза управления с правым открытым концом.

5. Ограничения на управление и состояние ИНС в большинстве случаев не задаются.

6. Модель измерительной системы для ИНС часто не описывается явно, выход ИНС наблюдается явно.

7. Погрешности измерения и помехи для ИНС связаны с особенностями работы некоторых алгоритмов, расчетом значений на РС, а в ряде случаев – вводятся специальными функциями, аналогичными тепловым флуктуациям (в классе стохастических ИНС).

8. Цель управления формулируется, как правило, в виде требований к решениям задачи, таким как минимизация ошибки выхода, точность классификации и пр.

9. Алгоритм управления функционированием ИНС. В настоящее время используется ряд приемов обучения ИНС [4]; как правило, для каждого рода и вида ИНС используется свой алгоритм обучения, но наиболее часто используется алгоритм градиентного спуска, имитации отжига, алгоритм BFGS и пр. Особенность многих алгоритмов – это отсутствие жестких требований, выполнение которых гарантирует сходимость сетей к требуемому выходу.

Таким образом, ИНС является динамической системой, в описании которой содержатся все элементы задачи синтеза оптимальных систем автоматического управления. Применение основных положений теории оптимального управления к функционированию ИНС позволит разработать новые алгоритмы обучения ИНС при решении различного класса задач, строго определить горизонты применимости ИНС, исследовать зависимость эффективности функционирования ИНС от внешних условий, способа задания входов, значений параметров сети и пр.

Рассмотрим основные способы формального описания поведения нейронов сети.

Часто встречается форма, предлагаемая в [1], согласно которой описание функционирования нейрона и сети в целом выглядит как:

$$\frac{v_i(t)}{R} + c_i \frac{dv_i(t)}{dt} = \sum_{i=1}^n w_i x_i + I_i \quad (1)$$

где  $R$  – сопротивление нейрона,

$v_i(t)$  – выход нейрона (напряжение),

$c_i$  – емкость,

$w_i x_i$  – произведение веса на  $i$ -м входе нейрона на соответствующую компоненту вектора входного воздействия  $x_i$ ,

$I_i$  - напряжение, показывающее смещение нейрона (bias).

Форма (1.1) является классической моделью нейродинамики и часто применяется при описании поведения искусственных нейронных сетей Хопфилда [4] и им подобных. Первая дробь характеризует работу мембраны нейронов, а вторая, содержащая емкость, отвечает за память.

Для описания переходных процессов в нейронных сетях часто используется интегральная модель нейрона, которая описывается в [1] как :

$$\begin{cases} c \frac{du}{dt} = -\frac{1}{R}(u(t) - u_0) + I(t) \\ g_k(t) = \sum_n \delta(t - t_k), \\ \frac{di_k}{dt} = -\frac{1}{\tau} i_k(t, t_k) + \sum_{j=1}^m w_{kj} g_j(t) \end{cases} \quad (2)$$

где  $R$  – сопротивление нейрона,

$c$  – емкость,

$i_k(t)$  – величина тока в нейроне,

$u(t)$  – напряжение в нейроне,

$g_k(t)$  – функция внешнего воздействия в виде  $\delta$  – функции с параметрами  $(t, t_k)$ ,

$t_k$  – момент приложения воздействия к нейрону,

$w_{kj}$  – вес  $j$ -го входа у  $k$ -го нейрона.

Модель (1.2) с позиции теории управления – модель нейрона как линейной системы.

Чаще всего искусственные нейронные сети функционируют как системы нелинейные, попытка обобщить которые привела к (3) [1]:

$$\frac{dx_j}{dt} = -x_j(t) + \varphi(\sum_{i=1}^m w_{ij} x_i(t)) + K_j \quad (3)$$

где  $x_j(t)$  – выход  $j$ -го нейрона,

$K_j$  – смещение,

$w_{ij}$  – вес на  $i$ -м входе  $j$ -го нейрона,

$\varphi$  – некоторая нелинейная функция, например, сигмоидальная.

Такая запись описывает искусственную нейронную сеть как систему дифференциальных уравнений первого порядка, и позволяет перейти к записи сети в пространстве состояний [2].

Сочетание (1) и (3) приводит нас к модели Хопфилда[2]:

$$c_i \frac{dv(t)}{dt} = -\frac{v_i(t)}{R} + \sum_{i=1}^n w_i \varphi(v_i) + I_i \quad (4)$$

В (4) обозначения совпадают с (1).

Указанные способы описания нейронов как динамических систем могут быть применены к каждой нейронной сети. Однако, указанные выше способы задания нейронов и их объединений не являются исчерпывающими и универсальными, и не могут быть напрямую применены к описанию искусственных нейронных сетей, применяемых в задачах построения расписания процессов. Так, в [5] показывается, что сигнал в сети инициализируется единичными функциями  $1(t)$ , распространение его по слоям происходит согласно принципу мягкой конкуренции, топология сети [5] отличается от уже описанных ранее. Поэтому необходимы иные математические модели построения искусственной нейронной сети для прокладки движения поездов.

## Литература

1. Nauckin, S. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил. – ISBN 5-8459-0890-6(рус).
2. Пантелеев, А.В. Теория управления в примерах и задачах: учеб. Пособие/А.В.Пантелеев, А.С.Бортаковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 583 с.: ил. – ISBN 5-06-004136-0.
3. Назаров, А.В., Лоскутов, А.И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем./А.В.Назаров, А.И.Лоскутов. Под ред. М.В.Финкова – СПб.: Наука и Техника, 2003. – 384 с.: ил. – ISBN 5-94387-076-8.
4. Hopfield J.J., Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities.//Proc. Natl.Acad.Sci.USA, vol.79 pp.2554-2558, Biophysics, April 1982.
5. Игнатенков А.В., Ольшанский А.М. Об одном подходе к построению искусственных нейронных сетей для прогнозирования элементов графика движения поездов//Перспективные информационные технологии (ПИТ-2015), том 2: труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А.Прохорова. - Самара, Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. - 388 с., с.74-78 - ISBN 978-5-93424-735-6.

В.Э.Каутц

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ И В ЛОГИСТИКЕ НА ПРИМЕРЕ И ОПЫТЕ РАБОТЫ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

(Иркутский государственный университет путей сообщения)

Цели и задачи развития ОАО «РЖД» согласуются и направлены на достижение общих целей и решение задач развития транспортной системы России и отечественного железнодорожного транспорта, определённых Транспортной стратегией Российской Федерации и Стратегией развития ОАО «РЖД».

На Восточно-Сибирской железной дороге накоплен богатый опыт по совершенствованию системы управления и логистике. Об этом уже написан ряд книг, в том числе [1], [2], ряд других изданий и публикаций.

На Восточно-Сибирской железной дороге первыми на сети железных дорог в 1995 -1996 годах были созданы: дорожный центр управления перевозками, дорожный центр фирменного транспортного обслуживания, центр управления финансово-экономическими ресурсами и центр управления материально-техническими ресурсами. Создание этих центров на новейшей информационной и технологической основе позволило дороге с 01.01.1997



перейти на безотделенческую структуру управления. Опыт Восточно-Сибирской железной дороги был одобрен на съезде железнодорожников в 1996 г. и выездной Коллегии Министерства Путей Сообщения в Иркутске в марте 1997 г. Кроме того, этот опыт был рекомендован для внедрения на всех железных дорогах России Коллегией МПС.

К этому времени на дороге уже были уложены оптоволоконные линии связи. Диспетчерский персонал из отделений дорог был переведён в центр управления перевозками в город Иркутск. Устранение внутридорожных стыковых пунктов между отделениями, устранение конфликта интересов, местных настроений, позволило в корне изменить технологию управления. В условиях недостаточных пропускных способностей и избыточного грузопотока руководители отделений старались сохранить маневренность своих отделений за счёт большей сдачи поездов и меньшего их приёма на отчётный час за каждые сутки. Поэтому устранение отделений позволило организовать общедорожную систему управления в интересах всего коллектива железной дороги.

В результате на дороге резко были улучшены все качественные показатели использования подвижного состава. Участковая скорость выросла с 42 до 48 километров в час. Среднесуточный пробег локомотива увеличился с 540 до 700 километров. Производительность локомотива возросла с 1300 до 2100 тонно-километров в сутки. По всем этим показателям дорога вышла на первое место среди всех железных дорог сети. Был получен громадный экономический эффект. Показатели росли лавинообразно. Свою роль сыграл эффект синергизма и мультипликативный эффект.

Новое время ставит новые задачи. На дороге завершено создание всех вертикально интегрированных структур объединённых под руководством Восточно-Сибирской железной дороги - регионального корпоративного центра управления, филиала ОАО «РЖД».

В феврале 2012 г. на Восточно-Сибирской железной дороге был создан первый на сети железных дорог центр управления тяговыми ресурсами Восточного полигона Транссибирской железнодорожной магистрали. Одной из основных задач центра является эффективное использование локомотивного парка и локомотивных бригад на всём Восточном полигоне.

Восточный полигон Транссибирской магистрали объединяет четыре железные дороги: Красноярскую, Восточно-Сибирскую, Забайкальскую и Дальневосточную. За прошедшее время организация центра управления тяговыми ресурсами Восточного полигона доказала свою необходимость. За счёт внедрения новой единой полигонной технологии значительно улучшены качественные показатели использования локомотивного парка на всех железных дорогах полигона. Так на Восточно-Сибирской железной дороге среднесуточный пробег локомотива увеличен с 700 до 830 километров, производительность локомотива выросла с 2100 до 2370 тонно-километров в сутки. Одновременно улучшилось использование локомотивных бригад на всём полигоне.

Всё это доказывает, что сегодня перспективным направлением развития ОАО «РЖД» является внедрение полигонных технологий. Касается это всех основных производственных хозяйств, будь то управление единым локомотивным парком, или производство «окон» в едином створе стыковых дорог.

Опыт демонстрирует эффективность комплексного подхода. В основе всего лежит единая технология, оптимизированный единый технологический производственный процесс. Восточно-Сибирская железная дорога сегодня предлагает в Иркутске создать центр управления перевозками Восточного полигона Транссибирской магистрали. Данная структура станет единым центром ответственности за организацию перевозочного процесса на всём полигоне от стыковых пунктов Мариинск и Междуреченск до восточных портов и пограничных переходов. Подступиться к внедрению новой технологии позволили уже внедрённые междорожные технологические процессы.

Границы Восточного полигона охватывают направление следования основной части грузопотока от мест погрузки до мест выгрузки. В первую очередь речь идёт об угольных и нефтеналивных маршрутах. Всё это создаёт условия для развития логистики продвижения груза к местам выгрузки, морским портам и пограничным переходам. При этом возникает необходимость увязка информационных систем вычислительного центра ОАО «РЖД» и основных грузоотправителей и грузополучателей, в том числе портов Дальнего Востока. Комплексный полигонный подход в решении логистических задач позволит согласовывать время отправления грузов с графиком движения поездов и точным временем выгрузки вагонов. Это позволит повысить клиентоориентированность. Положительно скажется на эффективности пропуска поездопотока. Технологическая и экономическая эффективность создаваемого центра в первую очередь будет достигаться за счёт сбалансированных взаимосогласованных управленческих решений и применения сквозных технологий между железнодорожниками, грузоотправителями и грузополучателями.

Аналогично на дороге есть предложения по организации центра материально-технического снабжения и многих других вертикально интегрированных структур Восточного полигона. Воплощение в жизнь подобных новшеств позволит совершенствовать системы управления и логистики на железнодорожном транспорте, повысить его конкурентоспособность и эффективность.

#### Список литературы

1. В.С.Глазков, Л.П.Сурков, В.Э.Каутц и др. Железная дорога без отделений. Опыт работы Восточно-Сибирской железной дороги по переходу на безотделенческую структуру управления. Иркутск.: Издательство Вост.-Сиб. ж.д., 1997.

2. В.Э.Каутц. Итоги реформирования Восточно-Сибирской железной дороги. Иркутск.: Издательство Вост.-Сиб.ж.д., 2004.

А.В.Ковтунов, С.В.Копейкин, А.Н.Носов

## ДОМИНАНТНЫЕ ПОСТУЛАТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Поскольку железнодорожный транспорт является сложной человеко-машинной системой, то обеспечение безопасности должно базироваться как на технико-технологических постулатах так и на постулатах обеспечения безопасности «живого организма».

Поэтому представляется целесообразным сформулировать базовые постулаты железнодорожного транспорта, чтобы на их основе строить и эксплуатировать системы защиты.

1. *Опасность – неотъемлемое свойство железнодорожного транспорта*, т.к. протекающие процессы сами по себе могут являться источниками опасности.

2. *Сбои в деятельности железнодорожного транспорта полностью не устранимы*. Но на частоту опасных инцидентов можно повлиять. Существенные сбои возникают когда несколько незначительных или даже мельчайших сбоев объединяются и создают условия для возникновения происшествия, т.е. совокупности множества сбоев или одиночных нарушений. Отдельный сбой служит условием возникновения происшествия но только в совокупности с другими сбоями. Часть сбоев возможно предотвратить до стадии появления сбоя.

3. *Железнодорожный транспорт как сложная система содержит изменяющуюся совокупность скрытых сбоев*, что делает невозможной работу без множества ошибок. Но поскольку отдельная ошибка может и не привести к происшествию, то на начальной стадии ее можно не рассматривать, т.к. устранение всех будущих ошибок не эффективно, прогноз появления ошибок крайне затруднен.

4. *Состав и структура совокупности ошибок на железнодорожном транспорте постоянно меняется* вследствие изменений технологий, техники и процессов

5. *Железнодорожный транспорт всегда работает как поврежденная систем*, а работает в режиме ограниченной производительности. Но совокупность систем обеспечения устойчивости и деятельность персонала заставляет функционировать невзирая на действующие ошибки, хотя по результатам анализа случившихся происшествий отмечается накопленная история первоосновы сбоев, которая могла стать причиной происшествия.

6. *Утверждение, что ошибки должны быть выявлены заранее, основано на идеализации работы железнодорожного транспорта, в то время как его функционирование является непрерывно меняющимся сочетанием сбоев и восстановлений отдельных элементов.*

7. *Неотъемлемым свойством железнодорожного транспорта является его склонность к происшествию.* Работники железнодорожного транспорта всегда находятся в среде (пространстве и времени) происшествий. Это присуще природе железнодорожного транспорта.

8. *Единственной причины происшествия не существует.* Происшествие всегда происходит как сочетание совокупности ошибок, когда одна ошибка не всегда существенна. Попытки найти доминирующую (ключевую) причину ошибочны и основываются на желании возложить на кого-то или что-то определенной вины за происшествие.

9. *Оценка работы всегда не объективна, т.к. анализ работы людей ex post всегда дает лишь приблизительные результаты не учитывающее всех факторов, что мешает объективно оценить поведение работников в прошлом, полагая, что люди должны были знать или помнить неопределенность первого рода).*

10. *Оценка работы работников всегда субъективна.* Последствия происшествия всегда вероятностны, что не позволяет объективно оценить деятельность работников в прошлом объективно, т.к. считается, что люди должны были знать или помнить, что те или события неминуемо привели бы к происшествию. Эта необъективность ретроспективной деятельности является препятствием для расследования происшествий и особенно при оценке деятельности работников (неопределенность второго рода).

11. *Работники создают сбои и защищают от сбоев.* Баланс между спросом на перевозки и возможностью происшествий не возможен. Доминантной ролью работников при стабильной работе железнодорожного транспорта является производственная, а при возникновении сбоев – защитная. В обоих случаях не осознается постоянная и одновременная роль работников в исполнении обеих ролей. Все действия работников основаны на догадках, т.к. в будущем события не определены и только после происшествия становится ясным, когда разбор полетов показывает, что именно они не угадали. Успешное функционирование железнодорожного транспорта – это тоже результат угадывания, что не очевидно и не общепринято.

12. *Функционирование железнодорожного транспорта колеблется между эффективным достижением целей и рациональным использованием имеющихся ресурсов, уменьшением затрат и прогнозированием рисков происшествий.* После происшествия действия работников считаются ошибками. Но эти оценки являются ретроспективно субъективными и не учитывают требования производительности труда.

13. *Работники железнодорожного транспорта активно адаптируют все системы для получения максимальной производительности труда при минимуме происшествий.* Но адаптируют не системно, а от случая к случаю (например, концентрация ресурсов на отдельных видах деятельности,

реструктуризация системы для уменьшения «уязвимых и узких мест»; подготовка к ожидаемым и неожиданным сбоям и т.п.).

14. *Железнодорожный транспорт постоянно требует экспертизы* для своего управления и эксплуатации, которая постоянно должна меняться при изменениях технологии и при смене работников. Т.к. в любой момент времени железнодорожный транспорт включает в себя работников с разным уровнем компетентности сложности экспертизы, то возникают сложности при необходимости применения анализа деятельности в экстремальных условиях и задач использования экспертизы в будущем.

15. *При проведении изменений на железнодорожном транспорте создаются новые виды и типы сбоев* – возможно редких но значимых. Когда изменения касаются устранения определенных незначительных ошибок или повышения производительности, они могут стать источником крупных происшествий. Нередко ликвидация этих новых происшествий могут привести к большим затратам.

16. *Затраты на поиск причины ошибки уменьшают эффективность защиты от будущих ошибок.* Пост-мероприятия основываются на пресечении или предотвращении действий работников, которые могут привести к происшествиям. Но поскольку вероятность повторения в точности такого же происшествия, которое имело место крайне мала вследствие постоянно меняющейся комбинации ошибок, то эти меры как правило не эффективны. Поэтому принимаемые меры по повышению уровня безопасности по результатам приводят только к повышению сложности системы, появлению скрытых ошибок и затруднению их отслеживания.

17. *Безопасность – свойство железнодорожного транспорта, а не его составляющих.* Безопасность – это общее свойство и она не может быть сведена к отдельному элементу, т.е. безопасность это не ресурс, которым можно управлять. Состояние безопасности всегда высоко динамично и постоянные изменения приводят к постоянным изменениям угроз и сбоев.

18. *Работники постоянно влияют на безопасность.* Ежедневное функционирование железнодорожного транспорта – это результат деятельности работников в требуемых рамках производительности. Но эта деятельность никогда не бывает без ошибок, то поэтому именно способность работников к адаптироваться к постоянно меняющимся условиям обеспечивает безопасность в каждый момент времени. Эта способность позволяет выбрать один из стандартных вариантов поведения, но в экстремальных или не стандартных случаях она требует принципиально новых подходов.

19. *Работа без ошибок требует знаний, умений, навыков работы с ошибками.* Выявление ошибок и эффективное их устранение с целью сохранения производительности требует наличие чувства грани, когда функционирование становится менее стабильным, менее прогнозируемой, менее диагностируемой. Следовательно сохранение безопасности требует наличия способности прогнозирования влияния корректирующих действий

относительно границы между максимальной производительностью и неуправляемым развитием.

20. *Постоянная опасность требует многочисленных систем защиты железнодорожного транспорта.* Чем опаснее потенциальные сбои, тем более сложной со временем становится защита от них. Системы защиты, как правило, включают в себя различные способы и методы (технические, человеческие, организационные, институциональные и нормативные решения) (см. рис.)



Рис.1 - Состав системы безопасности на железнодорожном транспорте

Сбой – это кратковременная самоустраниющаяся утрата объектом работоспособности.

Ошибка – это неправильность в действиях объекта.

Постулат – это исходное положение какой-либо теории принимаемое истинным без доказательства.

Принцип (начало) – это основополагающая истина, лежащая в основе других истин.

## Литература

1. Копейкин С.В., Позднякова Е.С. Оценка постоянных затрат по минимальной статистике // Вестник СамГУПС.- вып.4(14) – с.4-8
2. Варгунин В.И., Копейкин С.В. Экономическая оценка рисковей стоимости возможного ущерба от транспортных происшествий в условиях неопределенности. - / Безопасность движения поездов // Труды Одиннадцатой НПК. - : МИИТ, 2010.- с.1-2 – 1-3

## ПРОЕКТ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

(ООО «Научно-технический центр по эксплуатации железных дорог»,  
[aleksandr.v.markov@gmail.com](mailto:aleksandr.v.markov@gmail.com))

График движения поездов, как указано в [4], «должен являться адаптивным инструментом, способствующим повышению технологической и экономической эффективности работы железнодорожного транспорта.

Наличие множества неформализуемых и слабоформализуемых факторов (специфика каждого участка, опыт работников транспорта, местные особенности, стохастический характер ряда ниток графика, значимые различия в характеристиках локомотивов внутри единой серии, неполнота нормативно-справочной информации и др.) практически исключает применение строгих математических методов для прокладки графика движения поездов»[4].

В данной работе предпринята попытка использовать эволюционный подход для построения графика движения поездов. Эволюционный подход задействует такой прием, как генетические алгоритмы.

Генетический алгоритм — это оптимизационный метод, использующий механизмы, аналогичные естественному отбору в природе. Первые публикации, в которых были описаны элементы современных генетических алгоритмов, появились ещё в середине прошлого века. Классический генетический алгоритм был представлен в 1975 году в работе Джона Холланда, но затем под генетическими алгоритмами стали понимать более широкий класс алгоритмов, многие из которых значительно отличаются от предложенного Холландом. С помощью генетического алгоритма можно решать разнообразные задачи оптимизации, например, задачу распределения ресурсов или задачу составления расписаний.

С помощью генетического алгоритма можно смоделировать на компьютере процесс эволюции. Базовая идея заключается в построении некоторого множества допустимых решений оптимизационной задачи, которое называется популяцией, и применения к этому множеству случайных преобразований с целью получения лучших решений. Для оценки элементов этого множества, которые называются особями, вводится некоторая функция приспособленности. Чем лучше решение, тем выше его приспособленность.

В классическом генетическом алгоритме начальная популяция формируется случайным образом, размер популяции фиксируется и не изменяется на протяжении всей работы алгоритма, каждая особь кодируется как битовая строка, а длина всех строк одинакова. Шаг алгоритма обычно состоит из трёх стадий:

1. Генерация новой популяции с помощью отбора особей из существующего поколения;

2. Скрещивание особей из промежуточной популяции (кроссовер), получение таким образом нового поколения особей;

3. Мутация особей из нового поколения.

Существует несколько способов отбора: стохастическая универсальная селекция, ранговая селекция, турнирная селекция и другие. На этапе скрещивания особи случайным образом разбиваются на пары, а затем с некоторой вероятностью обмениваются частями своего кода. Получившиеся особи записываются в новое поколение, а если скрещивания не произошло, в новое поколение добавляются две старые особи. На этапе мутаций каждый бит каждой особи с некоторой (обычной очень маленькой) вероятностью инвертируется, чтобы популяция могла «выйти» из локального экстремума.

Генетический алгоритм теоретически может работать бесконечно, но на практике существует несколько критериев останковки, например, заданное число поколений или схождение популяции (незначительное улучшение приспособленности). Таким образом, результатом работы алгоритма можно считать наиболее приспособленную особь из последнего обчисленного поколения.

Рассмотрим задачу построения оптимального графика движения поездов — необходимость проложить некоторое дополнительное количество ниток на уже существующем графике так, чтобы средняя скорость графика была как можно выше. Кроме того, при построении графика необходимо соблюдать большое количество различных ограничений, например, перегонные и станционные окна, межпоездные и станционные интервалы, и другие. Задача построения графика на однопутном участке является NP-трудной, поэтому практически невозможно определить, является ли полученное каким-либо способом решение действительно оптимальным. Именно поэтому для решения данной задачи актуально применение генетического алгоритма, так как в результате его работы мы получим, возможно, не оптимальный, но близкий к оптимальному и удовлетворяющий всем ограничениям график.

Генетический алгоритм для построения графика движения поездов был предложен испанскими учёными в 2006 году[2], но работа по адаптации алгоритма для российских железных дорог раньше не проводилась. График движения поездов будем кодировать следующим образом: возьмём множество поездов  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$  и множество перегонов  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\}$ . Каждая особь в популяции — цепочка, состоящая из пар вида:  $(t_i, s_j)$ . Порядок следования пар в цепочке определяет порядок, в котором нужно прокладывать нитки на графике. При этом в каждой цепочке для каждого поезда пары идут в хронологическом порядке, то есть мы начинаем прокладывать нитку с начала и постепенно «достраиваем» её до конца. В случае возникновения конфликта или нарушения одного из заданных заранее ограничений (например, межстанционного интервала) приоритет будет иметь та пара, что находится в цепочке раньше. Таким образом, каждая цепочка превращается в график единственным образом, но один и тот же график может быть получен из разных цепочек. Времена старта и движения поезда по перегонам считаем заданными.



В качестве функции приспособленности будем использовать участковую скорость получившегося графика. При скрещивании две цепочки рвутся в случайном месте и обмениваются частями таким образом, что одна часть у каждого потомка остаётся от одного родителя, а вторая упорядочивается так, как у второго родителя. При мутации одна из составляющих цепочку пар может встать на любое допустимое место, чтобы не нарушался хронологический порядок построения цепочки.

При размере популяции в 50 особей, вероятности скрещивания 0,5 и вероятности мутации в 0,015 описанные выше генетический алгоритм за несколько десятков поколений сходится к одному из близких к оптимальному вариантов графика на однопутном участке с 12 перегонами и 20 нитками. В дальнейшем планируется добавить к генетическому алгоритму возможность реализации построения графика с приоритетами, например, прокладывать сначала все пассажирские нитки, а затем грузовые. Этого можно достичь, генерируя цепочки особым образом.

#### Список литературы:

1. Goldberg D. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning/ D. Goldberg. — Massachusetts: Addison-Wesley, 1989.
2. Tormos P. A Genetic Algorithm for Railway Scheduling Problems/ Metaheuristics for Scheduling in Industrial and Manufacturing Applications, 2008.
3. Назаров А.В., Лоскутов А.И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. — СПб.:Наука и техника, 2003. — 384 с.
4. Игнатенков А.В., Ольшанский А.М. О построении квазихопфилдовской нейронной сети для решения задач упорядочения поездов. В кн.: Перспективные информационные технологии (ПИТ-2015): труды Международной научно-технической конференции. Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва. 2015. С. 73-78.

## РАСЧЕТ ТЕХНИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ И ПРОГНОЗ СМЕНЫ ЛОКОМОТИВА ПО ПРОБЕГУ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ АСОУП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАСТИЧНОГО ГРАФА ДОРОГИ

(ООО "Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог"  
(ООО "НТЦ ЭЖД"), [pavnoval@gmail.com](mailto:pavnoval@gmail.com))

В данной работе разбираются две задачи расчета параметров движения поездов на основе данных АСОУП с использованием графа части дороги для восполнения недостающей информации.

### 1 Постановки задач

#### 1.1 Расчет технической скорости участка

Даны ЕСР двух станций и продолжительность промежутка времени. Требуется рассчитать среднюю техническую скорость поездов заданной категории (грузовых, пассажирских) на участке, ограниченном данными станциями за данный промежуток времени. Техническая скорость рассчитывается как отношение суммарного расстояния, пройденного поездами на участках течение данного промежутка времени к суммарному времени, затраченному поездами на движение без учета времени стоянки на станциях, но с учетом времени разгона и замедления.

#### 1.2 Прогноз смены локомотива по пробегу

Дан индекс поезда, находящегося на заданной области дороги и список ЕСР технических станций. Требуется сказать, потребуется ли поезду смена локомотива до достижения конца участка обращения локомотива, и если да, то указать техническую станцию, на которой локомотив требуется заменить. Необходимость замены определяется превышением норматива расстояния, пройденного с момента ТО-2, ТО-3, ТР-1 или ТР-2.

### 2 Описание графа

Для решения поставленных задач был построен граф, вершины которого соответствуют станциям, а ребра - соединяющим их перегонам. Каждому перегону была поставлена в соответствие длина перегона.

### 3 Расчет технической скорости участка

#### 3.1 Доступные данные АСОУП

Из АСОУП можно получить информацию об истории операций поездов, каждая из которой связана с индексом поезда и станцией операции, а также временем совершения операции.

#### 3.2 Метод решения

Для расчета технической скорости, кроме данных, описанных выше нужно также знать, какие станции принадлежат участку. Для этого мы воспользовались предположением, что участок соответствует кратчайшему пути, соединяющему пару станций. Длина - неотрицательная величина, что

позволяет воспользоваться алгоритмом Дейкстры для поиска кратчайших путей. В результате, имея граф и ЕСП станций, ограничивающих участок, мы получаем список станций. Далее, воспользовавшись историческими данными поездной модели, можно получить для каждого индекса поезда все пары последовательных операций, совершенных на двух различных станциях участка в заданный промежуток времени. Разность времен между полученными парами станций дает полное время движения поезда за исключением стоянок. Расстояние между этими парами станций получается из графа. Просуммировав длины для всех пар и поделив на сумму всех разностей времен, получаем искомый параметр.

#### 4 Прогноз смены локомотива по пробегу

##### 4.1 Доступные данные АСОУП

На основе исторических данных локомотивной модели можно получить идентификатор локомотива, связанного с данным индексом поезда. Поездная модель содержит станцию назначения поезда. Локомотивная модель содержит информацию о пробеге локомотива с момента ТО-2, ТО-3, ТР-1 или ТР-2, а также участок обращения, на котором находится локомотив.

##### 4.2 Метод решения

Кроме информации из АСОУП также использовалась справочная информация о нормативах пробега. Как и в предыдущем пункте, воспользуемся алгоритмом Дейкстры для поиска кратчайшего пути между станцией дислокации поезда и концом участка обращения в соответствии с четностью движения. Если граф содержит вершину, соответствующую станции назначения поезда, то найдем кратчайший путь до нее. Далее рассматриваем более короткий из двух путей. Последовательно пройдем по вершинам пути, добавляя длину ребра к каждому из 4 пробегов. Будем также хранить последнюю техническую станцию, встреченную при обходе пути. Если один из пробегов превышает норматив, то требуется смена на сохраненной технической станции. Если при прохождении до конца пути ни один из пробегов не был превышен, то смена локомотива не требуется.

#### 5 Результат

В работе показано, как неполный граф дороги может быть использован для восполнения недостающей информации при расчете важных параметров дорожного движения.

#### Литература

1. Dreyfus S. E. An appraisal of some shortest-path algorithms //Operations research. – 1969. – Т. 17. – №. 3. – С. 395-412.
2. Жабров С.С. Инструкция по разработке графика движения поездов в ОАО «РЖД» - «Техинформ», 2006.
3. Харари Ф. Теория графов. – 1973.

## МОДЕЛЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ НА ОСНОВЕ ПЕРЕХОДНОЙ СИСТЕМЫ

(ООО "Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог"  
(ООО "НТЦ ЭЖД"), [pavnoval@gmail.com](mailto:pavnoval@gmail.com))

### 1 Общая модель

Пусть  $T = (\mathcal{S}, \mathcal{A})$  (Рис. 1) - переходная система [1], где  $\mathcal{S}$  - множество состояний,  $\mathcal{A}$  - множество переходов. Оба множества не более чем счетные. Переходы будут альтернативно называться *действиями*. Состояние может представлять собой множество утверждений о занятости ресурсов станции, например «*путь  $P_i$  занят поездом  $T_j$* », «*бригада  $B_k$  занята осмотром локомотива  $L_n$* », и т.п.

Пару  $e = (a \in \mathcal{A}, t \in \mathbb{R})$  назовем *событием*. Значения  $t$  и  $a$  этой пары будем также обозначать  $t(e)$  и  $a(e)$  соответственно. Обозначим  $\mathbb{E}$  - множество конечных и счетных последовательностей событий  $(e_1, \dots, e_n, \dots)$  таких, что  $\forall i, j \in \mathbb{N}, i < j : t(e_i) \leq t(e_j)$ . Последовательность событий назовем согласующейся с переходной системой  $T$  с начальным состоянием  $s_0$ , если соответствующая последовательность  $\{a(e)\}$  переходов возможна в  $T$ .  $K(s_0)$  - множество таких последовательностей.

Отображение  $I : \mathbb{E} \rightarrow \{0,1\}$  назовем *индикатором допустимых последовательностей* событий. Индикатор согласуется с переходной системой, если  $\forall s \notin K(s) : I(s) = 0$ . Отображение  $F(e) : \mathbb{E} \rightarrow \mathbb{R}$  назовем *оценочной функцией*.

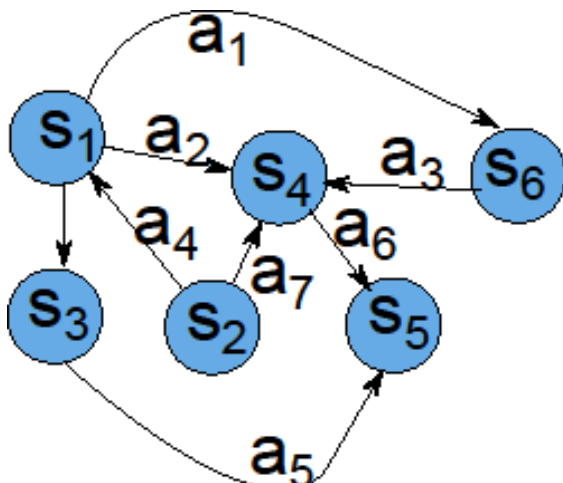


Рис. 1: переходная система

*Полной моделью станции* будем считать тройку  $(T, I, F)$ , состоящую из переходной системы, индикатора допустимых последовательностей событий, согласующегося с этой системой, и множества оценочных функций.

### 2 Декомпозиция переходной системы

Как было сказано в предыдущем разделе, полное состояние переходной системы станции состоит из множества утверждений о физических объектах, имеющих на станции.

Обозначим  $O$  множество объектов системы. Каждый объект системы относится к одному и только одному атомарному классу, однако может относиться к нескольким составным классам. Множество объектов конечно, но может изменяться при смене состояния.

Индикатором взаимодействия назовем отображение  $r : 2^O \rightarrow \{0,1\}$ . Подмножество объектов множества  $O$ , для которых индикатор взаимодействия равен единице, назовем взаимодействующей группой объектов. Будем считать по определению, что каждый объект взаимодействует сам с собой.

Полное состояние системы определяется множеством объектов,  $O$ , индикатором взаимодействия, и локальным состоянием каждой группы взаимодействующих объектов. Каждый объект может относиться к конечному множеству классов. При выделении классов можно исходить из разного уровня детализации, например локомотив, маневровый локомотив, двухсекционный маневровый локомотив и т.п. *Множеством атомарных классов*  $C^0$  назовем множество классов, не предполагающих наличия меньших подклассов. Отнесение объектов к одному атомарному классу предполагает их полную взаимозаменяемость. Составным классом назовем любое объединение любого подмножества множества атомарных классов.  $\mathcal{C}$  - множество всех составных классов. Множеством классов системы  $C$  назовем объединение множества атомарных  $C^0$  классов с заданным множеством составных классов  $C^1 \subset C$ . Любой объект относится к одному и только одному атомарному классу, однако может относиться к нескольким составным классам.

*Полным состоянием объекта* назовем множество состояний всех взаимодействующих групп, включающих этот объект. Полным состоянием класса назовем объединение полных состояний всех объектов, относящихся к этому классу.

### 3 Пример

Рассмотрим пример приложения модели к работе железнодорожной станции. В данном примере будем рассматривать станцию, состоящую из входа, 10 приемоотправочных путей, выхода, и одной осмотровой бригады (Рис. 1). Технологическая цепочка для одного поезда будет состоять из прибытия, приема, осмотра с возможным обнаружением проблемы, и отправления со станции.

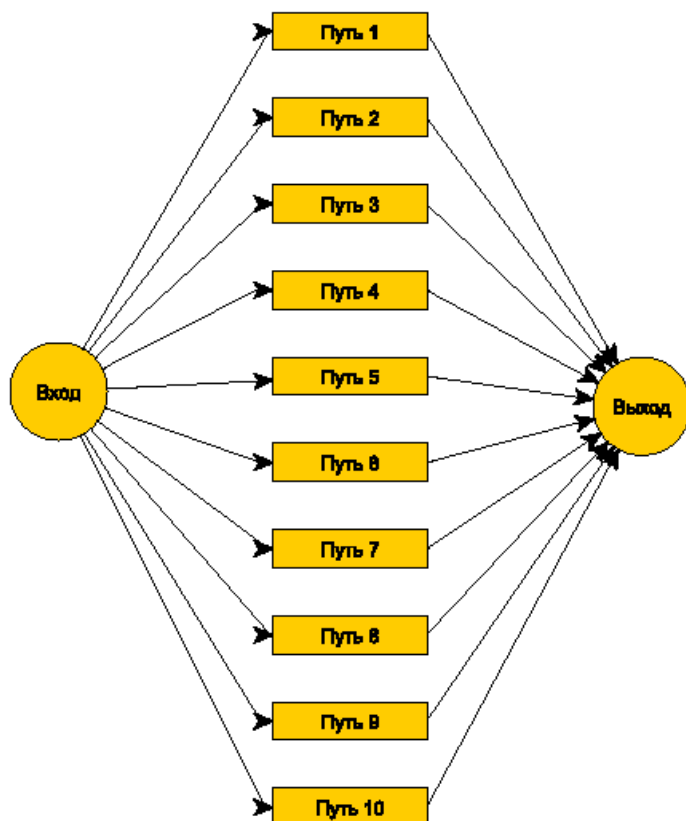


Рис. 2: топология станции

Опишем введенные объекты в контексте данного примера. Действиями в рамках описанной системы будут

1. прибытие поезда  $a^I$ ,
2. уход поезда со входа на станцию  $a^{II}$ ,
3. занятие пути  $a^{III}$ ,
4. начало осмотра  $a^{IV}$ ,
5. завершение осмотра  $a^V$ ,
6. обнаружение проблемы  $a^{VI}$ ,
7. начало исправления проблемы  $a^{VII}$ ,
8. окончание исправления проблемы  $a^{VIII}$ ,
9. освобождение пути  $a^{IX}$ ,
10. приход поезда на выход  $a^X$ ,
11. отправление поезда  $a^{XI}$ .

Множество всех объектов системы в начальный момент времени состоит из 13 элементов (вход, выход 10 путей и 1 бригада). Классы объектов представляют собой два одноэлементных множества (вход и выход), множество всех путей и множество всех поездов, которые могут входить в систему. Все классы являются атомарными.

Приведем пример корректной последовательности событий. Символом  $t$  с нижним индексом будем обозначать поезда, символом  $w$  с нижними индексами - пути, символом  $b$  - бригаду, символом  $i$  - вход и символом  $o$  - выход. Событие

будем записывать как тройку объектов в круглых скобках действие, множество взаимодействующих объектов и время события.

1.  $(a^I, \{t_1, i\}, 6 : 00)$  - прибытие поезда 1,
2.  $(a^{II}, \{t_1, i\}, 6 : 01)$  - уход поезда 1 со входа,
3.  $(a^{III}, \{t_1, w_1\}, 6 : 01)$  - занятие поездом 1 пути 1,
4.  $(a^I, \{t_2, i\}, 6 : 05)$  - прибытие поезда 2,
5.  $(a^{II}, \{t_2, i\}, 6 : 06)$  - уход поезда 2 со входа,
6.  $(a^{III}, \{t_2, w_4\}, 6 : 06)$  - занятие поездом 2 пути 4,
7.  $(a^{IV}, \{t_1, w_1, b\}, 6 : 07)$  - начало осмотра поезда 1 бригадой,
8.  $(a^V, \{t_1, w_1, b\}, 6 : 42)$  - завершение осмотра поезда 1 бригадой,
9.  $(a^{IV}, \{t_2, w_4, b\}, 6 : 48)$  - начало осмотра поезда 2 бригадой,
10.  $(a^{IX}, \{t_1, w_1\}, 6 : 55)$  - освобождение пути 1 поездом 1,
11.  $(a^X, \{t_1, o\}, 6 : 55)$  - приход поезда 1 на выход,
12.  $(a^{XI}, \{t_1, o\}, 6 : 56)$  - отправление поезда 1,
13.  $(a^{VI}, \{t_2, w_4, b\}, 6 : 49)$  - обнаружение проблемы во время осмотра поезда 2,
14.  $(a^{VII}, \{t_2, w_4, b\}, 6 : 49)$  - начало исправления проблемы поезда 2,
15.  $(a^{VIII}, \{t_2, w_4, b\}, 7 : 45)$  - завершение исправления проблемы поезда 2,
16.  $(a^{IX}, \{t_2, w_4\}, 7 : 46)$  - освобождение поездом 2 пути 4,
17.  $(a^X, \{t_2, o\}, 7 : 48)$  - приход поезда 2 на выход,
18.  $(a^{XI}, \{t_2, o\}, 7 : 49)$  - отправление поезда 2.

### 3 Выводы и дальнейшая работа

В данной работе представлена основная терминология и задано направление для разработки. Следующим шагом должна стать более подробная разработка принципов декомпозиции и исследование свойств различных оценочных функций.

### Литература

1. Cuijpers P. J. L., Reniers M. A., Heemels W. P. M. H. Hybrid transition systems. – Technische Universiteit Eindhoven, Department of Mathematics and Computer Science, 2002.
2. Kalenkova A. A., Lomazova I. A., van der Aalst W. M. P. Process model discovery: A method based on transition system decomposition // Application and Theory of Petri Nets and Concurrency. – Springer International Publishing, 2014. – С. 71-90.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ПРИ ПОМОЩИ ИТЕРАЦИОННОГО ПОИСКА КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ В ГРАФЕ

(ООО "Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог"  
(ООО "НТЦ ЭЖД"), [pavnoval@gmail.com](mailto:pavnoval@gmail.com))

В работе описывается подход к решению задачи оптимизации графика движения поездов на основе итерационной перестройки расписаний индивидуальных поездов путем поиска кратчайшего пути в инфраструктурно-временном графе.

### 1. Постановка задачи и ограничения

Мы считаем, что инфраструктура представляет собой набор станций, соединенных перегонами. Каждый перегон или станция содержит несколько путей, специализированных по четности движения поездов (только четные, только нечетные, любые). На перегонах действует ряд ограничений: максимальная скорость движения, межпоездные интервалы для разных категорий поездов, минимальные станционные интервалы - ограничения на время между последовательными прибытиями/отправлениями со станции по категориям поездов. На перегонах могут быть определены окна, представляемые интервалами времени, в течение которых движение на перегоне запрещено.

Задан набор ниток, которые следует проложить - каждая из них определяется минимальным временем старта, последовательностью станций, через которые должен проследовать поезд, а также минимальным временем стоянок на некоторых из них. Требуется построить расписание таким образом, чтобы нитки не занимали одновременно один и тот же путь, не нарушали инфраструктурных ограничений и удовлетворяли требованиям о последовательности станций и времени стоянок.

### 2. Построение графа

Рассмотрим граф, в котором вершина соответствует каждому элементу декартова произведения множества объектов инфраструктуры, множества минут в периоде планирования и специального множества {начало/конец}, а каждое направленное ребро соединяет вершины одного объекта инфраструктуры с вершиной связанного объекта так, что время первого элемента не превосходит времени второго. Длиной ребра будем считать разность времен начала и конца. Путь в таком графе будет соответствовать одной нитке графика. Далее, исключая некоторые ребра мы можем добиться того, что будет возможно проложить только допустимые нитки. Покажем, как сделать это. Мы считаем, что каждый раз граф строится для прокладки одной нитки при условии что множество уже существующих ниток фиксировано.



Фиксированный маршрут. Чтобы учесть маршрут нитки, достаточно оставить только те ребра, которые соединяют либо начало объекта инфраструктуры с концом того же объекта, либо конец объекта с началом последующего объекта в маршруте.

Минимальное время стоянки. Чтобы установить минимум времени стоянки, достаточно оставить только те ребра на станциях, которые соединяют начало и конец, разница времени которых не меньше заданного ограничения.

Специализация путей. Поскольку четность маршрута известна заранее, для учета специализации путей достаточно удалить все ребра, инцидентные маршрутам неподходящей специализации.

Скорость движения на перегоне. Зная длину перегона, можно определить минимум времени и оставить только те ребра, соединяющие начало и конец перегона, разность времен начала и конца которых превышает эту величину.

Станционные интервалы. Для каждой станции перегона и для каждой ранее построенной нитки, проходящей через эту станцию, удаляем ребра, входящие/исходящие из элементов этой станции, если их время находится ближе допустимого ко времени прибытия или отправления рассматриваемой нитки.

Межпоездные интервалы. Для каждого перегона просмотрим время его прохождения другими нитками. Необходимо удалить из графа все ребра такие, начало которых находится раньше начала рассматриваемой нитки и конец которых находится позднее конца рассматриваемой нитки. Из оставшихся ребер нужно удалить все, начало которых ближе к началу рассматриваемой, или конец ближе к концу, чем допустимый межпоездной интервал.

Окна. Учет окон достигается удалением ребер, инцидентных вершинам начала или конца перегона, время которых попадает в заданный интервал.

### 3. Метод поиска и результаты

В результате метода, описанного в предыдущем пункте, получаем граф с неотрицательными длинами ребер. Это означает, что кратчайший путь в нём может быть найден с использованием алгоритма Дейкстры [1]. В результате получаем кратчайший по времени доступный маршрут для отдельной нитки. В результате экспериментального тестирования метода было показано, что с его помощью возможно построение расписания, если количество ниток не слишком велико. Недостатком алгоритма в текущем виде является вариантом жадного алгоритма [4], и не дает возможности дифференцировать ресурсы с разной востребованностью. В дальнейшем этот недостаток может быть исключен за счет введения адаптивных весов ребер с присвоением больших весов на участках, через которые необходимо провести большое количество ниток.

### Литература

1. Dreyfus S. E. An appraisal of some shortest-path algorithms // Operations research. – 1969. – Т. 17. – №. 3. – С. 395-412.

2. Жабров С.С. Инструкция по разработке графика движения поездов в ОАО «РЖД» - «Техинформ», 2006
3. Харари Ф. Теория графов. – 1973.
4. Кормен Т. и др. Алгоритмы. Построение и анализ: [пер. с англ.]. – Издательский дом Вильямс, 2009.

М.С. Ревунов

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЕСА БУМАЖНОГО ПОЛОТНА НА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

(Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия)

Равномерное распределение плотности бумажного полотна зависит от однородности и объемов бумажной массы, от скорости ее напуска на сеточный стол бумагоделательной машины, и от геометрии выпускной щели напорного ящика [1].

Однородности бумажной массы добиваются с помощью регуляторов концентрации массы и регуляторов композиции [1].

Для регулирования объемов бумажной массы на соединительные трубы ставятся массные задвижки (граммовые вентили), управление которыми может осуществляться как вручную, так и с помощью специальных регуляторов. Целью использования каскадного соединения регуляторов является борьба с огромным запаздыванием системы, которое возникает при управлении массовой задвижкой. Функциональная схема бумагоделательной машины (БДМ) с каскадным соединением регуляторов представлена на рисунке 1.

Еще одним фактором, влияющим на плотность бумажного полотна, является соотношение скоростей движения сеточного стола и напуска бумажной массы на сетку. Напуск бумажной массы на движущуюся сетку должен проводиться со скоростью, близкой к скорости ее движения [1].

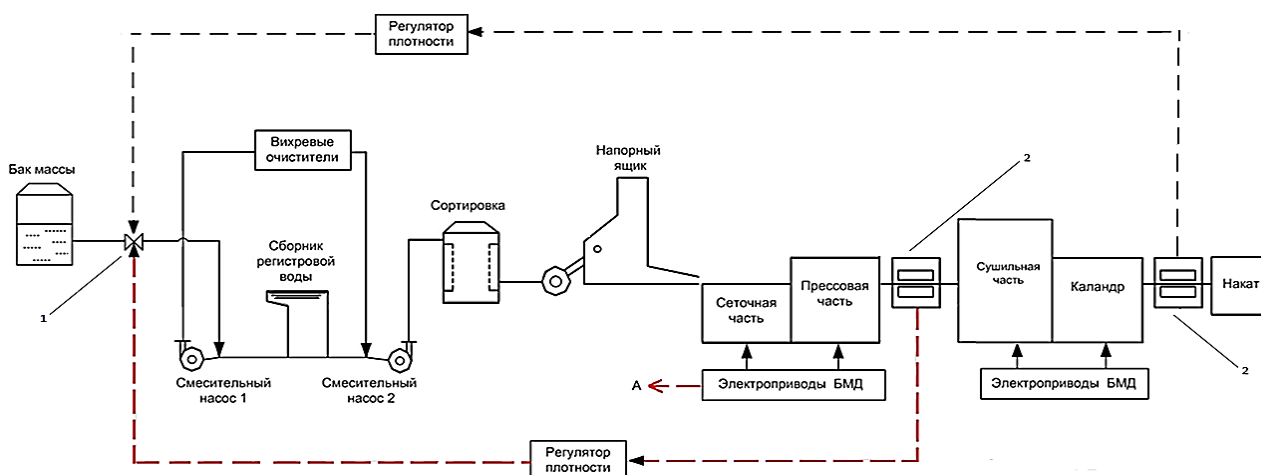


Рисунок 1 – БДМ с каскадным соединением регуляторов плотности

Когда скорости бумагоделательных машин были невелики, а вырабатываемое на них бумажное полотно сравнительно узко, процесс подвода бумажной массы к сеточному столу и выпуска массы на сетку однородным потоком не представлял собой особой сложности. Теперь, при скорости бумагоделательных машин, достигающей 1000 м/мин, и ширине полотна 7–8 м, этот процесс представляет собой весьма сложную задачу.

Известно экстремальное влияние соотношения скоростей массы и сетки БДМ на неравномерность просвета бумаги. Соотношение между скоростью массы и скоростью сеточного стола выражается формулой:

$$k_m = v_m / v_c, \quad (1)$$

где  $v_m$  — скорость массы, поступающей на сетку, м/мин;  $v_c$  — скорость сетки, м/мин.

Изменение скорости сетки влечет за собой изменение технологического режима и влияет на все подсистемы БДМ. Поэтому для минимизации неравномерности просвета будем изменять скорость истечения бумажной массы с помощью изменения напора напускного устройства (рисунок 2).

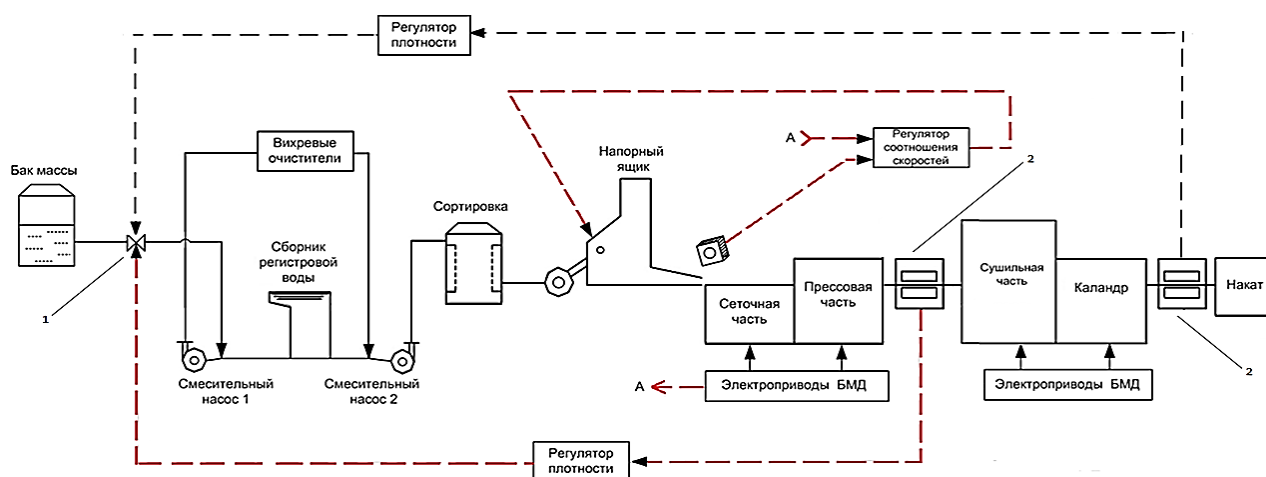


Рисунок 2 – Многомерная автоматизированная система регулирования плотности бумажного полотна

Измерять скорость напуска бумажной массы, идущей из напорного ящика, предлагается с помощью кросскорреляционного метода.

Кросскорреляционный алгоритм состоит из следующих основных этапов (рисунок 3):

- 1) покадровое разбиение видеофайла;
- 2) разложение полученных изображений на расчетные области равного размера;
- 3) расчет кросскорреляционной функции (КФ) и поиск ее максимума;
- 4) расчет вектора скорости по смещению максимума КФ от кадра к кадру [2].

Прямое экстремальное регулирование веса бумажного полотна по напору бумажной массы будет приводить к колебаниям веса бумажного полотна. Для устранения этого явления необходимо комбинированное

экстремальное управление, при котором происходит одновременное согласованное воздействие, как на напор, так и на высоту выпускного отверстия напорного ящика [3].

Существующие системы регулирования зазора выпускного отверстия напорного ящика не являются автоматическими и не обеспечивают должного регулирования, что в настоящий момент является актуальной темой в области бумажного производства из-за увеличения скоростей напуска бумажной массы на сетку.

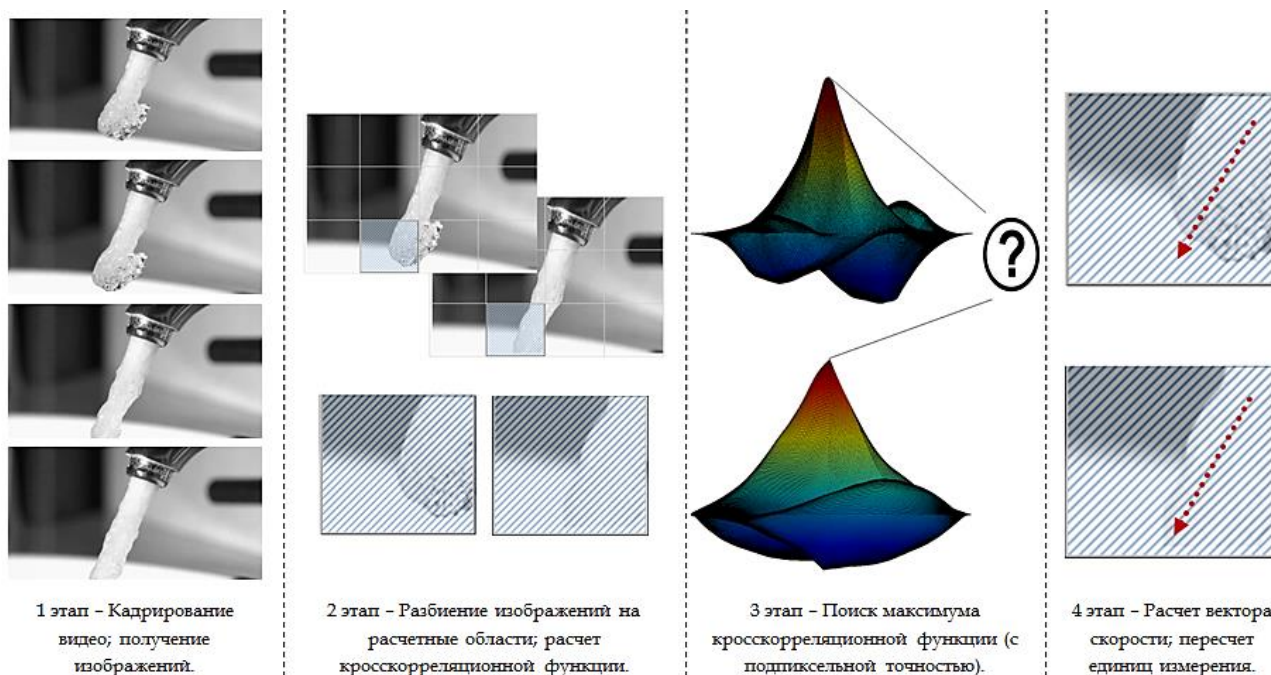


Рисунок 3 – Кросскорреляционный алгоритм

На рисунках 4, 5 представлены общий вид напорного устройства закрытого типа фирмы PARCEL и предлагаемая структурная схема системы регулирования зазора ящика.

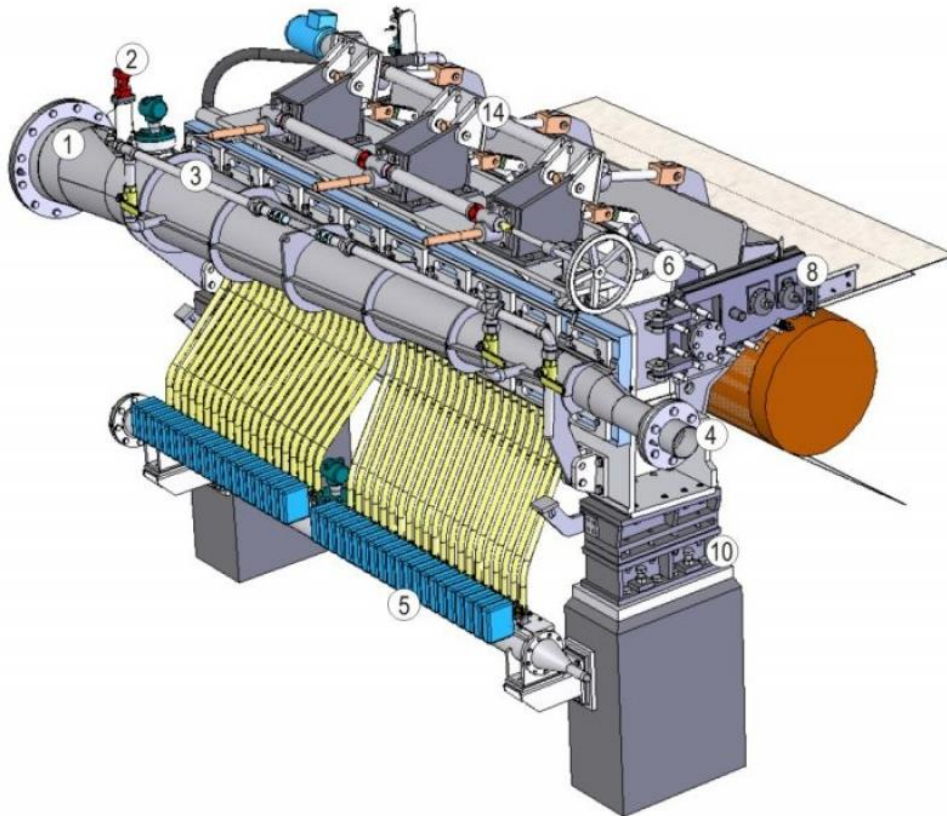
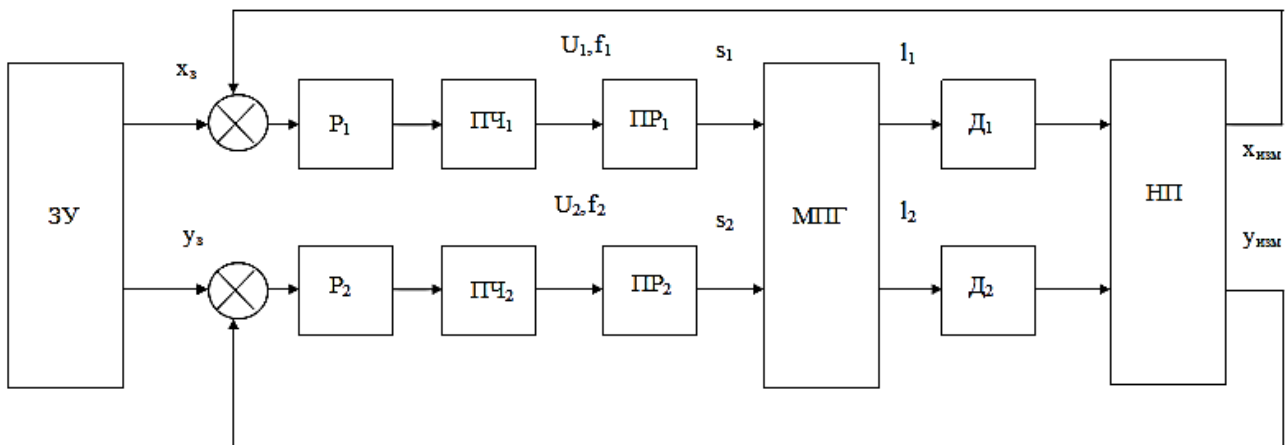


Рисунок 4 – Напорное устройство (фирма RARCEL)



ЗУ – задающее устройство;  
 $P_1, P_2$  – регуляторы положения привода;  
 $ПЧ_1, ПЧ_2$  – частотные преобразователи;  
 $ПР_1, ПР_2$  – приводы;  
 МПГ – механизм перемещения губы;  
 $Д_1, Д_2$  – индуктивные датчики;  
 НП – нелинейный преобразователь;  
 $x_3, y_3$  – заданные положения губы;

Рисунок 5 – Структурная схема системы регулирования зазора

## Список литературы

1. Комаров В.И. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст] / В.И. Комаров. – СПб: ВНИИБ, 2009.
2. Матвеев Ю.А. Теория механизмов и машин [Текст] / Ю.А. Матвеев. – М: Альфа-М, 2001.
3. Егупов Н.Д. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления [Текст] / Н.Д. Егупова. – М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.

Д.Д.Резванов, А.Н.Кузнецова

## ГИБКИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ МАЛЫХ ПАССАЖИРОПОТОКОВ

(ст.Люберцы МДУД, Российская открытая академия транспорта)

Несмотря на развитость и комфорт подмосковных городов, большинство жителей в возрасте от 21 до 40 лет предпочитают работать в Москве. Таким образом, как минимум 5 дней в неделю жителям подмосковных городов приходится ездить в Москву и обратно. Поэтому фактор «транспортной доступности» очень значим для Москвы и Подмосковья, где постоянные пробки могут привести к тому, что жителям приходится добираться до работы по несколько часов.

Обычно из близлежащих городов до Москвы можно добраться 3-мя способами: на собственном автомобиле, на маршрутке/автобусе или на пригородной электричке.

На сегодняшний день самый быстрый способ добраться до Москвы – доехать на пригородной электричке. Железнодорожный транспорт не зависит от пробок и ходит по расписанию. Власти Москвы и Подмосковья обещают, что в скором времени пригородные электрички будут ходить с таким же интервалом, что и составы метро.

Дольше всего добираться до Москвы на автотранспорте.

Ежедневные пробки на въезде в город приводят к тому, что люди сидят в пробках по 2-6 часов в зависимости от загруженности направления.

В этом смысле г. Лыткарино не исключение.

Лыткарино – небольшой город (его площадь всего 17 км<sup>2</sup>) в Люберецком районе, на левом берегу реки Москвы. Он расположился ближе к столице, чем к Люберцам: в 8 км к юго-востоку от МКАД и только в 10 км к югу от города-патрона Люберцы, у которого находится в областном подчинении. Население - 56 360 человек.

Основной недостаток Лыткарино – плохая транспортная доступность. В город можно приехать только на автомобильном транспорте, т.к. железнодорожное сообщение с Москвой отсутствует. Но и автомобилистам приходится тяжело.

Город расположен близко к Новорязанскому шоссе, но в стороне от магистрали в окружении лесов. Это обстоятельство прекрасно с точки зрения экологии, но ограничивает связь Лыткарино с Москвой (рис.1.1).

Концепции организации перевозки пассажиров из г. Лыткарино через станцию Люберцы-1 до ст. Люберцы-2 с дальнейшей пересадкой их до Москвы рассматривалась давно. Но только с принятием программы г. Москвы по транспортно-пересадочным узлам опять обрела новую жизнь.

На общественном транспорте (автобусы и маршрутки) до г. Лыткарино можно доехать от станций метро Кузьминки, Выхино или Люблино. Но сколько времени придется провести в пути, - сказать сложно. По свободной дороге можно доехать за 15-20 минут, а в час пик, учитывая высокую загруженность Новорязанского и Лыткаринского шоссе, а также значительные пробки на Волгоградском проспекте, дорога может занять от 1 до нескольких часов.

Власти Подмосковья планируют построить еще одну автомагистраль, связующую МКАД и Лыткарино. Четырехполосная дорога будет начинаться от Московской кольцевой и далее к Лыткаринскому шоссе через город Дзержинский. Сроки реализации проекта пока не озвучены.

Между тем, теоретически возможное появление регулярного пассажирского движения было бы почти что «вторым рождением» для города Лыткарино.

Ветка в Лыткарино представляет собой однопутную линию без электрификации между станциями Мальчики и самим городом Лыткарино. Разъездов нет. В Лыткарино линия проходит через одну из окраин города, после чего направляется лесом к промзоне.

Запуск рельсовых автобусов по уже имеющейся линии (например, маршрут Лыткарино - Люберцы-2), был бы полезен, при условии кроссплатформенной<sup>1</sup> пересадки по станции Люберцы-2 и согласованного с электропоездами расписания.

Рассмотрим возможные варианты развития.

1) По направлению в Лыткарино, от Люберец-1 организовываем движение рельсовыми автобусами РА - 2 в Люберцы-2 (там - остановка со сменой направления движения), далее - едем в сторону Лыткарино.

2) Если не смешивать пассажиропотоки, тогда необходимо построить короткую платформу на станции Люберцы-1.

Платформа - возле турникетного павильона, выходящего на Волковскую улицу, по длине 80 метров, путь неэлектрифицирован. Перед, или после эстакады Комсомольского проспекта - съезд на путь, который ведёт на эстакаду (так попадаем на главный путь для поездов дальнего следования и экспрессов в сторону Москвы).

---

<sup>1</sup> Кроссплатформенная пересадка - пересадка с одного направления движения на другое в метрополитене или на железнодорожном транспорте, осуществляемая переходом на другую сторону той же платформы, а не переходом на другую станцию или платформу. Как правило, при такой организации движения в пересадочный узел входят две платформы, на каждую из которых прибывают поезда разных линий, движущихся приблизительно в одном направлении.

3) Рядом с переездом, который находится на улице Парковая г. Лыткарино и является въездом и выездом из города (рис.2.1), строим перехватывающую парковку и небольшую низкую платформу, организовываем движение рельсовых автобусов РА – 2 по уже имеющемуся железнодорожному пути через станцию Мальчики до станции Люберцы-2 Казанского направления с переходом на электропоезда, следующие из Черустей, Шатуры, Куровского.

После рассмотрения трех вариантов развития транспортной доступности, становится понятным, что третий вариант наименее затратный (см. рис. 1-2).



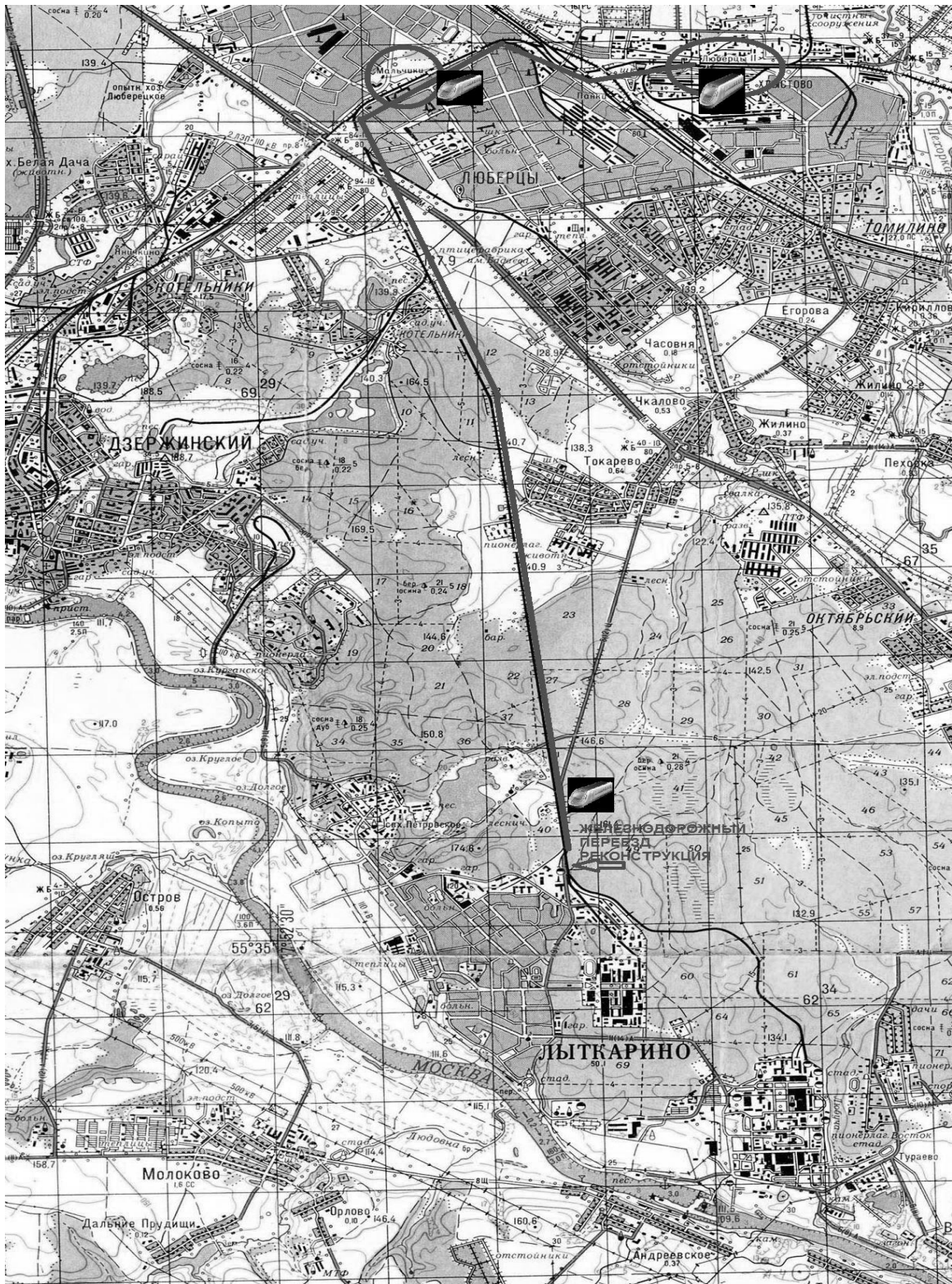


Рисунок 1 Вариант решения транспортной доступности от г. Лыткарино к Москве



Рисунок 2 Железнодорожный переезд при въезде/выезде в /из г. Лыткарино

Опрос жителей г. Лыткарино показал, что около 71% добираются до работы и мест учебы на общественном транспорте, причем автобусы и маршрутные такси заканчивают свои маршруты около станций метрополитена и только два маршрутных такси довозит пассажиров до станции Люберцы. Далее пассажирам приходится делать пересадку и продолжать свой путь на метро. Чтобы доехать до станции метрополитена Марксистская от ст. Люблино, ст. Выхино, ст. Кузьминки нужно затратить еще 20-25 минут. При этом нужно учесть, что это в большинстве случаев не окончание маршрута. Вот и выходит, что большая часть жителей г. Лыткарино, тратит ежедневно по 2-2,5 часа, чтобы добраться до работы и места учебы.

20% опрошенных жителей г. Лыткарино, которые отправляются в путь на собственном автотранспорте, попадают в утренние и вечерние пробки на Рязанском и Волгоградском проспекте.

При правильной организации перевозочного процесса большая часть пассажиров с данного вида сообщения перейдет на рельсовые автобусы, за счет: надежности расписания и безопасности поездки.

Неоспоримым преимуществом железных дорог является соблюдение графика движения поездов и фиксированное время поездки.

Работникам железной дороги необходимо будет постоянно отслеживать соответствие тарифов в пригородном железнодорожном транспорте. Необходимо добиваться того, чтобы билеты в пригородном железнодорожном

транспорте были сравнимы или дешевле билетов автомобильного транспорта общего пользования.

При расчете доходов от организации пригородного движения на участке Лыткарино – Люберцы - 2 необходимо произвести их разделение на несколько групп:

1.доходы от продажи билетов при перевозке пассажиров на рельсовых автобусах;

2.прирост доходов от реализации билетов на обычные электропоезда от ст. Люберцы - 2;

3.прочие доходы.

Оборудование ст. Люберцы - 2 турникетами позволит исключить возможность посадки и высадки безбилетных пассажиров на электропоезда, отправляющиеся со станции.

Для реализации рассматриваемого проекта планируются инвестиции, приведенные в таблице 1.2.

Таблица 1.2 Сводная таблица инвестиционных вложений

Наименование и виды работ	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Строительство низкой железобетонной платформы	1	12 000 000
Капитальный ремонт пл. Мальчики	1	6 000 000
Устройство перехватывающей парковки	1	20 000 000
Строительство турникетного комплекса ст. Люберцы - 2	1	8 000 000
Покупка рельсовых автобусов	4	130 000 000
Итого инвестиционных вложений		176 000 000

Наиважнейшим условием социально-экономического развития и нормального функционирования любого города является развитие сети дорог и общественного транспорта.

Для каждого населенного пункта необходимо учитывать индивидуальные особенности развития транспортной сети города.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абалонин С.М. Конкурентоспособность транспортных услуг-М.: Академкнига, 2004.

2. Верховых Г.В. Приоритеты в сфере пригородных перевозок // Железнодорожный транспорт. – 2012.
3. Дрозд Е. Интермодальные перевозки: мировой опыт (Электронный ресурс) – Режим доступа: <http://www/tch/ru/rus/news/about-svvt/53/>.
4. Иванов М.В. К вопросу о теории транспортной доступности [Текст] / М.В. Иванов // Организационные и экономические проблемы развития предприятий транспортной отрасли. Материалы Седьмых Прохоровских чтений – Н.Новгород: Литера, 2011.
5. Лapidус Б.М. Железнодорожный бизнес: как встать на главный путь [Текст] / Б.М. Лapidус. – М. : Интекст, 2012.
6. Поликарпов Я.А. Текущее состояние пригородного пассажирского комплекса в РФ // Экон. железных дорог. – 2011. - №10.

И.Н. Синякина, А.М. Завьялов, Ю.В. Завьялова

## ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

(Российская открытая академия транспорта  
Московского государственного университета путей сообщения)

В статье предложены практические подходы оценки рисков при выполнении технологических процессов работы железнодорожных станций, направленные на повышение эффективности, качества и надежности функционирования всего железнодорожного комплекса.

Повысить качество эксплуатационной работы на железнодорожном транспорте возможно путем повышения эффективности, качества и надежности технологических процессов (ТП) [1].

Некоторые подходы к решению данных задач на основе учета влияния «человеческого фактора», анализа потенциальных несоответствий в ТП представлены в [2,3,4]. В данной работе показано практическое применение этих подходов на примере процесса работы составителя поездов при осаживании вагонов [5,6].

Первым этапом анализа потенциальных несоответствий является декомпозиция ТП на отдельные операции, представленная в таблице 1.

Таблица 1 – Декомпозиция процесса работы составителя поездов при осаживании вагонов

№	Обозначение	Описание
<b>Перед началом производства работ</b>		
1.	P1	Получить задание на маневровую работу
2.	P2	Проверить надежность радиосвязи с машинистом маневрового локомотива, а также с лицом, распоряжающимся маневрами на станции или в данном районе станции
3.	P3	Доложить машинисту локомотива и причастных лиц о порядке выполнения маневров
4.	P4	Убедиться в нахождении на местах всех работников, причастных к выполнению маневров
5.	П1	Выяснить у ДСП количество вагонов на пути, наличии тормозных башмаков под вагонами, имеются ли на пути вагоны с грузами, требующими особой осторожности
6.	P5	При наличии на пути вагонов с грузами, требующими особой осторожности, проверить их сцепление и отсутствие препятствий для движения
7.	P6	Проверить установки рычагов автосцепок в нормальное положение
8.	РКД1	Передать указания машинисту о сцеплении с вагонами с подтверждением о восприятии
9.	P7	Снять тормозные башмаки
10.	P8	Опробовать тормоза
11.	P9	Соединить тормозные рукава
<b>Выполнение работ</b>		
12.	P10	Получить согласие ДСП на осаживание
13.	P11	Доклад ДСП о готовности к осаживанию
14.	P12	Передать машинисту перед началом движения показание маневрового светофора, № пути назначения, степень его занятости вагонами и свое местонахождение
15.	П2	Контроль показаний впереди расположенных светофоров
16.	РКД2	Передать показание впереди расположенного светофора с подтверждением о восприятии
17.	П3	Контроль заезда на путь назначения
18.	РКД3	Передать машинисту расстояние до впереди стоящих вагонов либо сигнального знака с подтверждением о восприятии
19.	P13	Доклад ДСП об окончании осаживания вагонов
<b>После окончания производства работ</b>		
20.	P14	Закрепление вагонов тормозными башмаками
21.	P15	Доклад ДСП о закреплении вагонов
22.	P16	Разъединение тормозных рукавов
23.	РКД4	Доклад машинисту о закреплении вагонов на пути и возможности отцепки маневрового локомотива с подтверждением о восприятии

На основе декомпозиции технологического процесса представленного в [5,6], сформирована функциональная сеть (рис.1), позволяющая в дальнейшем оценивать показатели эффективности, качества и надежности технологического процесса с использованием обобщенного структурного метода Губинского А.И.

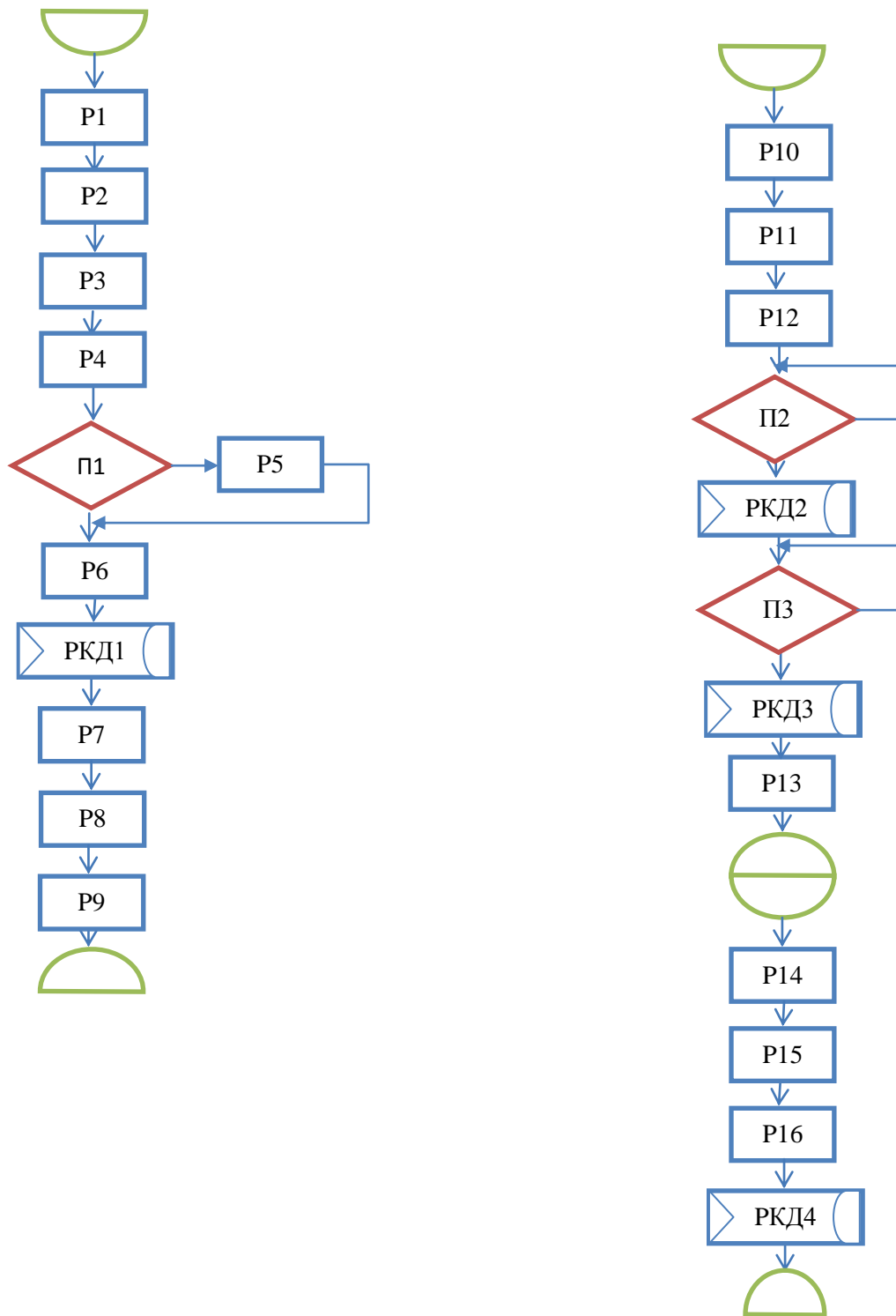


Рисунок 1 – Функциональная сеть процесса работы составителя поездов при осаживании вагонов

Затем, используя метод FMEA [2], произведем анализ процесса работы составителя поездов при осаживании вагонов на потенциальные несоответствия. Метод FMEA позволяет проанализировать технологический процесс на предмет наличия потенциальных дефектов и нарушений требований

охраны труда, оценить возможность их появления, а так же принять меры для недопущения или существенного снижения вероятности возникновения.

Результаты анализа представлены в таблице 2.

Экспертные оценки значимости –  $S$ , относительной частоты появления –  $O$  и относительной частоты обнаружения –  $D$  несоответствия в столбцах 6, 8, и 10 получены экспертным путем. Кроме того в оценки значимости  $S$ ,  $O$ ,  $D$  использовался метод социологического опроса, проведенный среди составителей поездов.

Следует обратить внимание, что для каждого вида дефектов возможно наличие нескольких потенциальных последствий. Следовательно, выбирается «наихудшее возможное для дефекта последствие» и устанавливается соответствующий балл « $S$ » в соответствии со Шкалой баллов значимости.

Балл возможности обнаружения дефекта (« $D$ ») устанавливается экспертно-интуитивным методом в соответствии с местными условиями структурного подразделения филиала ОАО «ФПК». Балл устанавливают в зависимости от сложности обнаружения и, соответственно, предотвращения дефекта (« $D$ »).

Балл возникновения (« $O$ ») определяется с помощью анализа частоты возникновения дефекта. Он изменяется от 1 для самых редко возникающих дефектов до 5 – для дефектов, возникающих с наивысшей зафиксированной частотой [8].

После получения экспертных оценок вычисляем приоритетное число риска ПЧР по формуле:

$$ПЧР = S \cdot O \cdot D \quad (1)$$

ПЧР сравниваем с принятым его предельным значением и в случае превышения, необходимо производить корректирующие мероприятия, направленные на доработку рассматриваемой системы или процесса.

Обычно, предельное значение ПЧР принимается равным 100. Тогда, в данном случае, наиболее рисковыми операциями технологического процесса будут:

- закрепление вагонов тормозными башмаками после полной остановки;
- доклад ДСП о закреплении вагонов;
- разъединение тормозных рукавов.

Поэтому, корректирующие мероприятия должны быть направлены, в первую очередь, на корректировку несоответствий по данным операциям.

Следует отметить, что данные подходы будут наиболее эффективны для вновь создаваемых или перерабатываемых технологических процессов, т.к. позволяют не только провести анализ проектируемого ТП на потенциальные несоответствия, но и сравнить его показатели эффективности, качества и надежности (ЭКН) с уже имеющимися аналогичными ТП, используя обобщенный структурный метод на основе функциональных сетей Губинского А.И. [7].

Таблица 2 – Анализ потенциальных несоответствий процесса работы составителя поездов при осаживании вагонов

№ п/п	Операция технологического процесса	Вид потенциального несоответствия	Последствие потенциального несоответствия	Балл S	Потенциальная причина(ы) или механизм(ы) несоответствия	Балл O	Первоначально предложенные меры по обнаружению несоответствия	Балл D	ПЧР
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Получить задание на маневровую работу	Неполучение задания на маневровую работу	Несвоевременное выполнение задания на маневровую работу	2	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ	2	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ	1	4
2.	Проверить надежность радиосвязи с машинистом маневрового локомотива, а также с лицом, распоряжающимся маневрами на станции или в данном районе станции	Не проверил надежность радиосвязи	Невозможность осуществления служебных переговоров, нарушение безопасности выполнения маневровых работ, травмирование работника	6	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ. Отказ имеющихся средств связи (станционной или мобильной).	3	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ. Проверка работоспособности имеющихся средств связи перед началом работ	2	36
3.	Доложить машинисту локомотива и причастных лиц о порядке выполнения маневров	Не проинформировал причастных лиц о порядке выполнения маневров, отсутствие связи с машинистом	Травмирование работника, нарушение безопасности выполнения маневровых работ	4	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ	2	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ.	2	16
4.	Убедиться в нахождении на местах всех работников, причастных к выполнению маневров	Не убедился в нахождении на местах всех работников, причастных к выполнению маневров	Нарушение безопасности движения поездов, травмирование работника	4	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ	4	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ	3	48
5.	Выяснить у ДСП количество вагонов на пути, наличие тормозных башмаков под вагонами,	Не выяснил у ДСП информацию о количестве вагонов на пути, наличии	Нарушение безопасности движения поездов, травмирование работника	3	Выполнение ДСП более приоритетной операции . Нарушение	3	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ.	3	27



	имеются ли на пути вагоны с грузами, требующими особой осторожности. При наличии на пути вагонов с грузами, требующими особой осторожности, проход для убеждения в их сцеплении и в отсутствии препятствий для движения	тормозных башмаков под вагонами, имеются ли на пути вагоны с грузами, требующими особой осторожности. Не прошел с целью убеждения в сцеплении вагонов с грузами и отсутствия препятствий для движения			технологии по безопасному выполнению работ		Ожидание доступности ДСП.		
6.	Проверить установку рычагов автосцепок в нормальное положение	Не проверил установку рычагов автосцепок в нормальное положение	Нарушение безопасности движения поездов	2	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ.	5	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ	9	90
7.	Передать указания машинисту о сцеплении с вагонами с получением подтверждения о восприятии	Не передал указание машинисту о сцеплении с вагонами. Не получил подтверждение от машиниста о восприятии	Неточное и несвоевременное выполнение маневровой работы	5	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ. Нарушение регламента переговоров	6	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ	3	90
8.	Соединить тормозные рукава	Не соединил тормозные рукава	Нарушение безопасности выполнения маневровых работ, травмирование работника	3	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ.	4	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ	3	36
9.	Снять тормозные башмаки	Не снял тормозные башмаки	Нарушение безопасности движения поездов, травмирование работника	10	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ	4	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ	1	40
10.	Опробовать тормоза	Не опробовал тормоза	Нарушение безопасности движения поездов, травмирование работника	10	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ	4	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ	1	40

11.	Доложить ДСП о готовности к осаживанию	Не доложил о готовности к осаживанию	Неточное и несвоевременное выполнение маневровой работы	5	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ	5	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ.	1	25
12.	Получить согласие ДСП на осаживание	Проведение несогласованных работ	Нарушение безопасности движения поездов, травмирование работника	8	Выполнение ДСП более приоритетной операции. Нарушение технологии по безопасному выполнению работ	4	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ. Ожидание доступности ДСП.	2	64
13.	Передать машинисту показание маневрового светофора, № пути назначения, степень его занятости вагонами и свое местонахождение	Не передал показание маневрового светофора, № пути назначения, степень его занятости вагонами и свое местонахождение	Нарушение безопасности движения поездов, травмирование работника	6	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ	5	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ.	2	60
14.	Сообщить машинисту показание следующего маневрового светофора после проезда головной состава каждого маневрового светофора с получением подтверждения о восприятии	Не сообщил после проезда маневрового светофора показание следующего. Не получил подтверждение от машиниста о восприятии	Нарушение безопасности движения поездов, травмирование работника	7	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ. Нарушение регламента переговоров	4	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ.	2	56
15.	Сообщить машинисту о заезде на путь назначения и о расстоянии до вагонов с получением подтверждения о восприятии	Отсутствие связи с машинистом, не сообщил машинисту о заезде на путь назначения. Не получил подтверждение от машиниста о восприятии	Нарушение безопасности движения поездов, травмирование работника	8	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ. Нарушение регламента переговоров	3	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ.	3	72
16.	При приближении к стоящим вагонам (сигнальному знаку)	Не сообщил машинисту остающееся расстояние до стоящих вагонов	Нарушение безопасности движения поездов, травмирование	7	Нарушение технологии по безопасному	2	Проведение технической учёбы по безопасному	3	42

	сообщить машинисту остающееся расстояние до них, не допуская выхода состава за границу пути с получением подтверждения о восприятии	(предельного столбика). Допустил выход состава за границу пути. Не получил подтверждение от машиниста о восприятии	работника		выполнению работ. Нарушение регламента переговоров		выполнению работ.		
17.	Доклад ДСП об окончании осаживания вагонов	Не доложил об окончании осаживания	Нарушение безопасности движения поездов	4	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ.	5	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ.	2	40
18.	Закрепление вагонов тормозными башмаками после полной остановки	Не закрепил вагоны после остановки тормозными башмаками, закрепление меньшим количеством тормозных башмаков, подкладывание тормозных башмаков при неполной остановке	Нарушение безопасности движения поездов, травмирование работника	10	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ	5	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ	6	300
19.	Доклад ДСП о закреплении вагонов	Не доложил о закреплении вагонов	Нарушение безопасности движения поездов	6	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ	5	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ	4	120
20.	Разъединение тормозных рукавов	Неразъединение тормозных рукавов	Нарушение безопасности движения поездов, травмирование работника	3	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ.	6	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ	10	180
21.	Доклад машинисту о закреплении вагонов на пути и возможности отцепки маневрового локомотива с получением подтверждения о восприятии	Не сообщил машинисту о закреплении вагонов. Не получил подтверждение от машиниста о восприятии	Нарушение безопасности движения поездов, травмирование работника	3	Нарушение технологии по безопасному выполнению работ. Нарушение регламента переговоров	4	Проведение технической учёбы по безопасному выполнению работ.	2	24

## Литература

1. Апатцев В.И. Показатели оценки качества технологических процессов работы железнодорожных станций. Наука и техника транспорта. М.: МИИТ 2013. №3.
2. Аксенов В.А., Завьялов А.М. Пути повышения эффективности содержания объектов инфраструктуры железных дорог. Известия Транссиба, Омск. – 2013. – №2. – С. 113-117.
3. Аксенов В.А., Завьялов А.М., Завьялова Ю.В., Синякина И.Н., Тарадин Н.А. Анализ потенциальных несоответствий в технологических процессах на железнодорожном транспорте. Наука и техника транспорта. М.: МИИТ 2015. №1.
4. Завьялов А.М., Неваров П.А. Пути повышения качества эксплуатации объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта. Наука и техника транспорта. М.: МИИТ 2015. №2.
5. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железнодорожном транспорте Российской Федерации. Приложение №8 к Правилам технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Приложение к приказу Минтранса России от 04.06.2012 № 162.
6. Инструкция составителю поездов и помощнику составителя поездов, утверждена Распоряжением ОАО РЖД 30.09.2014 №2291.
7. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник / Под общ. ред. А.И. Губинского, В.Г. Евграфова. М.: Машиностроение, 1993. – 528 с.
8. Методика оценки риска при выполнении технологических операций ремонта и технического обслуживания вагонов в структурных подразделениях филиалов ОАО «ФПК»

П.В. Черашев

### ОБЩИЙ ФОРМАТ ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СУТОЧНОГО ПЛАН-ГРАФИКА СТАНЦИИ

(ООО "Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог" (ООО "НТЦ ЭЖД"), [cherashev.pv@zdtech.ru](mailto:cherashev.pv@zdtech.ru))

Многообразие средств моделирования работы станции в сочетании с повышением роли интеллектуальных управляющих систем приводит к актуальности унификации форматов хранения данных. Работа посвящена анализу некоторых аспектов, связанных с выработкой нового формата хранения информации для построения суточного плана-графика работы станции.

*Переход к формату SVG.*

Известно, что использование внутренних форматов каких-либо программных средств сильно ограничивает возможности его дальнейшего воспроизведения, и пользователь оказывается привязанным к конкретному программному

обеспечению. Это касается любого типа документов, в том числе и графических схем. Конечно, для воспроизведения графических схем можно использовать любой растровый формат изображений, но это накладывает ограничение на возможности редактирования и качество, и в результате опять приходится возвращаться к исходному формату.

SVG имеет такие преимущества, как масштабирование без потери качества, малый размер, поддержка такими распространенными редакторами, как Visio, Inkspace и т.п., что оставляет возможность редактирования графика после его генерации, и избавляет пользователя от необходимости использования какого-то одного конкретного приложения.

Генерация графика в таком формате требует и специальной структуры исходных данных.

#### *Классификация операций и ресурсов.*

Одни и те же операции могут по-разному отображаться на различных ресурсах. Для решения этой задачи необходимо ввести классификацию операций и расширить существующую классификацию ресурсов.

Каждая операция может относиться к одному из 3-х больших классов – простому, бункерному или классу нитей. Бункерные операции включают в себя операции накопления вагонов и местной работы, класс нитей – операции прибытия и отправления поездов, к простым операциям относятся все остальные.

Одна и та же операция может иметь различное представление на различных классах ресурсов. Ресурсы так же делятся на 3 класса – стрелки, перегоны и пути. В дополнении к ним, необходимо так же добавить класс локомотивов, для отображения суммарного накопления (простоя) локомотивов на станции, бункерный класс – для отображения суммарного накопления вагонов на станции, класс поездных локомотивов – для отображения суммарного накопления (простоя) поездных локомотивов на станции. Графически, от класса ресурса может зависеть его цвет. Выделив новые классы операций, очень просто добавить новый класс ресурса и отразить его на схеме.

#### *Описание модели операций и ресурсов.*

Каждый из 3-х классов операций имеют свои особенности, но у них имеется общая структура. Каждый класс содержит время начала, время окончания операции, время задержки начала и описание операции, а также информацию, описывающую стиль фигуры операции. Дополнительно к этому модель операции должна содержать ссылку на номер группы и номер блока пересечения, в котором находится данная операция. Отличие бункерных операций в наличии параметра количества бункерных элементов и информация о них, а также в отсутствии параметра задержки начала операции. Классы нитей дополнительно хранят номер нити.

Модель ресурса предоставляет возможность хранить различные типы операций отдельно. Таким образом, можно отделить бункерные операции от всех остальных.

#### *Описание технологических цепочек.*

Особенность *SVG* в возможности добавлять анимацию. Таким образом, хранимая информация о принадлежности операций к той или иной группе отразить это и в *SVG* - файле.

#### *Параллельные операции.*

В связи с тем, что на графике возможно отображение параллельных операций, то для того, чтобы фигуры этих операций не пересекались необходимо разделить их на группы. В пределах одной группы операции не пересекаются. Группы объединяются в блоки пересечений. Блоком пересечения называется структура данных, состоящая из одной или нескольких групп. В пределах одного блока для каждой операций из любой группы найдется параллельная операция из любой другой группы блока, если групп в блоке больше одной. Операции из различных блоков параллельными быть не могут. Каждая группа в блоке должна знать свою позицию (сверху-вниз).

#### *Описание способа отображения фигур операций.*

Так как *SVG* является гибким и легко редактируемым форматом изображения, то при генерации файла по одним и тем же исходным данным можно выбрать способ компоновки фигур на графике. Мы имеем возможность выбирать компоновать ли операции в блоки пересечений и отображать их параллельно или накладывать фигуры друг на друга, выбирать различные представления одной и той же операции, учитывать ли время задержки при группировке операций, объединять операции по технологическим схемам и анимировать каждую группу отдельно.

#### *Вывод*

Таким образом, мы имеем гибкий формат изображения, воспроизводимый на большинстве устройствах, не требующий узкоспециализированного программного обеспечения и простой в редактировании, для формирования которого требуется небольшой объем исходных данных, который также при желании можно конвертировать в форматы PDF, PNG и другие растровые изображения.

Стандарт данного формата постоянно развивается, и будущие изменения только расширят возможности использования этой графики.

### Литература

- 1.SVG Tutorial [Текст] / Oxford Brookes University, World Wide Web Consortium; авторы David Duce, Ivan Herman, Bob Hopgood.
- 2.SVG Tutorial [Электронный ресурс] / Mozilla Developer Network.
- 3.Learn SVG: The Web Graphics Standard [Текст] / авторы Jon Frost, Stefan Goessner, Michel Hirtzler.
- 4.Разработка суточного плана-графика [Электронный ресурс].

К.А.Шалов, Р.Х.Таждинов, М.А.Вуколова, Ю.С.Петрушина

К ВОПРОСУ ОБ ОБСЛЕДОВАНИИ ПАССАЖИРОПОТОКОВ НА  
ПРИГОРОДНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ  
(ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет путей сообщения  
(РОАТ МИИТ)»)

В настоящее время чрезвычайно важно оценивать уровень использования транспортной мощности, так как в условиях кризиса необходима тотальная рационализация расходов. Особенно справедливы эти соображения считаются для пригородного движения в Московском железнодорожном узле, выполняющем свыше 70% пригородного пассажирооборота сети. Между тем, методы оценки населенности в пригородном сообщении остаются на уровне развития 1970-х годов: это расчет по данным форм ЦО-22, оценочный подсчет по выходу и входу из электропоезда и пр.

Сегодня в транспортных системах все чаще, наряду с приемами планирования эксперимента [1], применяются технологии машинного обучения, которые позволяют принимать оперативные регулировочные решения исходя из реальной истории развития транспортных процессов. Для того, чтобы построить такую историю относительно населенности поездов, нами было проведено экспериментальное исследование, при котором в каждом вагоне электропоезда были размещены датчики движения Easylux RC280i (в каждом тамбуре).

Принцип работы датчиков основан на отслеживании уровня ИК-излучения в поле зрения датчика (как правило, пироэлектрического). Сигнал на выходе датчика монотонно зависит от уровня ИК излучения, усредненного по полю зрения датчика. При появлении человека (или другого массивного объекта с температурой большей, чем температура фона) на выходе пироэлектрического датчика повышается напряжение. Для того чтобы определить, движется ли объект, в датчике используется оптическая система — линза Френеля. Иногда вместо линзы Френеля используется система вогнутых сегментных зеркал. Сегменты оптической системы (линзы или зеркала) фокусируют ИК-излучение на пироэлементе, выдающем при этом электроимпульс. По мере перемещения источника ИК-излучения, оно улавливается и фокусируется разными сегментами оптической системы, что формирует несколько последовательных импульсов. В зависимости от установки чувствительности датчика, для выдачи итогового сигнала на пироэлемент датчика должно поступить 2 или 3 импульса.

Возможный вариант – фиксация датчиков движения в выбранных местах пригородных платформ.

На рис.1 приведена диаграмма населенности вагонов.

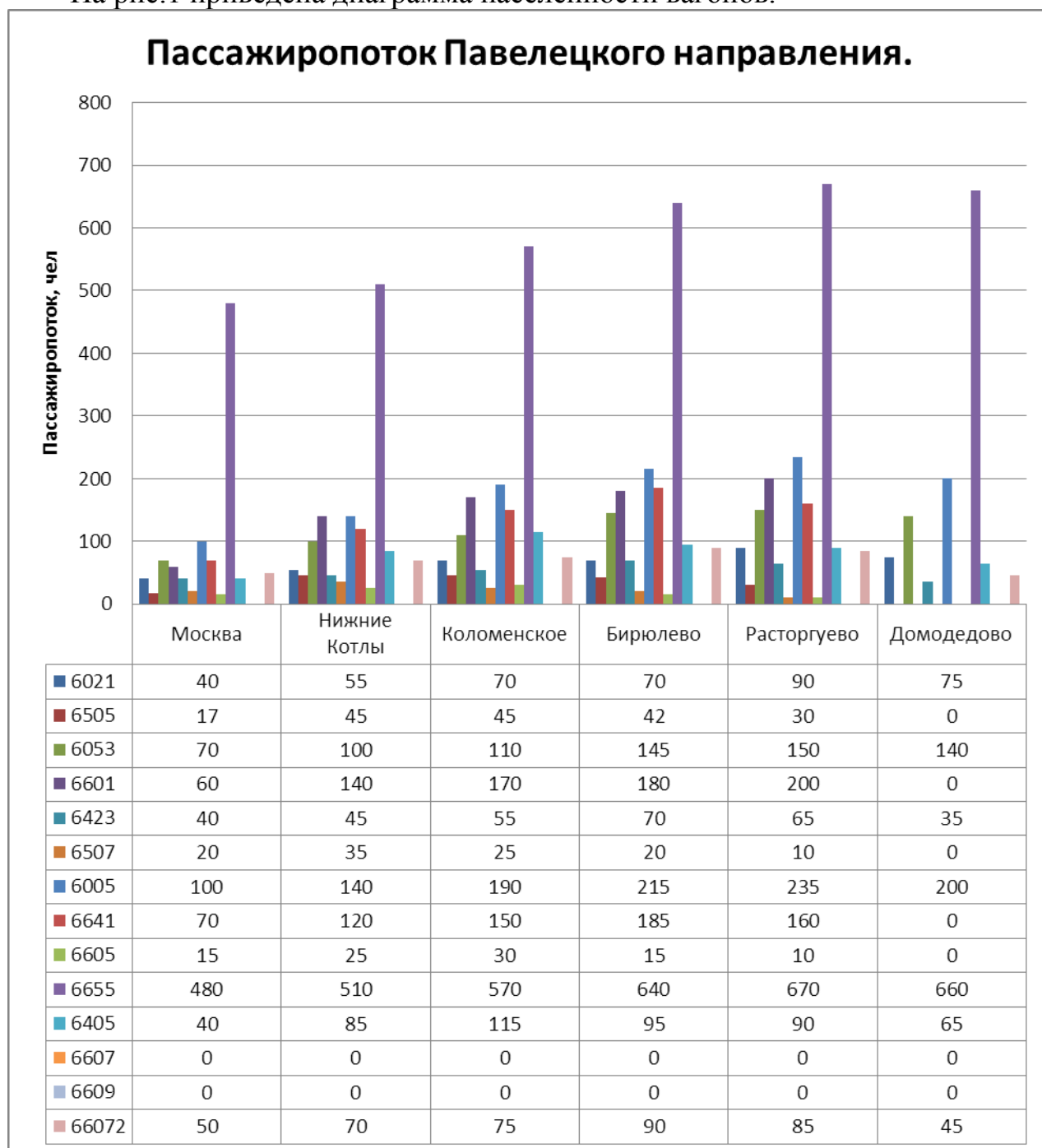


Рис.1 – Один из примеров обработки результатов наблюдения

После сбора данных о населенности вагонов с помощью подобных датчиков в распоряжении аналитиков появляется база данных с указанием направлений, даты, дней недели, времени суток, полигона или станции для конкретного электропоезда. Помимо детализации выборки, которая иногда требуется для принятия решений об отмене/назначении пригородного поезда, можно построить искусственную нейронную сеть, которая будет предсказывать ожидаемое значение населенности



вагонов и решение будет приниматься на основе интеллектуальных прогнозов с реальной историей, а не статистических предположений.

### Список литературы

1. В.Бродский. Введение в факторное планирование эксперимента. – М.: Наука, 1976. – 224 с.
2. А.А.Авдовский, К.А.Бадаев, К.А.Белов, В.А.Кудрявцев. Организация железнодорожных пассажирских перевозок. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 256 с.

А.А. Шатохин, С.Ю. Елисеев

## КАК СОКРАТИТЬ ОЖИДАНИЕ ПОГРУЗКИ ГРУЗОВЫМИ ВАГОНАМИ?

(ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет путей сообщения (РОАТ МИИТ)»)

В настоящее время система управления железнодорожным транспортом перешла от плановой экономики, при которой необходимо было выполнить гарантированный объём перевозок минимальными затратами, к рыночной, когда появилась конкуренция за перевозки с другими видами транспорта, а эффективность работы компании стала оцениваться, главным образом, размером полученной прибыли.

Данные изменения существенно отразились на эффективности использования грузового подвижного состава. Например, по итогам сетевого совещания от 19-20 февраля 2015 г. в г. Тюмени на тему «Современные методы управления вагонными парками» отмечено, что в 2014 году ежедневно около 340 тыс. вагонов, находящихся на путях общего пользования сети ОАО «РЖД» было невостребованным. При этом большая часть этих вагонов находилась в рабочем парке и простаивала в ожидании погрузки. До формирования рынка операторских услуг подобного простоя вагонов в ожидании погрузки не было.

Согласно статистике, средняя продолжительность порожнего рейса составляет 3,5 суток. При перевозках экспортных грузов это время существенно больше. Поэтому в момент направления вагона на станцию погрузки невозможно знать точное количество требуемых под погрузку вагонов и время их прибытия. Для гарантированного обеспечения погрузки операторы вынуждены создавать динамические резервы (страховой запас) из порожних вагонов в местах погрузки. При этом, чем сильнее фактор неопределенности, тем большее количество вагонов необходимо держать в динамическом резерве.

Резерв вагонов в местах погрузки можно разделить на две категории:

Динамический (страховой) – позволяющий гарантировать бесперебойное обеспечение погрузки при колебаниях объема погрузки и количества прибывших вагонов;

неликвидный – вагоны, неиспользуемые длительное время.

Наличие динамического резерва позволяет обеспечить погрузку при образовании суточного дефицита вагонов. Невостребованный резерв (неликвидный) приводит к неоправданно большому простоя вагонов в ожидании погрузки. Наличие неликвидного резерва крайне нежелательно, т.к. это приводит к снижению среднесуточной доходности вагона и создает сложности для работы станции.

Большинство операторов подвижного состава и грузоотправителей для гарантированного обеспечения погрузки вынуждены формировать динамические резервы порожних вагонов. Однако нужно понимать, что, несмотря на необходимость наличия резерва, это не что иное, как непроизводительный простой вагонов в ожидании погрузки. Оплачивает этот простой, в конечном итоге, грузовладелец. А следовательно, сокращение динамических резервов вагонов позволит снизить долю транспортной составляющей в себестоимости конечной продукции, повысить её конкурентоспособность.

Возможны различные способы снижения фактора неопределенности, влияющего на размер динамического резерва. Например, повышение технологической дисциплины, совершенствование технологии работы железных дорог, оказание услуги доставки вагонов «Точно в срок». Это длительный, трудоемкий и дорогостоящий процесс. При этом они ни как не влияют на неопределенность, связанную с изменениями объемов погрузки после направления порожних вагонов.

Возможно использование опорных станций в регионах погрузки для оперативного перераспределения порожних вагонопотоков. Такой подход позволит значительно или полностью сократить динамические резервы. Но в этом случае стоимость порожнего рейса увеличивается, т.к. тариф одного общего порожнего рейса меньше, чем тариф двух порожних, из которых он состоит. Да еще и сама операция переадресовки порожнего вагона платная. В результате использование такой схемы для обеспечения погрузки, как правило, становится экономически не целесообразным.

Например, на маршруте Санкт-Петербург – Кемерово использование переадресовки по станции Новосибирск повышает стоимость порожнего рейса на 17,1 тыс. руб., что эквивалентно почти 1 месяцу непроизводительного простоя вагона.

Остается еще возможность повышения стабильности вагонопотоков за счет их консолидации с несколькими операторами. Часто в обеспечении погрузки станции принимает участие сразу несколько операторов. При этом они подводят порожние вагоны и формируют динамические резервы (страховые запасы) независимо друг от друга. Это приводит к разделению общего порожнего вагонопотока на несколько более мелких.

На стабильность вагонопотока существенно влияет количество отправок в его составе. Моделирование корреспонденции вагонопотока, состоящих из 1, 10 и 100 повагонных отправок показывает существенное снижение относительных колебаний количества ежедневно прибывающих вагонов на станцию назначения.

Согласно теории управления запасами оптимальный темп роста запасов равен корню квадратному от темпа роста спроса.

Используя данную зависимость с учетом специфики управления парком вагонов, можно определить размеры динамических резервов и сделать оценку о влиянии раздробленности парка вагонов на их непроизводительный простой.

Например, если при среднесуточной погрузке 16 вагонов вместо одного оператора заказывать вагоны у 4-х в равных долях, то средний простой вагонов в динамическом резерве увеличится в 2 раза.

Интересен анализ опыта работы зарубежных железных дорог. Например, на дорогах США размер парка вагонов сопоставим с парком вагонов на железных дорогах РФ. При этом нет какой-либо доминирующей компании.

Грузоотправитель Северной Америки имеет возможность заказать перевозки в любой компании. Но за счет вертикально интегрированной системы управления погрузка одного клиента и, как правило, одной станции обеспечивается вагонами 1-2 компаний. Это позволяет существенно сократить размеры динамических резервов парка вагонов.

На европейских железных дорогах, где система управления железнодорожными перевозками схожа с системой управления в РФ, большая часть парка вагонов принадлежит доминирующей компании, имеющей до 70-80% от общего парка вагонов. Что также создает предпосылки для сокращения динамических резервов на станциях погрузки.

Таким образом, учитывая структуру управления железнодорожным транспортом на дорогах РФ, консолидация парка вагонов одного рода под единым управлением - один из эффективных методов повышения производительности работы парка грузовых вагонов.

#### Список литературы

1. Елисеев С.Ю., Шатохин А.А. Основные рыночные факторы, влияющие на эффективность использования вагонов // Логистика сегодня. – М. 2015. - № 1. – с.14-19.
2. Управление запасами: учебное пособие / Г.Л. Бродецкий. – М.: ЭКСМО, 2008. – 352с. – (полный курс МВА).
3. Управление запасами в цепях поставок: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 430.с – (Высшее образование)
4. Елисеев С.Ю., Шатохин А.А. Логистические принципы эффективного взаимодействия операторов подвижного состава и грузовладельцев // Железнодорожный транспорт. - М. 2015. - № 10. - с.30-33.
5. RAILROAD FACTS (2012 г.) (Отчет по работе американских железных дорог за 2011 г.) 87 с.

*Научное издание*

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ НА ТРАНСПОРТЕ И В  
ЛОГИСТИКЕ

Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции

Ответственные за выпуск Г.М.Биленко, А.М.Ольшанский, А.А.Шатохин

Статьи печатаются в авторской редакции

Тип. заказ

Тираж 100 экз.

Подписано в печать 2016

Гарнитура Times New Roman

Формат 60x90 1/16

Усл. печ. л.

Информационно-издательский отдел  
Информационно-методическое управление РОАТ  
123993, Москва, Часовая ул., 22/2