

Выпуск 1 (256)

# ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ И ТЕХНОЛОГИИ



Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Уральский государственный университет путей сообщения

Выпуск 1 (256)

# **ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ И ТЕХНОЛОГИИ**

## **RAILWAY TRANSPORT AND TECHNOLOGIES**

Сборник трудов  
Международной научно-практической конференции  
(Екатеринбург, 29–30 ноября 2023 года)

Екатеринбург  
УрГУПС  
2024

УДК 656.2  
Ж51

**Железнодорожный транспорт и технологии** : сборник трудов Международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 29–30 ноября 2023 года) / под науч. ред. С. В. Бушуева, канд. техн. наук ; отв. за выпуск В. В. Макаров. – Екатеринбург : УрГУПС, 2024. – Вып. 1 (256). – 531, [1] с.

ISBN 978-5-94614-556-5

Сборник включает наиболее значимые труды участников Международной научно-практической конференции «Железнодорожный транспорт и технологии (РТТ-2023)», организованной ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» 29–30 ноября 2023 года, Екатеринбург.

В материалах большое значение придаётся вопросам транспортного машиностроения и эксплуатации железнодорожного транспорта в современных условиях, а также направлениям его совершенствования и развития.

Материалы сборника будут интересны всем заинтересованным исследователям в области машиностроения, логистики, организации производства, а также практикам транспортной отрасли народного хозяйства, аспирантам и магистрантам вузов, специалистам ОАО «РЖД» и железных дорог промышленного транспорта.

The conference proceedings provide a comprehensive collection of research papers presented at International Scientific and Practical Conference «Railway Transport and Technologies», which took place on November 29–30, 2023 at Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg.

The papers attach great importance to issues of transport engineering and operation of railway transport in modern conditions, as well as its improvement and development.

The conference proceedings will be interesting to all interested researchers in the mechanical engineering, logistics, production organization field, as well as practitioners of the transport, students of universities, Russian Railways and industrial railways specialists .

УДК 656.2

*Опубликовано по решению редакционно-издательского совета УрГУПС*

*Рецензенты:*

*Б. М. Готлиб*, д-р техн. наук, Уральский государственный университет путей сообщения  
*Н. Ф. Сирина*, д-р техн. наук, Уральский государственный университет путей сообщения

*Редколлегия:*

*К. М. Колясов*, канд. техн. наук, *Н. О. Фролов*, канд. техн. наук, *А. А. Ковалев*, канд. техн. наук, *Б. В. Рожкин*, канд. техн. наук, *И. Л. Парахненко*, канд. техн. наук, *Л. Б. Гилев*, канд. техн. наук, *Д. Г. Неволин*, д-р техн. наук, *С. В. Рачек*, д-р эконом. наук, *Е. Н. Тимухина*, д-р техн. наук, *Л. В. Гашкова*, канд. эконом. наук, *Ю. Е. Жужгова*, канд. техн. наук, *А. В. Мартыненко*, канд. физ.-мат. наук, *В. С. Тарасян*, канд. физ.-мат. наук, *И. И. Гаврилин*, канд. биолог. наук, *Н. А. Александрова*, канд. философ. наук, *Т. Б. Марущак*, канд. эконом. наук, *Л. Э. Гончарь*, канд. физ.-мат. наук

ISBN 978-5-94614-556-5

© Оформление. Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), 2024

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ВАГОНОВ, БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	11
<i>М. М. Савельев, Е. В. Андросов, И. А. Егоров, В. В. Жавыркин.</i> Модернизация главных рам специального подвижного состава: современные проблемы и вызовы .....	11
<i>И. Ш. Элязов.</i> Совершенствование структуры вагонного парка .....	17
<i>Е. А. Ларченко, В. В. Степанов.</i> Оптимизация транспортно-логистических процессов ремонта грузовых вагонов .....	20
<i>С. В. Трескин.</i> Способы предотвращения выпадения тормозных чек из колодок и башмаков тормозной рычажной передачи при разгрузке грузовых вагонов с помощью вагоноопрокидывателей .....	28
<i>С. В. Трескин.</i> Применение дисковых тормозов в конструкции скоростного и высокоскоростного подвижного состава железнодорожного транспорта .....	31
<b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ, СИСТЕМЫ РЕМОНТА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ И ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ</b> .....	35
<i>С. Г. Истомин, К. В. Богунов.</i> Разработка устройства онлайн-обновления электронных карт систем безопасности КЛУБ и БЛОК на локомотивах .....	35
<i>Т. Д. Семенов.</i> Применение импульсных преобразователей напряжения на электроподвижном составе (ЭПС) постоянного тока .....	40
<i>К. И. Доманов, И. Б. Остроухов.</i> Модернизация эксплуатируемого моторвагонного подвижного состава с целью повышения его энергоэффективности .....	44
<i>С. Г. Истомин.</i> Систематизация нормативно-технической документации ОАО «РЖД» по повышению энергоэффективности тяги поездов .....	48
<i>С. В. Живушко, Е.А. Третьяков.</i> Повышение надежности тяговых электрических двигателей за счет применения электроосмотической сушки в сервисных депо в период низких температур .....	50
<i>В. Д. Контеев, Д. Л. Худояров, О. И. Ветлугина.</i> Развитие удаленной диагностики и мониторинга технического состояния новых серий локомотивов .....	53
<i>А. Г. Русаков, И. С. Цихалевский.</i> Повышение эффективности управления техническим состоянием локомотивов за счет автоматизации производственных процессов .....	57
<b>СОВРЕМЕННЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ</b> .....	62
<i>Е. П. Никитина.</i> Расширение использования элегаза – путь модернизации электроснабжения транспорта .....	62
<i>Ю. А. Кочунов.</i> Нормативные документы для применения изоляционно-поддерживающих конструкций ВЛ 6-10 кВ, выполненных из полимерных композитных материалов .....	66
<i>С. А. Чебаков, А. А. Ковалев.</i> Анализ влияния электрических параметров сети на промышленное оборудование предприятий нетягового электроснабжения .....	71
<i>А. А. Повод, А. А. Ковалев.</i> Классификация типов сопряжений анкерных участков контактной сети .....	75

<i>М. А. Андреева.</i> Влияние факторов макросреды на энергоэффективность железнодорожных предприятий . . . . .	79
<i>В. И. Чарыков, Д. В. Смоленцев.</i> Возможность применения устройства защиты на электрифицированных железных дорогах . . . . .	82
<i>Е. А. Третьяков, И. Н. Денисов.</i> Оценка влияния электротяговых нагрузок на параметры режима системы тягового электроснабжения . . . . .	85
<i>А. В. Паранин, В. А. Третьяков, Е. Д. Харьковская, П. И. Смолин.</i> Алгоритм обработки результатов расчета обратной тяговой сети для всего графика движения поездов . . . . .	90
<i>К. А. Лысов, А. А. Ковалев.</i> Исследование влияния пропуска тяжеловесных поездов на износ оборудования тяговой подстанции . . . . .	95
<i>Н. А. Исайчева, М. В. Башаркин.</i> Анализ БПЛА для тепловизионного контроля объектов тяговой сети . . . . .	98

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ . . . . . 101**

<i>И. Н. Максимова.</i> Анализ эффективности разных форм проведения лекционных занятий на примере дисциплины «Электропитание устройств автоматики, телемеханики и связи» . . . . .	101
<i>Д. С. Плотников, И. Н. Максимова.</i> Моделирование системы многоканальной связи с временным разделением каналов при помощи программного пакета MatLAB Simulink . . . . .	104
<i>М. Н. Катаев.</i> Современные устройства, повышающие безопасность движения на железнодорожных переездах России . . . . .	109
<i>А. А. Леонтьева.</i> Разработка контакт-центра для контейнерных площадок на базе инфокоммуникационных систем . . . . .	111
<i>В. Л. Незевак, А. П. Шатохин.</i> Повышение эффективности рекуперативного торможения при интервальном регулировании движения поездов . . . . .	114
<i>А. Н. Попов, Д. С. Романенко.</i> Возможности организации единого цифрового радиоканала на существующей инфраструктуре сети железных дорог . . . . .	117
<i>А. А. Косенок, В. А. Канарский.</i> Цифровой двойник стрелочного электропривода . . . . .	120
<i>М. А. Иванов, Д. А. Понявин.</i> Применение технологий технического зрения в проектах по развитию инфраструктуры железнодорожного транспорта . . . . .	124
<i>А. Б. Никитин, С. В. Бушуев, К. В. Гундырев, Д. В. Копытов, И. В. Швырев.</i> Роль современных систем железнодорожной автоматики и телемеханики в развитии полигонных технологий управления движением поездов . . . . .	128

**СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА . . . . . 134**

<i>В. И. Коннов, О. В. Благоразумова, В. А. Лемехова.</i> Физические процессы в насыпях при их промерзании . . . . .	134
<i>А. А. Платунов, С. Г. Аккерман.</i> Технологии цифрового моделирования объектов железнодорожной инфраструктуры с применением беспилотных воздушных судов . . . . .	137
<i>А. А. Конюхова.</i> Выбор местоположения парка отстоя на углепогрузочной станции . . . . .	140
<i>В. О. Шарова.</i> Выявление причин деградационных процессов при оценке геометрии рельсовой колеи . . . . .	145

<i>В. О. Певзнер, И. Б. Петропавловская, Р. А. Баронайте, Т. И. Громова, В. О. Шарова.</i> Работа пути на участках обращения локомотивов с асинхронными двигателями . . . . .	148
<i>В. М. Прохоров, К. В. Шанетько.</i> Развитие цифровых технологий в путевом комплексе . . . . .	151
<i>А. В. Чонка.</i> Расчет параметров бикадионных кривых . . . . .	155
<i>Д. О. Туманов, Д. А. Ковенькин.</i> Анализ возможности применения материала на основе золошлаковых отходов для усиления основания земляного полотна . . . . .	160
<i>А. Ю. Слостенин, В. В. Третьяков.</i> Динамика колебаний подвижного состава от «головы» к «хвосту» . . . . .	164
<i>С. Р. Рогожина.</i> Методологические подходы к взаимодействию элементов в сетевых организационных структурах . . . . .	168
<b>ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ</b> . . . . .	174
<i>Н. С. Быстров.</i> Моделирование начальных несовершенств в строительных конструкциях . . . . .	174
<i>С. Е. Гобов.</i> Обзор современных подходов проектирования и строительства арочных мостов с применением трубобетона . . . . .	179
<i>Д. В. Комардин.</i> Анализ динамических воздействий от подвижной нагрузки на водопропускные трубы и арочные конструкции грунтозасыпных мостов . . . . .	182
<i>А. Н. Алехин, И. Е. Пенкина.</i> О характеристиках жесткости грунтов основания . . . . .	185
<i>А. Н. Алехин.</i> Об особенностях проектирования буровых свай . . . . .	187
<i>Л. Б. Гилев, О. С. Горнева, И. Г. Горда.</i> Критерии оценки качества «зеленого» строительства . . . . .	189
<b>ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ</b> . . . . .	194
<i>И. В. Еремина, С. С. Иванов.</i> Транспортное обеспечение инвестиционной привлекательности особых экономических зон . . . . .	194
<i>О. Л. Домнина.</i> Анализ тенденций развития транспорта России и выявление основных его проблем . . . . .	197
<i>К. Е. Степанов.</i> Тенденции развития национальной и региональной экономики железнодорожной отрасли РФ . . . . .	200
<i>А. С. Озеров, Д. С. Фисенко.</i> Замена штатного освещения железнодорожной станции на устройства автоматического освещения . . . . .	203
<i>М. А. Ромашева, М. О. Северова.</i> Совершенствование механизмов управления затратами инфраструктуры в рамках устойчивого развития транспортной отрасли . . . . .	205
<i>В. В. Биргалин.</i> Наставничество как элемент системы развития персонала в компании . . . . .	209
<i>Л. В. Кушнарева.</i> Эмоциональное выгорание как фактор, влияющий на оценку качества трудовой жизни . . . . .	211
<i>Т. А. Булохова, В. Э. Каутиц.</i> Критический анализ и предложения по расчету производительности труда на предприятиях железнодорожного транспорта . . . . .	215
<i>С. В. Рачек, В. Ю. Гневашев, О. С. Мамдеева.</i> Повышение экономической эффективности работы путевого комплекса . . . . .	220
<i>В. А. Кокшаров, А. С. Кольшев.</i> Динамическая оценка энергопотребления грузовых перевозок на железнодорожном транспорте . . . . .	224

*Н. И. Внуковский.* Роль цифровой трансформации в развитии транспортной отрасли в условиях повышенной неопределенности . . . . . 228

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ В ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА, ЛОГИСТИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ НА ТРАНСПОРТЕ . . . . . 232**

*Е. П. Никитина.* Рекомендации для повышения качества обучения техническим дисциплинам . . . . . 232

*В. Б. Ишмуратов.* Критерии оценки систем позиционирования железнодорожного подвижного состава на промышленном транспорте . . . . . 236

*Е. А. Андреева.* Организационно-технологические решения в области цифровизации пассажирских перевозок . . . . . 240

*А. А. Климов.* Расчет вероятностей останова отцепов в сортировочном парке до точки прицеливания . . . . . 243

*Н. И. Осипов.* Имитационное моделирование для оценки эффективности интервального регулирования движения поездов как мера противодействия волновому эффекту . . . . . 248

*А. А. Арбузова.* Особенности функционального взаимодействия оперативных работников системы приема и расформирования поездов на сортировочных станциях . . . . . 253

*А. А. Кайгородцев, А. Н. Рахмангулов.* Выбор конфигурации цепей поставок на основе комбинации имитационного моделирования и методов многокритериального оценивания . . . 256

*М. М. Алаев, Р. Р. Гусейнов, Т. И. Каширцева.* Современные тенденции перевозки ТКО железнодорожным транспортом . . . . . 261

*П. Н. Мишуров, А. Н. Рахмангулов, С. Н. Корнилов.* Организация управления логистическими транспортными системами на основе пространственно-временной оптимизации . . . . . 263

*И. Л. Васильев.* Актуальные вопросы обучения студентов УрГУПС, специализирующихся на эксплуатации железных дорог, по дисциплине «Транспортная безопасность» . . . . . 266

**ЛОГИСТИКА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА . . . . . 269**

*М. А. Талдыкина.* Себестоимость контейнерных перевозок . . . . . 269

*И. А. Горохова, О. Л. Домнина.* Проблемы и перспективы транспортной логистики России . . . . . 272

*И. Д. Векшин.* Особенности доставки крупнотоннажных контейнеров для перевозки лесных грузов на экспорт в восточном направлении . . . . . 275

*В. С. Блохин.* Формирование экологической культуры как одна из актуальных стратегических инициатив ОАО «РЖД» . . . . . 280

*Е. Е. Лесникова, Е. М. Бондаренко.* Влияние переориентации грузопотоков на восток на логистику перевозки скоропортящихся грузов . . . . . 284

*Д. А. Семин.* Проблемы и перспективы развития цепей поставок продукции предприятий с непрерывным производственным циклом . . . . . 287

*И. А. Горохова.* Современное состояние цифровизации грузового железнодорожного транспорта и логистики России . . . . . 289

*П. С. Казанцева.* Алгоритм организации сборных контейнерных перевозок . . . . . 293

<i>И. В. Перепелкина.</i> Задачи управления материальным потоком в системе сборных автомобильных перевозок . . . . .	298
<i>С. В. Высокский, Д. И. Кочнева.</i> Обзор практик сокращения порожних перевозок в РФ . . . . .	301
<i>А. Д. Усатенко.</i> Роль контейнерных перевозок в мировой экономике . . . . .	303
<i>Е. С. Ермак, А. В. Вохмянина.</i> Современные тренды развития транспортно-логистических бизнес-процессов компании . . . . .	305
<i>Б. И. Иванов, М. И. Мехедов, В. Г. Федулин, А. Ю. Тимченко, В. В. Бирюкова, Н. И. Камшилин.</i> Новые подходы к организации контейнерных железнодорожных перевозок . . . . .	309
<i>А. В. Петрова.</i> Формирование интеллектуальной транспортной системы в городских агломерациях . . . . .	314
<b>ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА . . . . .</b>	<b>317</b>
<i>П. А. Коршунова, О. В. Молчанова.</i> ТЛЦ «Уральский» как ключевой объект проекта «Сухой порт “Екатеринбург”» . . . . .	317
<i>В. В. Алабина, О. Н. Числов.</i> Взаимодействие видов транспорта складского комплекса при организации прямой перевалки грузов . . . . .	321
<i>Н. Ю. Кабукин.</i> Инновационные реквизиты крепления груза при перевозке в вагонах . . . . .	327
<i>Е. С. Борисенков.</i> Эскиз устройства для крепления крупнотоннажных контейнеров в универсальных полувагонах . . . . .	330
<i>Е. Д. Псеровская, А. А. Жаркова.</i> Анализ проблем взаимодействия участников перевозочного процесса при распределении вагонного парка в промышленном узле . . . . .	335
<i>А. Р. Черняк.</i> Определение взаимосвязи между параметрами поездопотока и продольного профиля трассы на специализированных железнодорожных линиях для тяжеловесного движения . . . . .	338
<b>ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА . . . . .</b>	<b>344</b>
<i>И. Н. Пирогова, О. В. Куликова.</i> Анализ востребованности изучения математики студентами транспортного вуза . . . . .	344
<i>С. Л. Дерябин, А. П. Садов.</i> Задача Коши для двумерных течений газа, гравитирующего по Ньютону в пространстве $R^2$ . . . . .	347
<i>О. В. Куликова, И. В. Куликова, Н. О. Борисова.</i> Анализ эффективности системы заданий по математике с применением методов непараметрической статистики . . . . .	349
<i>Ш. Т. Буранова.</i> Применение прикладных программ для моделирования транспортного движения в городе на примере PTV Vision . . . . .	351
<i>А. В. Мартыненко, Е. Г. Филиппова.</i> Влияние кольцевого железнодорожного городского транспорта на интегральные показатели доступности . . . . .	354
<i>Д. С. Плотников, А. В. Мартыненко.</i> Моделирование исходящих пассажиропотоков для ТПУ городского общественного транспорта . . . . .	358
<i>Д. Г. Пупышев.</i> Анализ факторов, влияющих на прогнозирование грузооборота железнодорожного транспорта . . . . .	363

<i>Т. А. Несенюк, В. Н. Соколов.</i> Исследование конструктивного исполнения RFID-индикатора для изоляторов воздушной линии электропередачи	366
<i>Н. В. Медведева, С. С. Титов.</i> О независимости событий в пространствах равновероятных сигналов	370
<i>А. В. Мартыненко, Д. Ж. Сайфутдинов.</i> Математическая модель мониторинга пассажиропотоков городского общественного транспорта	374
<i>А. А. Габдулхаков, Д. С. Завалицин.</i> Поддержка принятия решений в выборе маршрутов при реализации транспортных услуг	379
<i>С. Л. Дерябин, А. В. Мезенцев.</i> Моделирование опрокидывания двумерной волны в окрестности гладкой границы среза	381

#### **ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕХАТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ** . . . . . 384

<i>Н. А. Бессонов, Т. Ю. Зырянова.</i> Обеспечение защиты информации встроенными средствами операционной системы Windows	384
<i>М. Н. Киченко, Н. В. Ганженко.</i> Использование машинного обучения для анализа уязвимостей информационных систем	388
<i>И. И. Данилина, К. В. Выгузова.</i> Внутривузовская олимпиада по информатике как элемент подготовки специалистов в области информационных технологий	391
<i>Н. В. Устьянцев.</i> Автоматизация сканирования внешней и внутренней сети предприятия	394
<i>Т. А. Несенюк.</i> Разработка платформы системы контроля и учёта объектов технической эксплуатации	398
<i>М. Н. Дмитриев, Н. В. Ганженко.</i> Процедура регистрации и получения электронной подписи и многофункциональной электронной карты пользователями при помощи удостоверяющего центра	403
<i>И. М. Зелюков.</i> Мехатронный модуль рулевого управления беспилотного автомобиля «Формула Студент»	406
<i>Н. Д. Митин, В. С. Тарасян, В. В. Макаров.</i> Построение имитационной модели автомобиля для тестирования алгоритмов управления его продольной динамикой	409
<i>А. А. Фоминцев, В. С. Тарасян, В. В. Макаров.</i> Мехатронный модуль дроссельной заслонки беспилотного автомобиля «Формула Студент»	416
<i>Д. А. Корженевский.</i> Анализ рисков информационной безопасности применения умных устройств	420
<i>М. Г. Тарасян.</i> Анализ возможности применения нейрокомпьютерных интерфейсов в учебном процессе	424

#### **ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ТРУДА, ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ЗДОРОВЬЯ И МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ** . . . . . 427

<i>Н. В. Лугаськова, Е. Б. Сафронова.</i> Проблема сбора и утилизации медицинских отходов	427
<i>Л. В. Акишина, С. М. Микаилов.</i> О понятии «железнодорожная безопасность» и его месте в структуре транспортной безопасности	431
<i>Ю. М. Сибирякова, О. Р. Ильясов.</i> Организация производственных процессов при технологии очистки деталей железнодорожного транспорта с применением моющего средства нового поколения «О-БИСМ»	435

<i>Т. Н. Матвеева.</i> Инновационные решения профилактических аспектов железнодорожной медицины (на примере Свердловской железной дороги) . . . . .	439
<i>Е. В. Колесова.</i> Применение современных методов и приемов обучения в образовательном модуле «Основы военной подготовки» . . . . .	441
<i>А. А. Чуракова, М. А. Житлухина, С. С. Крупенин.</i> Уровень производственного травматизма в структурном подразделении службы пути . . . . .	444
<i>О. Р. Ильясов, И. И. Гаврилин, С. М. Малышева, Д. И. Основин, О. В. Ковалева.</i> Анализ эффективности применения сорбентов в технологиях очистки поверхностных сточных вод с территорий железнодорожных путей . . . . .	447
<i>О. Р. Ильясов, И. И. Гаврилин, С. М. Малышева, Д. И. Основин, О. В. Ковалева.</i> Эколого-экономическая эффективность использования фильтрующей полосы в технологии очистки поверхностных сточных вод с железнодорожной насыпи . . . . .	450
<b>СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ НА ТРАНСПОРТЕ . . . . .</b>	<b>452</b>
<i>О. Ю. Брюхова, С. О. Ильясова, Е. Н. Ялунина.</i> Подготовка персонала в условиях формирования культуры инклюзивного гостеприимства . . . . .	452
<i>Е. Л. Мордвинова, А. Д. Шелиган.</i> Формирование социальной безопасности инструментами мотивации . . . . .	456
<i>О. А. Осташевская, С. С. Седова.</i> Развитие клиентоориентированности работников как фактор роста трудового потенциала . . . . .	460
<i>В. В. Гаврилова.</i> Формирование профессиональных компетенций в вузе . . . . .	463
<i>М. С. Лебедев.</i> Порядок проведения дистанционных медосмотров водителей . . . . .	468
<i>Т. В. Окунева, О. Н. Шестопалова.</i> Удовлетворенность трудом как индикатор согласованности интересов работодателя и сотрудника . . . . .	470
<i>А. А. Чижов, Т. В. Дуран.</i> К вопросу о факторах цифрового неравенства поколенческих групп в современном российском обществе: результаты эмпирического исследования . . . . .	474
<i>Н. В. Лучкина, Е. П. Пьяных.</i> Сторителлинг как инструмент адаптации персонала . . . . .	478
<b>УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ . . . . .</b>	<b>483</b>
<i>В. С. Паршина, А. Н. Дубинская.</i> Формирование корпоративных компетенций в период обучения в отраслевом учебном заведении . . . . .	483
<i>Д. И. Колесников.</i> Цифровые технологии в сфере закупок . . . . .	487
<i>А. А. Ерёмченко, Е. А. Ларченко.</i> Экономические аспекты и основные направления повышения эффективности использования труда осужденных к принудительным работам на примере компании ОАО «РЖД» . . . . .	490
<i>В. П. Неганова, О. В. Шеметова.</i> Управление взаимоотношениями IT-компаний с транспортными компаниями на основе CRM . . . . .	494
<i>Т. Б. Загоруля.</i> Мотивация персонала в современной организации . . . . .	497
<i>В. О. Кожина, И. В. Толмачева.</i> Перспективы развития транспортной отрасли России . . . . .	500
<i>П. В. Макаров.</i> Организация кадрового обеспечения на предприятиях железнодорожного транспорта . . . . .	503
<i>К. Н. Кудрявцева, В. П. Неганова.</i> Автоматизация рутинных операций для предприятий ОАО «РЖД» . . . . .	507

<i>Ю. С. Белкина.</i> Информатизация научно-исследовательской деятельности университета . . . . .	510
<i>А. А. Конов.</i> Управление интеллектуальными инженерными ресурсами на Свердловской железной дороге: исторический аспект . . . . .	514
<i>В. С. Паршина, М. А. Васильева.</i> Формирование маркетинговых коммуникаций в туризме . . . . .	518
<i>И. В. Чебыкина.</i> Управление психоэмоциональным состоянием сотрудников транспортных компаний как метод профилактики эмоционального выгорания . . . . .	522
<i>И. А. Паршукова, Т. Б. Марущак.</i> Разработка стратегии развития путевой машинной станции . . . . .	526
<i>Т. П. Волкова.</i> Молодежь как стратегический ресурс компании: теория и практика управления . . . . .	529

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ВАГОНОВ, БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

---

УДК 629.021

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ГЛАВНЫХ РАМ СПЕЦИАЛЬНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА: СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ВЫЗОВЫ

**М. М. Савельев**, аспирант научного центра «Тяга поездов» АО «ВНИИЖТ», инженер 2 категории ООО «Синара Алгоритм», Москва (научный руководитель – В. И. Федорова, канд. техн. наук, технический эксперт научного центра «Инфраструктура» АО «ВНИИЖТ», доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ФГБОУ ВО ПГУПС Императора Александра I, Санкт-Петербург)

**Е. В. Андросов**, аспирант кафедры «Прикладная механика» ФГБОУ ВО МГТУ им. Н. Э. Баумана (НИУ), инженер 1 категории ООО «Синара Алгоритм», Москва

**И. А. Егоров**, инженер 1 категории ООО «Синара Алгоритм», Москва

**В. В. Жавыркин**, аспирант кафедры «Наземные и транспортно-технологические средства» ФГАУ ВО РУТ (МИИТ), руководитель отдела прочности ООО «Синара Алгоритм», Москва

Конструкция главной рамы специального подвижного состава (СПС) несет на себе основные воспринимающие нагрузки и обеспечивает безопасность и надежность железнодорожного транспорта [1]. Внимание инженеров и научного сообщества сосредоточено на улучшении показателей динамических качеств и плавности хода вагонов и локомотивов, а также на повышении скорости движения за счет совершенствования ходовых частей, кузова и кабины.

Интерес к конструкции главной рамы СПС связан с тем, что большинство предприятий и железнодорожных компаний России по-прежнему используют устаревшие конструкции главных рам СПС, хотя давно настало время для их замены. Да и современные технологии анализа и методы исследований дали инженерам возможность более детально понять поведение и характеристики главных рам СПС, что сокращает время и средства на этапе изготовления и испытаний, позволяет создавать более эффективные и безопасные железнодорожные конструкции.

Главная рама СПС подвергается значительным нагрузкам, включающим вертикальные, поперечные, продольные силы и изгибающие моменты, возникающие при движении подвижного состава по неровностям пути, при трогании и торможении. Конструкция главной рамы СПС должна быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечивать необходимую прочность и безопасность согласно требованиям [1].

Главная рама СПС подвержена износу и коррозии, особенно в условиях смены погодных условий и контакта с агрессивными средами, что требует использования материалов и покрытий, способных выдерживать сложные климатические условия, которые отличаются на всем пространстве железнодорожной колеи 1520 мм.

Вагоностроители современного СПС порой вынуждены увеличивать грузоподъемность за счет облегчения массы тары. При разработке главной рамы СПС это необходимо учесть и снизить массу рамы без потери прочностных характеристик, чтобы обеспечить оптимальные рабочие параметры.

Многие предприятия по-прежнему используют устаревшие конструкции главных рам СПС, их модернизация и замена требуют инвестиций и решения проблем, связанных с совместимостью новых и старых компонентов, постановкой на производство и зачастую с модернизацией производства, поэтому задача по разработке главной рамы СПС должна отвечать требованиям стандартизации и унификации.

Разработка главной рамы СПС, способной снижать энергопотребление и воздействие на окружающую среду посредством снижения массы конструкции, стала актуальной задачей. Уменьшение массы конструкции способствует снижению расхода топлива, поскольку чем легче подвижный состав, тем меньше энергии требуется для его движения. Это, в свою очередь, приводит к снижению выбросов  $\text{CO}_2$  и других вредных веществ в атмосферу, способствуя улучшению качества воздуха и снижению негативного воздействия на климат.

Разные страны и железнодорожные компании могут иметь свои стандарты и требования к главным рамам СПС. Это может создавать проблемы с совместимостью и стандартизацией, особенно при международных перевозках.

Современный подход к проектированию ориентирован на автоматизацию и интеграцию с другими технологиями. Разработчик главной рамы СПС должен учитывать эти требования при внесении в конструкцию специальных изменений (или сразу проектировать) для удобства размещения систем диагностики, мониторинга.

На рис. 1–6 даны примеры из расчета главной рамы головного вагона СПС, предназначенного для исправления дефектов верхнего строения железнодорожного пути. Геометрическая модель максимально упрощается и объединяется в единое твердое тело (в нашем расчете в единое тело объединены части главной рамы, кузова, обшивки, кабины и кронштейна межсекционного шарнира, которые представлены в расчетной модели пятью отдельными компонентами). В качестве материала главной рамы взята сталь 09Г2С, механические характеристики которой приняты в соответствии с [4]. Согласно [2], для оценки статической прочности проверяются режимы продольного нагружения автосцепок и движения с конструкционной скоростью. Для первого режима максимальная продольная сила прикладывается к переднему/заднему упору автосцепки и задается ускорение свободного падения. Для второго к переднему/заднему упору автосцепки прикладывается половина от максимальной продольной силы и задается ускорение свободного падения с добавлением/убавлением составляющей коэффициента динамики. Дополнительно был посчитан аварийно-восстановительный режим [2]. Допускаемые эквивалентные напряжения для первого режима составляют 293 МПа, для второго – 211 МПа. При проведении оценки усталостной

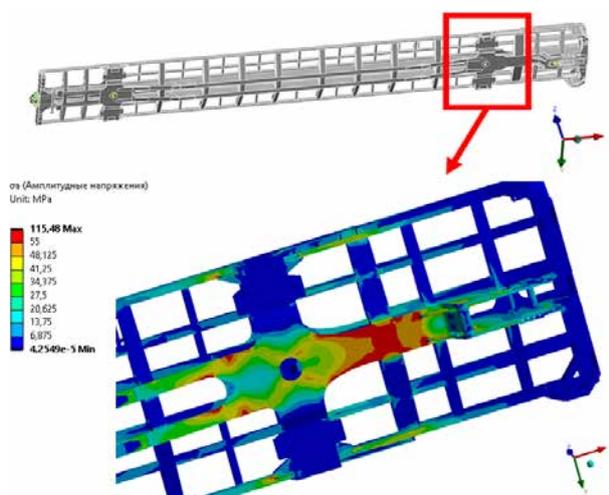


Рис. 1. Шкворневая зона главной рамы СПС со стороны вблизи кабины

прочности допускаемые амплитудные напряжения для второго режима составляют 55 МПа. Контактирующие части рассматриваемых компонентов задаются контактом типа «склейка», соединение главной рамы с тележками имитировано упругими элементами, учтены массы оборудования. Продольные перемещения главной рамы ограничены соответствующим условием в области кронштейна межсекционного шарнира. Поперечные перемещения главной рамы – условием в области шкворневых втулок. Расчетная модель разбита сеткой, состоящей из 4680264 узлов и 2387525 элементов. Отдельные участки, которые вызывают сомнения или представляют собой концентраторы напряжений, впоследствии уточняются с помощью субмоделирования.

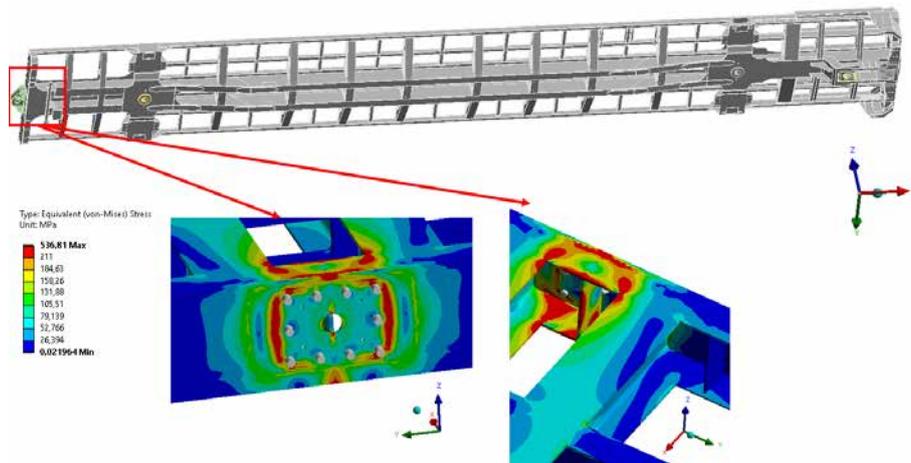


Рис. 2. Область крепления межсекционного шарнира

Стремление производителей железнодорожных поездов размещать множество компонентов и оборудования в ограниченных пространственных условиях главной рамы СПС, хотя и понятное с технической и экономической точек зрения, создает серьезные проблемы для инженеров-проектировщиков. Попытка уменьшить геометрию важных участков главной рамы СПС для освобождения места под оборудование может привести к повышению напряжений (рис. 1), что снижает прочность и ресурс конструкции.

Особую роль в оценке ресурса и безопасности железнодорожных поездов играют сварные соединения, которые часто становятся критическими элементами главных рам СПС. Правильное моделирование сварных соединений необходимо для точной оценки ресурса и безопасности конструкции. Отказ от учета сварных соединений может привести к серьезным проблемам, включая неточность результатов анализа, что негативно сказывается на безопасности конструкции. Здесь важно соблюдать баланс между стремлением к оптимизации и учетом факторов, влияющих на надежность и безопасность железнодорожных поездов.

Автосцепка обеспечивает передачу продольных сил при соединении различных вагонов или секций поезда, позволяет поезду изгибаться и маневрировать по железнодорожным путям, а за счет поглощающих аппаратов гасить динамические нагрузки, возникающие во время движения.

Применение соединения межсекционного шарнира с лобовым листом главной рамы, которое успешно использовалось на устаревших моделях СПС, может не соответствовать требованиям новых конструкций. Это может вызывать сверхнормативные напряжения и деформации (рис. 2).

Для успешной реализации такой концепции необходимо провести детальное исследование, моделирование и тестирование, чтобы учесть все потенциальные проблемы и обеспечить безопасность конструкции. Это требует значительных усилий и ресурсов, и, возможно, переработки не только главной рамы, но и других элементов вагона или локомотива.

Еще одна задача при модернизации конструкции главной рамы СПС – устаревшие упоры поглощающего аппарата [3]. Производитель гарантирует их работоспособность и безопасность. В случае, если упоры были успешно эксплуатированы долгое время, заказчик может возражать против необходимости их замены, несмотря на повышенные напряжения и деформации (рис. 3), основываясь

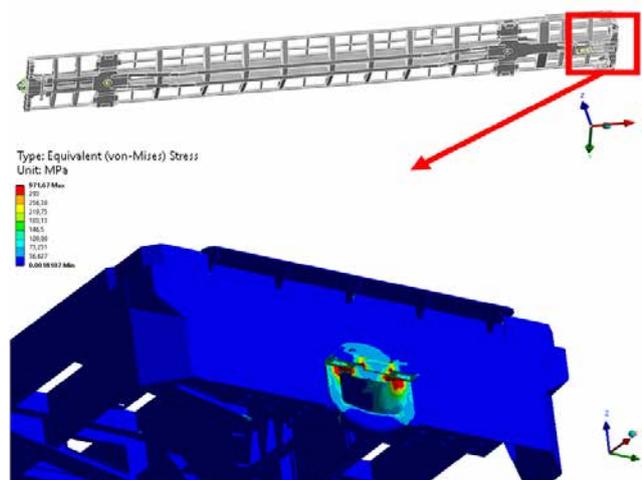


Рис. 3. Торцевая часть главной рамы со стороны кабины

на гарантии производителя. Это создает дополнительную сложность при внедрении современных конструкций главных рам СПС.

Здесь необходимы тщательный анализ и техническая экспертиза устаревших упоров поглощающего аппарата. Это позволит определить, насколько они соответствуют современным стандартам безопасности. Если упоры не соответствуют современным стандартам безопасности, заказчик и инженеры заменяют или модернизируют эти детали, несмотря на гарантии производителя.

Подобные решения могут потребовать дополнительных ресурсов и усилий. Это также может подразумевать пересмотр стандартов и нормативов, чтобы обеспечить совместимость новых конструкций с устаревшими элементами железнодорожных поездов.

При аварийно-восстановительных работах, когда необходимо поднимать главную раму СПС, производители могут столкнуться, например, со стремлением снизить издержки при выборе способа подъема главной рамы СПС.

Использование четырех домкратов для поднятия главной рамы СПС – безопасный и надежный вариант. Однако у многих предприятий соответствующего оборудования для таких операций просто нет.

В таком случае главная рама СПС поднимается с выкаткой только одной тележки. Этот вариант ограничивает равномерность и надежность подъема и может вызвать проблемы с распределением нагрузок на главную раму СПС (рис. 4). Метод, несмотря на свою экономичность, может создавать повышенные напряжения, приводя к локальным пластическим деформациям [5].

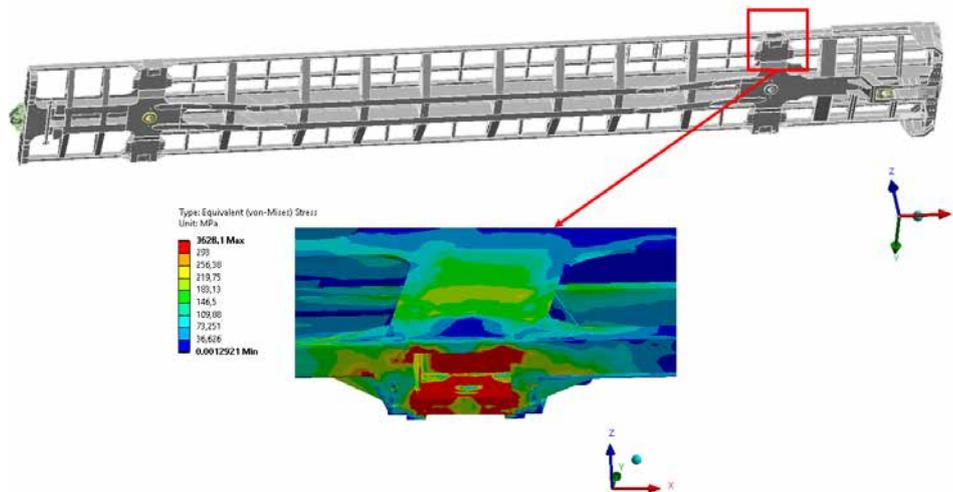


Рис. 4. Опорный узел главной рамы СПС со стороны вблизи кабины

Таким образом, хотя выбор более дешевых решений может казаться экономически привлекательным, он может привести к серьезным проблемам в будущем [6]. Риски, связанные с некорректными методами поднятия главной рамы СПС, включают в себя повреждение поезда и снижают безопасность пассажиров и персонала при дальнейшей эксплуатации. Важно соблюдать стандарты безопасности и качества при выборе методов аварийно-восстановительных работ, чтобы обеспечить надежность и безопасность железнодорожной инфраструктуры.

После исследования поведения математических моделей главной рамы СПС внесены изменения в конструкцию и проведен еще один эксперимент с новым вариантом геометрии. Новый вариант конструкции главной рамы СПС успешно прошел проверку на статическую и усталостную прочность.

Напряжённое состояние главной рамы СПС показано на рис. 5.

Распределение амплитудных напряжений главной рамы СПС показано на рис. 6.

Анализ результатов исследования различных математических моделей на статическую и усталостную прочность сведен в таблицу.

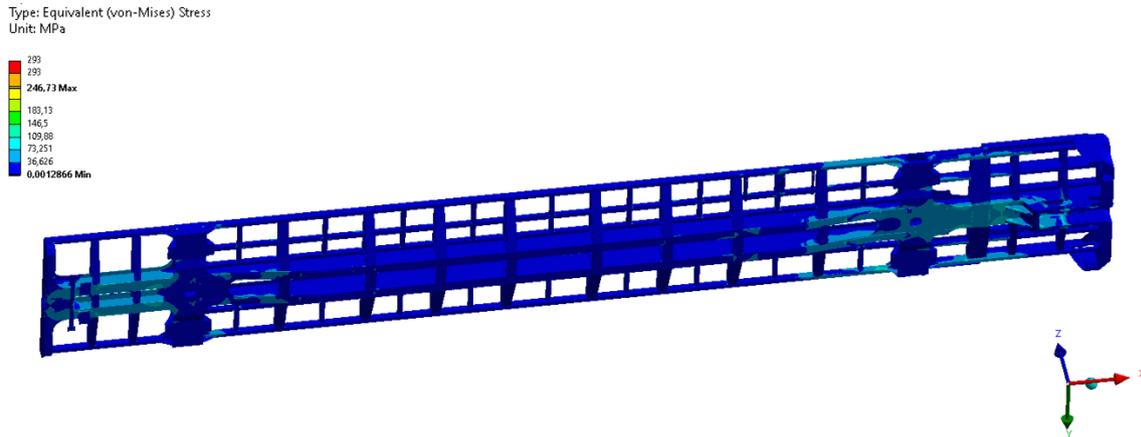


Рис. 5. Результаты расчёта статической прочности по ГОСТ 31846-2013

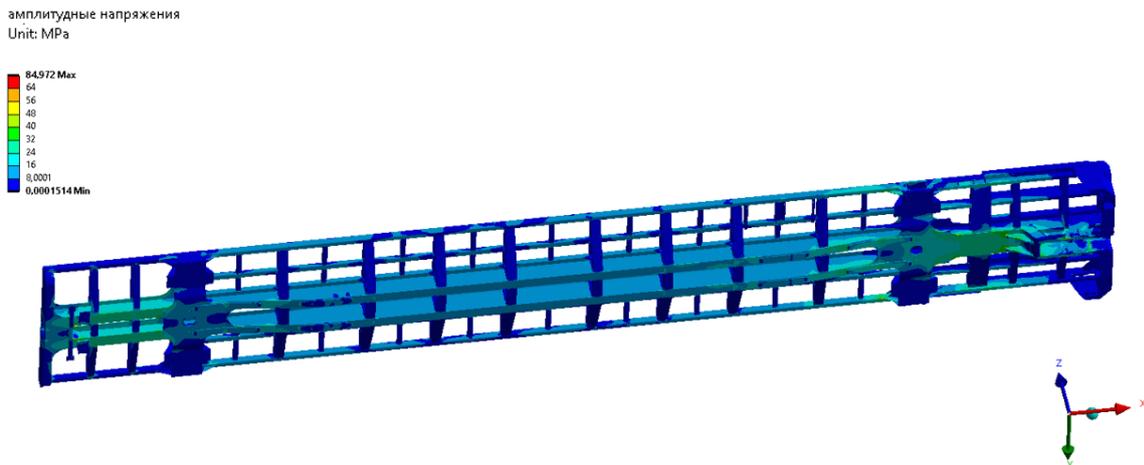


Рис. 6. Результаты расчёта усталостной прочности по ГОСТ 31846-2013

	[ $\sigma$ ], МПа	$\sigma_{\max}$ , МПа	[ $n$ ]	$n_{\min}$	$\sigma_{\max} \leq [\sigma]$	[ $n$ ] $\leq n_{\min}$
<b>Промежуточный расчет</b>						
Шкворневая зона около кабины	293	811	1,50	1,03	Нет	Нет
Область межсекционного шарнира	211	537	1,50	1,27	Нет	Нет
Область крепления упора	293	972	1,50	1,04	Нет	Нет
Опорный узел	293	3628	–	–	Нет	–
<b>Финальный расчет</b>						
Шкворневая зона около кабины	293	64	1,50	2,03	Да	Да
Область межсекционного шарнира	211	41	1,50	3,38	Да	Да
Область крепления упора	293	155	1,50	1,67	Да	Да
Опорный узел	293	210	–	–	Да	–

Все эти проблемы и задачи требуют комплексных инженерных решений и сбалансированного подхода. Важно не уступать соблазну снижения затрат, если это может повлечь за собой снижение безопасности и производительности поездов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красюков, Н. Ф. Моделирование нагруженности конструкции кабины машиниста при столкновении локомотива с препятствием / Н. Ф.Красюков, Э. С. Оганьян, В. А. Ноздрачева // Тяжелое машиностроение. – 2006. – № 8. – С. 34–35.
2. ГОСТ 31846–2012. Специальный подвижной состав. Требования к прочности несущих конструкций и динамическим качествам. – М. : Стандартиформ, 2013. – 67 с.
3. ГОСТ 34710–2021. Упоры автосцепного устройства грузовых и пассажирских вагонов. Общие технические условия. – М. : Стандартиформ, 2021. – 30 с.
4. Марочник сталей и сплавов. 2-е изд., доп. и испр. // под общей ред. А. С. Зубченко / А. С. Зубченко, М. М. Колосков, Ю. В. Каширский и др. – М. : Машиностроение, 2003. – 784 с.
5. Хамидов О. Р. [и др.]. Оценка остаточного ресурса главных рам маневровых тепловозов. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13174> (дата обращения: 30.10.2023).
6. Оганьян, Э. С. Расчеты и испытания на прочность несущих конструкций локомотивов: учеб. пособие / Э. С. Оганьян, Г. М. Волохов. – М. : ФГБОУ «Учебно-метод. центр по образованию на ж.-д. тр-те», 2013. – 336 с.

УДК 629.47(07)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВАГОННОГО ПАРКА

И.Ш. Элязов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспортная техника и ТУ»  
Азербайджанский технический университет, АзАСУ, г. Баку, Азербайджанская Республика

Основная задача вагонного хозяйства – предоставление работоспособных и надежных вагонов. Система техобслуживания и ремонта вагонов зависит от структуры парка и совершенствования инвентаря [4]. Вагонное хозяйство своевременно и качественно выявляет и устраняет брак и поломки, возникающие в узлах и деталях вагонов, проводит техобслуживание и текущий ремонт вагонов на ремонтных путях, крупномасштабные деповские и капитальные работы по ремонту вагонов, обследует узлы вагонов, готовит пассажирские и грузовые вагоны к перевозкам, подготавливает технические задания на модернизацию вагонов и их узлов, оформляет заказы на них приобретение, проводит модернизацию старых вагонных конструкций, утилизирует парк устаревших вагонов.

Критерии повышения эффективности использования грузовых вагонов: а) условия для ведения новых поездов с повышенной массы, например, использование новых вагонов с повышенной осевой нагрузкой на ось 270 кН, б) развитие цифровых технологий в рамках проекта «Цифровой железнодорожный транспорт», в) ускорение движения поездов; установка новых конструкций тележек и совершенствование конструкций базовых типов позволит перевозить грузы со скоростью до 100 км/ч [1, 2].

Подготовительный этап структурных реформ и расширения материально-технической базы на железнодорожном транспорте Азербайджанской Республики охватывал 2001–2008 гг.; была расширена материально-техническая база дороги. Основным вопросом реформ этого периода – организация Государственного управления железной дороги в ведении Министерства транспорта Азербайджана.

Второй этап – 2009–2014 гг.; для комплексного развития железной дороги в Азербайджанской Республике, более полного удовлетворения транспортных потребностей экономики и населения, управления в этой области и повышения эффективности транспортного процесса создано ЗАО «Азербайджанские железные дороги». Госпрограмма развития системы железнодорожного транспорта в Азербайджанской Республике в 2010–2014 гг., предусматривающая ускоренное развитие системы железнодорожного транспорта, реконструкцию железнодорожной инфраструктуры и увеличение транзитных и местных перевозок, подписана 6.06.2010.

Третий этап – 2015–2020 гг. На железной дороге проведены реконструкционные и ремонтно-восстановительные работы, многое сделано на международных транспортных коридорах «Север – Юг» и «Восток – Запад», открыто железнодорожное сообщение Баку – Тбилиси – Карс (БТК).

Четвертый этап – 2021–2025 гг.; предусмотрено развитие инновационной и цифровой экономики на железной дороге. На этом этапе для реализации проекта Зангезурского коридора успешно идут восстановительные и реконструкционные работы на направлениях Евлах – Агдам – Ханкенди и Горадиз – Агбанд [6].

За последние годы на Азербайджанской железной дороге модернизирована структура подвижного состава, приобретены новые грузовые вагоны. В 2015 г. между ЗАО «Азербайджанские железные дороги» и Уралвагонзаводом (г. Нижний Тагил, Россия) подписан контракт на закупку 3100 грузовых вагонов, вагоны уже эксплуатируются на железной дороге. В 2019 г. достигнуто двустороннее соглашение о закупке новых грузовых вагонов с вагоностроительными заводами Турецкой Республики.

Для повышения качества пассажирских перевозок запущено девять двухэтажных высокоскоростных поездов производства компании Stadler Reil Group (Швейцария). Еще 20 вагонов этой компании закуплены и будут курсировать по маршруту БТК.

Основные материальные фонды вагонного хозяйства (вагоны, краны, здания, сооружения, технологическое оборудование, станки и др.) составляют около 12–15 % всех основных фондов железнодорожного транспорта Азербайджана. На долю перевозочной отрасли приходится около 10–12 % всех материальных расходов железных дорог, а численность работников составляет около 5–7 % от всего персонала, работающего на железнодорожном транспорте. Вагонное хозяйство взаимодействует локомотивной, путевой и перевозочной службами, грузовой и и коммерческой, службой информации и связи.

В ведении вагонного хозяйства – плановые работы по техобслуживанию и ремонту вагонного парка (транзитных) железных дорог и эксплуатирующих линейных предприятий для обеспечения требований безопасности движения, сохранности всех перевозимых грузов (в том числе опасных), высокого качества перевозки пассажиров. Вагоны постоянно поддерживаются в исправном состоянии, с использованием прессов, кранов, станков и стенов выполняется установленный деповский ремонт вагонов, экономятся расходные материалы и запчасти, что повышает эффективность работы эксплуатационных и ремонтных подразделений.

В 2020 г. вагонная служба, действующая при департаменте грузовых перевозок, была разделена на службу ремонта грузовых вагонов (один ремонтный завод и два ремонтных депо) и службу эксплуатации грузовых вагонов (три эксплуатационных депо). Эксплуатация и техническое обслуживание пассажирских вагонов находятся в ведении департамента пассажирских перевозок. Служба ремонта грузовых вагонов 2023 г. выведена из состава департамента грузовых перевозок и передана департаменту ремонта подвижного состава. В состав ремонтной службы грузовых вагонов входят один ремонтный завод, три ремонтных депо, промывка и пропарка цистерн. В настоящее время на ЗАО АЖД эксплуатируется около 6700 грузовых и 370 пассажирских вагонов (таблица).

Структурный состав вагонного парка, кол-во [6]

Тип и вид вагонов	Вагоны	Негодные к эксплуатации	Годные к эксплуатации	Новые вагоны
Крытые	889	419	470	426
Платформа	1177	437	740	731
Полувагон	1262	262	1000	1000
Цистерна	1296	304	992	800
Изотермик	662	662	0	0
Другие грузовые вагоны	1000	236	764	760
Всего грузовые вагоны	6286	2320	3966	3717
Пассажирские	370	124	196	50
Итого	6657	2444	4162	3767

### Основные направления работы в вагонном хозяйстве [3, 5]

Создание новых вагонов (совместно с машиностроительной отраслью), отвечающих требованиям высокой надежности и прочности узлов и деталей, обеспечивающих повышенную грузоподъемность (тара) и увеличенную провозную способность железной дороги.

Приблизить технические показатели вагонов эксплуатационного парка к современным требованиям и на основе этого увеличить нагрузку вагонов, реализовать комплексную модернизацию старых вагонов с учетом имеющихся резервов.

Совершенствование и организация системы ремонта и техобслуживания вагонов, создание ремонтно-складской базы с широким применением прогрессивных средств механизации и автоматизации и технической диагностики.

Обновление экономики вагонного хозяйства, внедрение хозяйственно-финансового учета, укрепление финансового положения линейных депо, повышение финансовой заинтересованности для улучшения содержания вагонного парка и увеличения объемов ремонта вагонов.

Обеспечение сохранности и долговечности подвижного состава.

Проведение новых реформ для изменения системы и функций управления на железнодорожном транспорте, а в вагонной отрасли – разделение функций государственного управления и создание новых структур.

Для создания нового депо и ремонтно-складской базы для техобслуживания и ремонта цистерн требуется минимальная ремонтная программа; необходим также вагонсборочный цех с соответствующим количеством ремонтных позиций. Принципиальная схема организация сервисного обслуживания вагонов-цистерн нового поколения показана на рис.



Схема организации сервисного обслуживания вагонов-цистерн

Реализация сервисного обслуживания вагонов-цистерн предполагает создание и внедрение на сети железных дорог центров для техобслуживания, ремонта и подготовки цистерн к наливу [3]. Так как в вагонном парке Азербайджанской железной дороги преобладают вагоны-цистерны, составлены план ремонта этих вагонов и принципиальная схема депо ремонта. Подлежащий ремонту вагон выводится из рабочего парка и направляется на ремонтную базу (депо, завод), где его осматривают специалист отдела подготовки производства на заводе и мастер склада; определяются объем ремонтных работ и техническое состояние вагона. Проверяется состояние и комплектность деталей и соединений вагона. При внешнем осмотре вагона составляется акт приема-передачи. Одновременно сотрудники технического отдела составляют график отказа вагонов (ВУ-22) и график технического обслуживания вагонов (ВУ-23). В вагонном хозяйстве вагон оформляется накладной на ремонт (ВУ-26). Перед началом ремонта составляется технический документ, в котором указываются тип и характеристики вагона, вид ремонта и основные технологические операции.

Схема ремонта (независимо от типа вагонов-цистерн): наружный осмотр и приемка вагона в ремонт, мойка внешняя и чистка вагона, разборка вагона и их узлов, мойка и чистка деталей и узлов вагона, ремонт узлов и деталей, подготовка и сборка узлов, ремонт кузова и рамы вагона и проведение сборочных работ на вагоне, перенос деталей и узлов на ремонтные позиции и сборка вагона, покраска и сушка вагона, испытательный рейс вагона и проверка основного оборудования, проверка и сдача ремонта вагона.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лапшин В. Ф., Орлов М. В. Основы технического обслуживания вагонов : учеб. пособие. – Екатеринбург : УрГУПС, 2006. – 375 с.
2. Цистерны. (Устройство, эксплуатация, ремонт) : Справочное пособие/ В. К. Губенко, А. П. Никодимов, Г. К. Жилин [и др.]. – М. : Транспорт, 1990. – 151 с.
3. Элязов И. Ш., Гусейнов И. Д. [и др.]. Перспективное развитие вагонного хозяйства в логистической системе железной дороги : м-лы VII МНПК «Транспорт и логистика: развитие в условиях глобальных изменений потоков», 1-2 февраля 2023 г., Ростов-на-Дону. – С. 443–447.
4. Устич П. А. Вагонное хозяйство : учебник. – М. : Маршрут, 2003. – 506 с.
5. Криворудченко В. Ф. Организация, планирование и управление производством. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2010. – 104 с.
6. Железные дороги Азербайджана. URL: <http://www.ady.az>.

УДК 629.46

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Е. А. Ларченко, ст. преподаватель кафедры «Подвижной состав железных дорог»

В. В. Степанов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог»  
Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», г. Чита

В настоящее время на ВРД Чита нет чёткой подачи вагонов в ремонт, недостаточно организовано взаимодействие с собственниками вагонов. Есть сформированный портфель заказов на год, а графика подачи вагонов нет. Все подъездные пути на Забайкальской железной дороге в пределах от ст. Могзон до ст. Карымская заняты вагонами, пришедшими в ремонт. Подача вагонов ремонт в ВРД Чита-1 осуществляется по заявкам при наличии свободных мест. На ВРД нет поточного метода производства, которое определяется синхронизацией операций по такту выпуска. Зато есть заполнение путей ВРД вагонами как отремонтированными, так и поступающими в ремонт. Пути ВРД Чита-1 – это пути тупикового типа, вагоны подаются в цеха на ремонт по магазинной системе (первый вагон, который пришёл в цех, выезжает из него последним).

Использование этой системы неудобно. Для оптимизации процесса подачи вагонов в ремонт необходимо организовать чёткую подачу и выкатку вагонов по цехам. Иначе все пути ВРД Чита заставлены отремонтированными и поступившими в ремонт вагонами (рис. 1).

Оптимальный вариант подачи вагонов – наличие запасного парка вагонов, кратного недельной производительности, размещённого в пределах Читинского железнодорожного узла. Это позволит сократить количество вагонов, ежедневно находящихся на территории ВРД, появится возможность оперативно управлять потоками вагонов, направляемых для ремонта в цеха и выкатки вагонов после ремонта [1].

Анализ работы станций полигона Забайкальской железной дороги от ст. Могзон до ст. Карымская показал, что все пути на них активно используются, и размещение дополнительных вагонов нарушит работу этих станций. Кроме этого, большие перегоны для подачи вагонов на ВРД приводят к непроизводительным затратам на использование локомотивной тяги. Прибывающие в ремонт вагоны должны отставиваться в пределах границ читинского железнодорожного узла.

Возможности Читинского железнодорожного узла: ПМС-54 (рис. 2), ПМС-184 (рис. 3), ПМС-136 (рис. 4), пути около ПТО Чита-1 (рис. 5) и ст. Кадала (рис. 6).

Все путевые машинные станции забиты своим вагонным парком, особенно во время летних путевых работ на них происходит постоянное движение, и эта ситуация не позволяет организовать парк отстоя вагонов.



Рис. 1. Скопление вагонов перед цехами на ВРД Чита



Рис. 2. Путевая машинная станция № 54, вид сверху



Рис. 3. Путевая машинная станция № 184, вид сверху

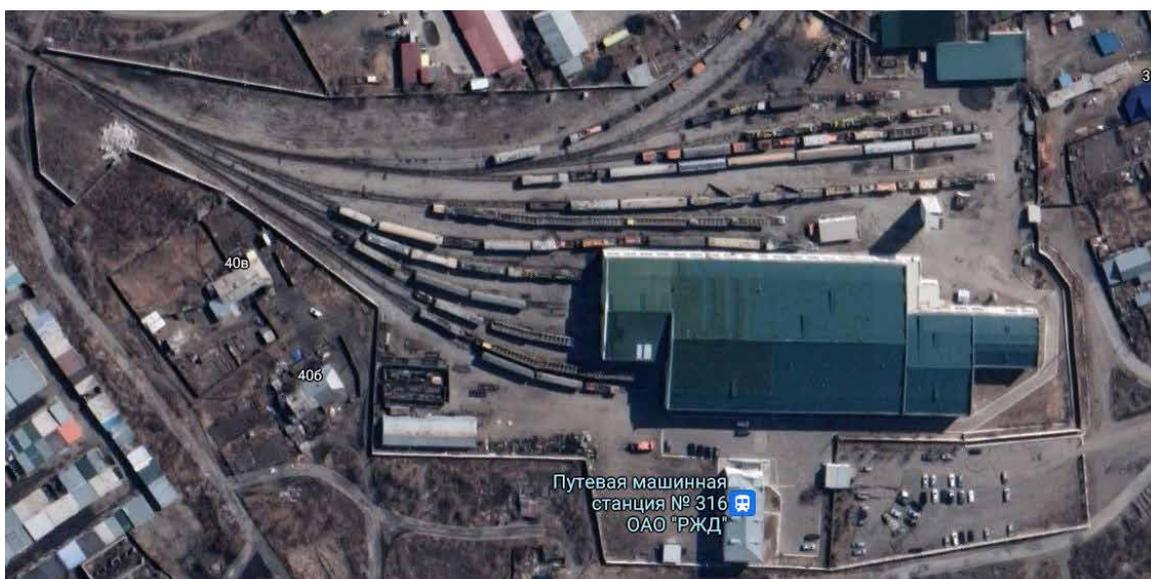


Рис. 4. Путевая машинная станция № 136, вид сверху

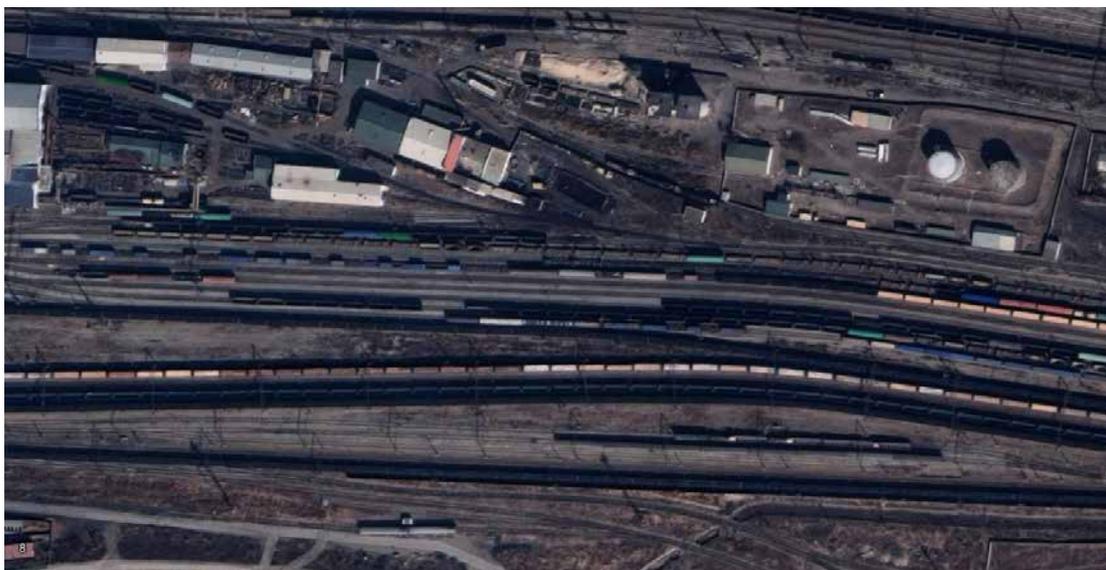


Рис. 5. ПТО Чита-1, вид сверху

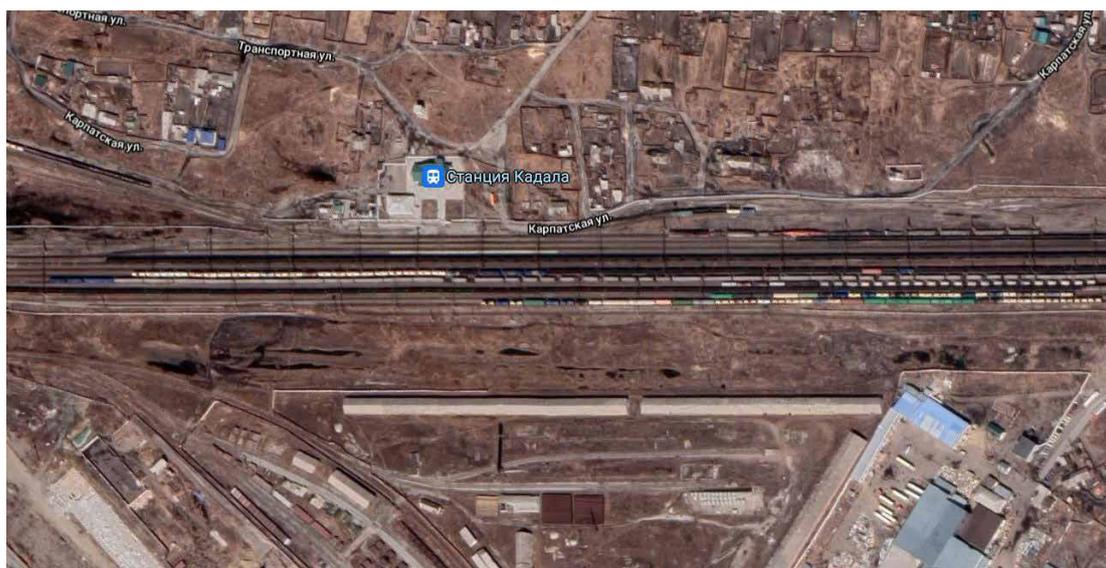


Рис. 6. Ст. Кадала, вид сверху

Для оптимизации работы приемлемым вариантом может быть ст. Кадала, проходная, где для отстоя вагонов можно выделить один вспомогательный путь. Также для оптимизации работы предложено изменить график поставок вагонов от собственников, который должен предусматривать количество вагонов, не превышающее недельной производительности ВРД [2].

Механосборочный участок ВРД Чита (рис. 7) предназначен для ремонта платформ, он состоит из механического участка, инструментальной кладовой, кладовой со стеллажами, кладовой УТК, токарного отделения и первого – четвертого ремонтных пролетов. Кузова вагонов по позициям перемещаются с помощью мостовых кранов.

Вагоны подаются на пути, после чего кранами ставятся на стойла, тележки разбираются и увозятся на ремонт другие цеха (рис. 7). Платформы в ремонт подаются в ремонт по путь № 29. После подачи на пути № 29 происходит разборка вагона. Кузов снимается мостовым краном и подаётся на позиции 1–6, тележки увозятся в ремонт.

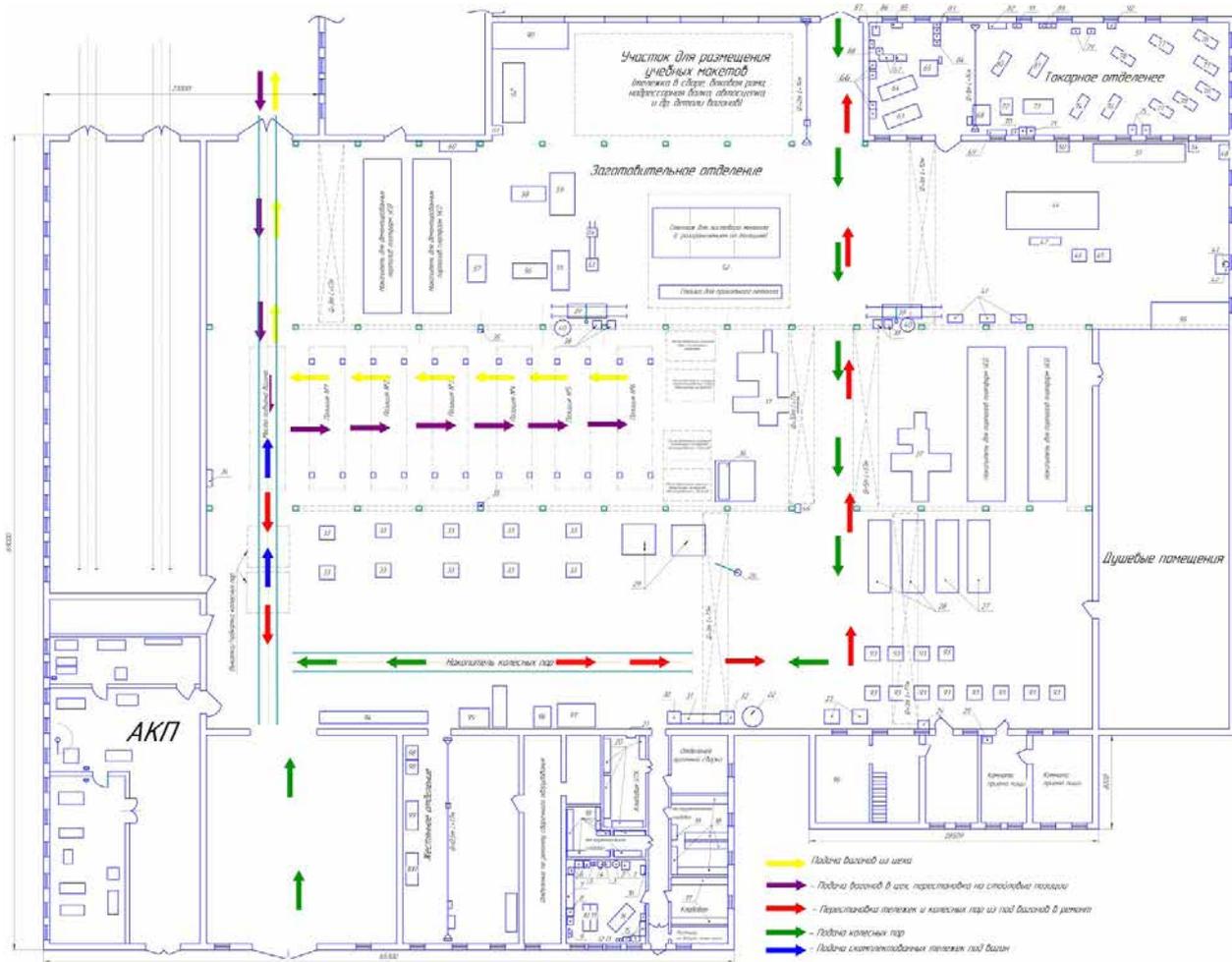


Рис. 7. Транспортно-логистическая схема материальных потоков механосборочного участка ВРД Чита

В цеху наблюдается конфликт встречных потоков, отремонтированных и подающихся в ремонт вагонов: после ремонта кузовов подаётся на позицию сборки, т.е. на тот же путь № 29, по которому производится его подача в цех и разборка. Основной конфликтный момент заключается в том, что подача нового вагона в ремонт невозможна до тех пор, пока не завершится процесс сборки. Наблюдается скученность вагонов на территории ВРД и перед самим участком (рис. 8).

Чтобы поставить вагон в цех, сначала нужно все единицы отремонтированных вагонов выкатить из цеха, затем подать ремонтные, после чего весь цикл повторится. Реальная производительность определяется циклом подачи и удаления отремонтированных вагонов. Подача вагонов зависит от времени сборки вагонов (реальная производительность механосборочного цеха снижается более чем в два раза).



Рис. 8. Скопление вагонов перед въездом в цех

Здесь необходимо разделить потоки поступающих и ушедших из ремонта вагонов. Для этого необходимо перепланировать цех, установить добавочные пути.

С учётом перемещения вагонов создаётся конфликтная ситуация по всему депо, так как одновременно должны выезжать вагоны из механосборочного цеха, т.е. совершать сложные манёвровые работы не только около цехов, а по всей территории ВРД.

Для оптимизации подачи вагонов в вагоносборочный участок необходимо пересмотреть технический процесс, рассортировать вагоны по количеству вагонов в день или неделю. Недельный запас вагонов необходимо хранить на дополнительных путях, которые необходимо организовать вне пределов территории ВРД. Технологический процесс ремонта нужно организовать таким образом, чтобы вагоны ремонтировались за один рабочий цикл, чтобы их убирать с ремонта группами, а не по одному, лучше всего это делать парами.

### **Мероприятия по оптимизации работы**

Мониторинг технического состояния вагонов.

Оптимизация подачи вагонов от собственников строго по графику поставок. Предусмотреть при формировании графика классификацию вагонов по году выпуска.

Выделить один вспомогательный путь для временного хранения вагонов в ремонт.

Организовать подачу вагонов в ремонт в ВРД в объёмах, не превышающих суточной производительности.

Для исключения накопления отремонтированных вагонов на территории ВРД необходимо организовать дополнительный путь для накопления вагонов вне территории ВРД.

В механосборочном участке необходимо разделить транспортные потоки узлов и изделий, поступающих в ремонт и на сборку готовых вагонов.

В вагонном производственном участке необходимо синхронизировать подачу вагонов в соответствии с тактом выпуска пакетом из двух вагонов на ремонтные пути.

Для оптимизации работы передвижения применить альтернативные методы осуществления манёвровых работ.

Для исключения накопления отремонтированных вагонов на территории ВРД необходимо организовать дополнительный путь на ул. Ломоносова (сейчас существует однопутная ветка, которая не принадлежит ВРД Чита); рис. 9.



*Рис. 9.* Вид на ул. Ломоносова

Железнодорожный однопутный путь вдоль улицы (рис. 10) служит для поставок различных грузов на склады.



Рис. 10. Железнодорожная ветка на ул. Ломоносова

Необходимо спроектировать дополнительный путь (рис. 11) через стрелочный перевод.

При проектировании и строительстве используется обыкновенный стрелочный перевод марки 1/9, который укладывается на приемоправочных путях.

Параллельные пути соединяются с помощью стрелочного перевода и укладки за стрелочным переводом сопрягающей кривой (рис. 12). Радиус кривых, укладываемых за переводами марки 1/9, – 200–400 м.

От торца крестовины (рис. 13) до начала сопрягающей кривой (при  $R < 350$  м) должен быть прямой участок для разгонки уширения колеи в кривой.

Расстояние между концом переводной кривой и началом сопрягающей кривой за крестовиной – не менее 12 м. При соблюдении этого условия за торцом крестовины должна быть прямая вставка  $k = 8,06$  м для М 1/9.

Общее расстояние от центра перевода до начала кривой  $b_1 = b + k$ . В трудных условиях на прочих путях прямая вставка может не укладываться.

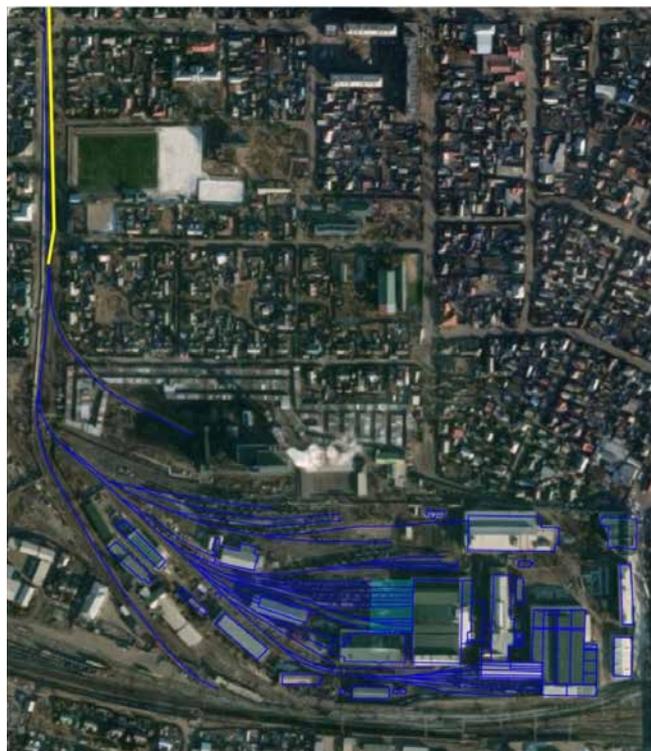


Рис. 11. Схема дополнительного однопутного пути



Рис. 12. Стрелочный перевод марки 1/9

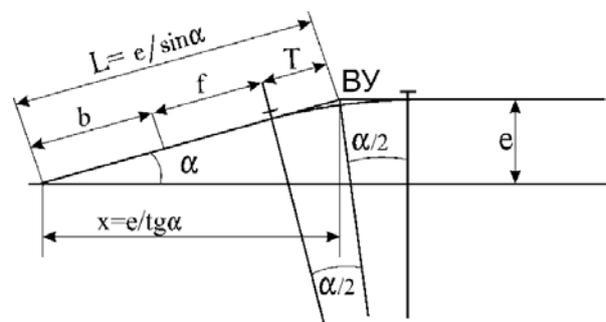


Рис. 13. Схема соединения двух параллельных путей под углом крестовины

При расчёте этого соединения расстояния между осями путей  $e = 5,3$  м, радиус кривой  $R = 200$  м. Данные для расчёта представлены в таблице 1.

Расчёту подлежат координаты вершины угла поворота  $x$  и  $y$ , тангенс кривой  $T$ , длина кривой  $K$ , вставка  $f$ , которая должна быть не меньше расчётной:

$$X = e / \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

$$x = \frac{5,3}{0,111115} = 47,69;$$

$$y = e = 5,3.$$

Таблица 1

Данные для расчёта

Тип рельсов	–	P-65
Марка крестовины	$\operatorname{tg} \alpha$	1/9
Угол крестовины	$\alpha$	6 20'25"
Радиус переходной кривой	$R$ , м	200,0
Расстояние от стыка рамных рельсов до начала острьяков	$m$	2,769
Расстояние от начала острьяков до ЦСП	$a_0$	,458
Расстояние от стыка рамных рельсов до ЦСП	$a = a_0 + m$	,227
Расстояние от ЦСП до математического центра крестовины	$b_0$	,772
Расстояние от МЦ до её заднего стыка	$q$	2,090
Расстояние от ЦСП до торца крестовины	$b = b_0 + q$	,862
Прямая вставка перед крестовиной	$h$	1,757
Полная длина перевода	$L_{\text{п}}$	,039

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (2)$$

$$T = 200 \cdot \operatorname{tg} \frac{6,34}{2} = 11,08.$$

$$K = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180}, \quad (3)$$

$$K = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 6,34}{180} = 22,13.$$

$$f = \frac{e}{\sin \alpha} - b - T, \quad f \geq k, \quad (4)$$

$$f = \frac{5,3}{0,110433} - 15,862 - 11,08 = 21,05.$$

По полученным данным строится дополнительная ветка (рис. 14).

Стрелочные переводы необходимо автоматизировать, это сократит время на маневры и упростит работу осмотрщикам-ремонтникам ВРД. Стоимость участка пути на один километр рассчитана в таблице 2. Длина дополнительной ветки – 280 м, стоимость – не более 4800000 руб.



Рис. 14. Проект дополнительной ветки пути

Таблица 2

Расчёт стоимости материалов, необходимых для построения пути

Наименование, ед. изм.	Расход материалов на 1 км	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Рельс Р-65-ДТ-370 ИК, т	129,76	43536,0	5649231,36
Шпала ШЗ-Д/ЦП638-П-ПД/УБП – ПГ, шт.	1760	3225,03	5676052,80
Ш-ДБ 4*10/ПШР ПГ, шт.	240	4707,62	1129828,80
Щебень, м <sup>3</sup>	1210	1307,46	1582026,60
Геотекстиль, м <sup>2</sup>	4200	39,86	167412
Накладка металлокомпозитная, кмп.	2	8015,08	16030,16
Стык АПАТЭК Р-65 МКС, кмп.	1	81218,0	81218,0
Общая сумма, руб.			14301799,70

Чтобы не было встречных потоков на механосборочном участке, необходимо перепланировать цех и установить добавочные пути для отхода отремонтированных вагонов. Вагоны будут подаваться на пути, после чего кранами устанавливаться на стойла, тележки разбираются и увозятся на ремонт другие цеха. Во избежание в цеху конфликта встречных потоков отремонтированных и подающихся в ремонт вагонов будут организованы дополнительные пути из цеха, чтобы отремонтированные вагоны убирались из участка не по тому же пути, что и поставлялись в ремонт. Не будет скученности вагонов на территории ВРД и перед цехом.

Чтобы поставить новые вагоны в ремонт, необходимо все единицы отремонтированных вагонов выкатить из цеха по новым дополнительным путям. Перед прокладкой путей необходимо разобрать заложённую стену и установить ворота.

Для автоматизации выкатки и подачи тележек по ремонтным путям и разгрузки крана предлагается установить рельсовый путь на позиции сборки и разборки, оснащённые поворотными кругами для грузовых тележек.

Таким образом, увеличится производительность труда в ВРД Чита, намного уменьшатся непроизводительные временные и материальные расходы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дубинин Р. Р., Степанов В. В. Оптимизация транспортно-логистических операций на ВРД Чита / В сб. : Образование – наука – производство : М-лы V Всеросс. научн.-практ. конф. – Чита, 2021. – С. 25–30.
2. Ядыкин В. А., Степанов В. В. Реконструкция цеха для организации кузовного ремонта полувагонов на ВРД Чита // В сб. : Образование – наука – производство : М-лы V Всеросс. научн.-практ. конф. – Чита, 2021. – С. 53–57.

УДК 629.4

## СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВЫПАДЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ ЧЕК ИЗ КОЛОДОК И БАШМАКОВ ТОРМОЗНОЙ РЫЧАЖНОЙ ПЕРЕДАЧИ ПРИ РАЗГРУЗКЕ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С ПОМОЩЬЮ ВАГОНОПРОКИДЫВАТЕЛЕЙ

С. В. Трескин, аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство»  
Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск

Основным видом тормозов, применяемых на отечественном железнодорожном транспорте, служат фрикционные колодочные тормоза. В них тормозная сила создается благодаря прижатию чугунных или композиционных колодок к поверхности катания колес подвижного состава [1].

Для фиксации тормозных колодок в башмаках тормозной рычажной передаче вагонов используют чеки (рис. 1).

Чека представляет собой металлический выпуклый стержень прямоугольного сечения, который в нижней части заострен и в верхней части имеет полочку (головку) для предотвращения перемещения вниз, а также для облегчения её демонтажа при смене тормозной колодки [2]. Площадь сечения чеки уменьшается от её верхней части к нижней. Существует несколько конструкций чек тормозных колодок, наиболее распространена чека для тормозных колодок грузовых вагонов. На рис. 2 представлена ее конструкция с двумя исполнениями полочек (головок).

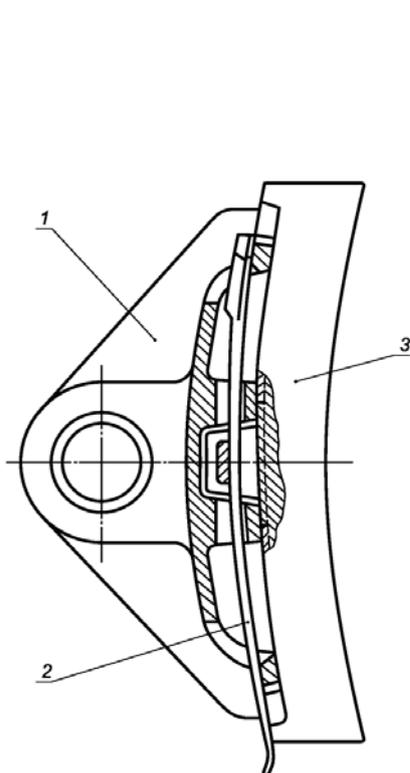


Рис. 1. Соединение тормозной колодки с башмаком тормозной рычажной передачи вагона  
1 – башмак; 2 – чека; 3 – колодка

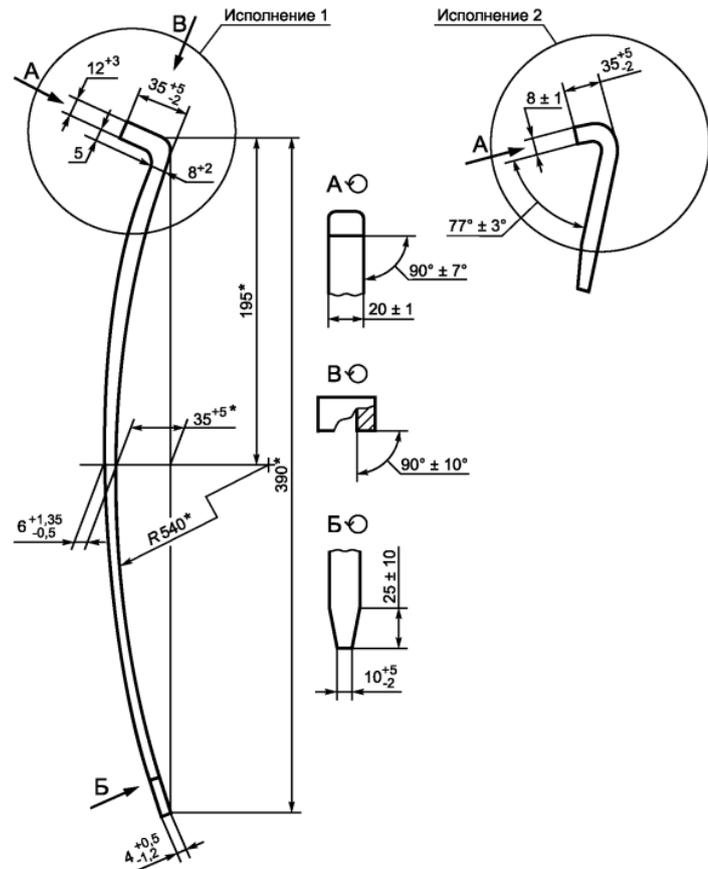


Рис. 2. Конструкция чеки тормозной колодки грузовых вагонов

Сегодня остро стоит проблема выпадения чек из башмаков тормозных рычажных передач при разгрузке грузовых вагонов с помощью вагоноопрокидывателей. Основная причина: при разгрузке вагона с помощью вагоноопрокидывателя чека оказывается перевернутой, а так как в конструкции стандартной чеки и башмака не предусмотрено какого-либо ограничителя от перемещений чеки в перевернутом положении, то появляется возможность её выпадения.

Выпадение чеки неминуемо приводит к выпадению тормозных колодок. Эта проблема приводит к вынужденным задержкам выгрузки вагонов, так как требуется время, чтобы вернуть чеки и колодки на штатные места. Вагоноопрокидыватели предназначены, в основном, для выгрузки сыпучих грузов, например, уголь, руда и т.д., которые могут отправлять на экспорт. Попадание в эти экспортные грузы посторонних предметов, в т.ч. элементов тормозной рычажной передачи вагонов, недопустимо [3].

В условиях реальной эксплуатации подвижного состава для исключения этой проблемы загибают концы тормозных чек (рис. 3), что осложняет процесс замены колодки, или забивают деревянный клин между колодкой и чекой, что также не устраняет полностью проблему выпадения чеки и колодки.

Но кроме способов предотвращения выпадения чеки с применением подручных материалов предлагаются и технически обоснованные решения.

Можно выделить усовершенствование конструкций вагоноопрокидывателей путем применения различных устройств, позволяющих не допустить выпадение чеки, и усовершенствование конструкции башмаков и тормозных колодок с помощью внедрения в их конструкцию различных упоров и фиксаторов.

Можно применить магнитные блоки в конструкции вагоноопрокидывателей. Так, в [4] предлагается вагоноопрокидыватель, оснащенный магнитными блоками с магнитной системой (рис. 4). При разгрузке вагона чеки при помощи магнитной системы примагничиваются к башмакам тормозной рычажной системы, тем самым обеспечивается их фиксация.

Известно другое приспособление для вагоноопрокидывателя, которое обеспечивает надежную фиксацию тормозных чек. В [5] предлагается конструкция вагоноопрокидывателя, в составе которой присутствует стопорный механизм, позволяющий не допустить выпадение чеки из башмака при повороте вагона в роторе вагоноопрокидывателя.

Предлагается также оснащать тормозные колодки фиксирующими пластинами, которые будут ограничивать перемещение чеки, а полочка чеки при



Рис. 3. Загнутая нижняя часть чеки в башмаке

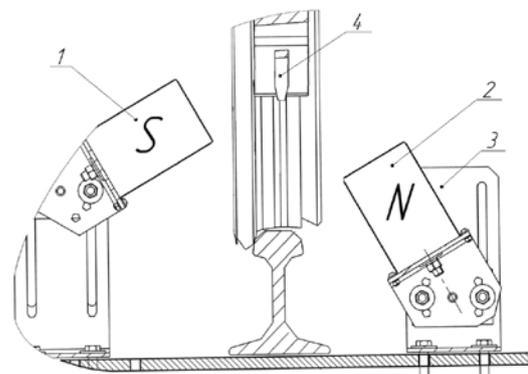


Рис. 4. Магнитное устройство фиксации чек на вагоноопрокидывателе

1, 2 – магнитные блоки; 3 – кронштейн;  
4 – чека

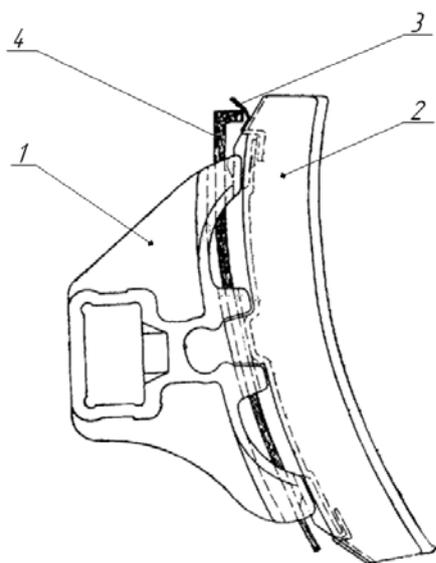


Рис. 5. Соединение тормозной колодки с фиксирующей пластиной и башмаком  
1 – башмак тормозной рычажной передачи; 2 – тормозная колодка; 3 – фиксирующая пластина; 4 – чека с обратной головкой

установке в башмак направлена в сторону кривизны чеки [6]. На рис. 5 показана схема соединения предложенной тормозной колодки и башмака с помощью чеки.

Также существуют предложения по совершенствованию конструкции башмака тормозной рычажной передачи. Например, в [7] предлагается неповоротный башмак, который будет выполнен с запорной планкой и наплывом. Эти усовершенствования могут решить проблему выпадения чеки при повороте вагона в роторе вагоноопрокидывателя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пархомов В. Т. Устройство и эксплуатация тормозов : учеб. для техн. школ. – М. : Транспорт, 1994. – 208 с.
2. ГОСТ 34075-2017. Башмаки и чеки тормозных колодок железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2019. – 31 с.
3. Первый патент портовиков АО «Дальтрансуголь». URL: <http://www.miner.ru/info/2392/> (дата обращения: 15.11.2023).
4. Патент на полезную модель № 197322 U1 Российская Федерация, МПК В65G 67/48. Устройство фиксации тормозных чек полувагона : № 2019106105 : заявл. 05.03.2019 : опубл. 21.04.2020 / В. В. Долгополов ; Заявитель: Акционерное общество «Дальтрансуголь».
5. Патент № 2002696 С1 Российская Федерация, МПК В65G 67/48. Вагоноопрокидыватель : № 05005121 : заявл. 08.07.1991 : опубл. 15.11.1993 / В. С. Тихоньков ; заявитель Предприятие по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей «Уралтеэнерго».
6. Авторское свидетельство № 147222 А1 СССР, МПК В60Т 3/00, В61Н 1/00. Приспособление для предупреждения выпадения чеки тормозной колодки железнодорожного подвижного состава : № 743473 : заявл. 02.09.1961 : опубл. 01.01.1962 / А. А. Галкин, Н. А. Перхуров, Р. Л. Полунов.
7. Патент на полезную модель № 104524 U1 Российская Федерация, МПК В61Н 7/06. неповоротный башмак : № 2011102466/11 : заявл. 24.01.2011 : опубл. 20.05.2011 / Е. В. Луковников, А. Н. Красов.

УДК 629.4

## ПРИМЕНЕНИЕ ДИСКОВЫХ ТОРМОЗОВ В КОНСТРУКЦИИ СКОРОСТНОГО И ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

С. В. Трескин, аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство»  
Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск

В России скоростным движением считается движение поездов со скоростями от 161 до 200 км/ч, а высокоскоростным движением – свыше 200 км/ч.

В России эксплуатируется электропоезд ЭВС «Сапсан» (лицензированная версия немецкого электропоезда Velaro) (рис. 1) [1].

Разработка высокоскоростного подвижного состава собственной конструкции в 1990–начале 2000-х гг. не привела к внедрению его в эксплуатацию. Разработанный в ЦКБ морской техники «Рубин» электропоезд «Сокол-250» по ряду технических и экономических причин не был принят в производство.



Рис. 1. Электропоезд ЭВС «Сапсан»



Рис. 2. Прототип высокоскоростного электропоезда для ВСМ Москва – Санкт-Петербург

С 2022 г. внешнеполитическая ситуация не дает возможности приобретения импортного высокоскоростного подвижного состава. То есть задача разработки собственного подвижного состава, предназначенного для высокоскоростного движения, снова актуальна. К 2028 г. должна быть построена высокоскоростная магистраль (ВСМ) Москва – Санкт-Петербург и начато производство отечественных высокоскоростных электропоездов [2] (рис. 2).

По проекту скорость движения этого электропоезда должна составлять до 400 км/ч.

Парк скоростного подвижного состава в России более обширен. Активно эксплуатируются и производятся серии электропоездов ЭС1/ЭС1П/ЭС2Г/ЭС2ГП «Ласточка» (рис. 3), ЭГ2Тв и ЭГЭ2Тв «Иволга» и т.д.

Однако высокие скорости движения предъявляют высокие требования к уровню безопасности. Для достижения требуемого уровня безопасности движения применяют дисковые тормоза в конструкции подвижного состава [3, 4].



Рис. 3. Электропоезд ЭС2Г «Ласточка»

### Недостатки стандартного колодочного тормоза

Высокая степень нагрева поверхности катания колеса из-за трения колодки приводит к преждевременному его выходу из строя и разрушению; возникновение различных трещин из-за термического воздействия на поверхности катания колес, которые также могут привести к аварийным ситуациям.

### Преимущества дискового тормоза

Существует возможность реализации значительного по величине момента трения при выборе рациональной пары трения; исключение поверхности катания колеса из процесса трения благодаря размещению тормозного диска на оси колесной пары (тем самым продлевается возможный срок службы колеса); возможность реализации рассеивания тепловой энергии, возникающей в процессе трения тормозной накладкой и тормозного диска, путем применения вентилируемого тормозного диска; относительно небольшая масса рычажной системы дисковых тормозов; низкий уровень вибрации по сравнению с колодочными тормозами.

Создание тормозной силы в данном типе пневматических тормозов происходит путем прижатия накладок к тормозному диску, который, как правило, напрессован на ось колесной пары. Накладки могут быть изготовлены как из композиционных (рис. 4), так из металлокерамических материалов (рис. 5).

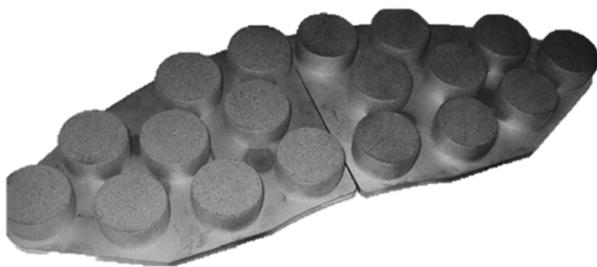
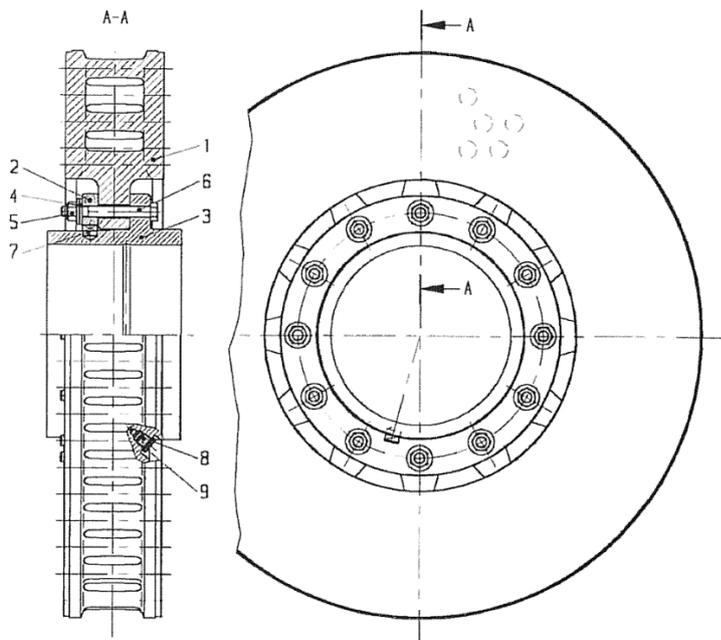


Рис. 4. Композиционная тормозная накладка



Рис. 5. Металлокерамическая тормозная накладка

Тормозной диск конструктивно может быть выполнен в виде сплошного или сборного диска для его вентиляции. Применение вентилируемого тормозного диска обусловлено тем, что фрикционные свойства материалов, например, чугуна, зависят от температуры нагрева [5–7]. В паре трения со сплошным диском используются металлокерамические накладки, а с вентилируемым – композиционные накладки. В качестве материала для его изготовления применяют алюминий или чугун. На рис. 6 представлена схема вентилируемого тормозного диска производства компании KNORR-BREMSE.



В паре трения со сплошным диском используются металлокерамические накладки, а с вентилируемым – композиционные накладки. В качестве материала для его изготовления применяют алюминий или чугун. На рис. 6 представлена схема вентилируемого тормозного диска производства компании KNORR-BREMSE.

В конструкциях скоростного и высокоскоростного подвижного состава,

Рис. 6. Вентилируемый тормозной диск  
1 – фрикционный диск; 2 – зажимное кольцо; 3 – ступица; 4 – зажимная шайба или втулка; 5 – стопорная гайка; 6 – винт с шестигранной головкой; 7 – болт для стопорения вращения; 8 – резьбовая пробка; 9 – уплотнительное кольцо

которые эксплуатируются на сети отечественных железных дорог, используются дисковые тормоза в трех конструктивных исполнениях. Конструкции всех типов дисковых тормозов подобны. Обычно дисковые тормоза включают в свою конструкцию от двух до трех (в некоторых случаях четырех) тормозных дисков, к которым прижимаются тормозные накладки с помощью клещевых механизмов тормозных цилиндров. В безлюлечных пассажирских тележках моделей 68-4071 (68-4072), 68-4075 (68-4076), 68-4095, 68-4096 (рис. 7) применяются дисковые тормоза отечественного производства со сплошным тормозным диском.

В тележках немоторных вагонов скоростных и высокоскоростных электропоездов («Сапсан», «Ласточка») используются дисковые тормоза, в конструкции которых применяются вентилируемые тормозные диски (рис. 8).

В конструкции тележек моторных вагонов скоростных и высокоскоростных электропоездов используются дисковые тормоза с тормозным диском, который установлен в колесо подвижного состава (рис. 9).

Таким образом, дисковые тормоза служат обязательным атрибутом в конструкции скоростного и высокоскоростного подвижного состава железнодорожного транспорта. Применение таких тормозных систем обусловлено значительными техническими достоинствами по сравнению со стандартными колодочными тормозами, применяемыми на локомотивах, пассажирских и грузовых вагонах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Родченко В. А., Зандарашвили Д. С. Высокоскоростное железнодорожное движение. Мировой опыт и перспективы в России : учебное пособие. – М. : МГУПС (МИИТ), 2015. – 116 с.
2. Что дадут экономике высокоскоростные магистрали. URL: <https://rg.ru/2023/08/27/chto-dadut-ekonomike-vysokoskorostnye-magistrali.html> (дата обращения: 15.11.2023).
3. Анисимов, П. С. Высокоскоростные железнодорожные магистрали и пассажирские поезда : монография / П. С. Анисимов, А. А. Иванов. – Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2011. – 542 с.
4. Анисимов, П. С. Тормозное оборудование высокоскоростных поездов / П. С. Анисимов // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 2. – С. 72–77.
5. Analysis of the factors influencing the friction coefficient of the train brake pad / P. Yu. Ivanov, E. Yu. Dulsky, S. P. Kruglov [et al.] // AIP Conference Proceedings : Proceedings of the iv international scientific conference on advanced technologies in aerospace, mechanical and automation engineering (MIST: Aerospace-IV 2021), Krasnoyarsk, 10–11 декабря 2021 года. Vol. 2700. – Krasnoyarsk: American Institute of Physics Inc., 2023. – P. 020036.

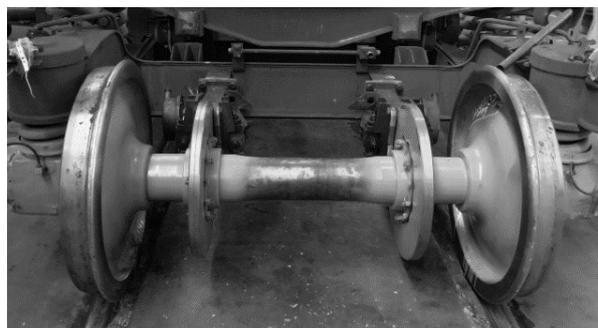


Рис. 7. Дисковые тормоза тележки 68-4096



Рис. 8. Дисковые тормоза с вентилируемыми тормозными дисками

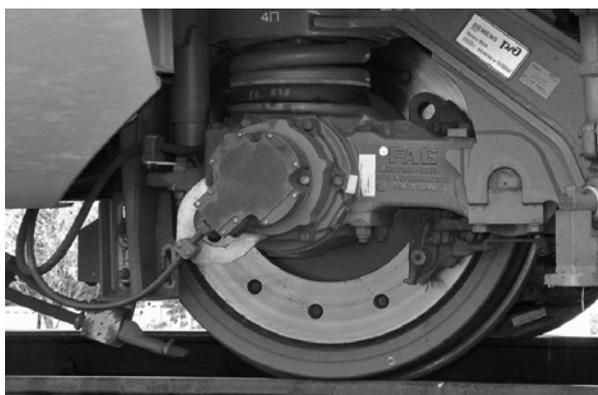


Рис. 9. Дисковые тормоза моторного вагона высокоскоростного поезда ЭВС «Сапсан»

6. Исследование температуры тормозных колодок с разной степенью износа в процессе фрикционного торможения / П. Ю. Иванов, А. М. Худоногов, Е. Ю. Дульский [и др.] // Вестник УрГУПС. – 2020. – № 3 (47). – С. 27–34.
7. Study of the influence of the brake shoe temperature and wheel tread on braking effectiveness / P. Ivanov, A. Khudonogov, E. Dulskiy [et al.] // Journal of Physics: Conference Series, Voronezh, 10–13.12. 2019. – Voronezh, 2020. – P. 012086.

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ, СИСТЕМЫ РЕМОНТА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ И ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ

УДК 629.05

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ОНЛАЙН-ОБНОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ КЛУБ И БЛОК НА ЛОКОМОТИВАХ

С. Г. Истомина, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Подвижной состав электрических железных дорог» Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, Россия

К. В. Богунов, технолог производственного участка по ремонту контрольно-измерительных приборов и приборов безопасности локомотивного депо ТЧЭ-12 Петропавловск, г. Петропавловск, Республика Казахстан

Использование инновационных технологий позволит ОАО «РЖД» занять лидирующее положение на местном и международном рынках транспортных услуг. Одно из важных направлений развития – внедрение современных спутниковых навигационных технологий, основанных на использовании систем ГЛОНАСС/GPS и цифровой связи для повышения эффективности перевозок и безопасности движения [1].

Очень перспективна разработка системы обновления электронных карт электроподвижного состава железных дорог с использованием беспроводных технологий. В настоящее время электронные карты электроподвижного состава обновляют в соответствии с технологией (рис. 1).

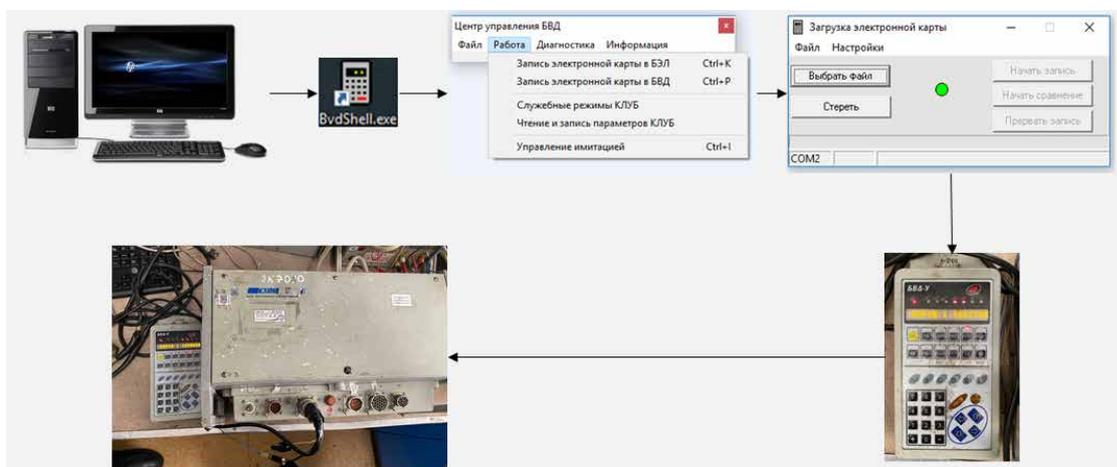


Рис. 1. Существующая технология записи и обновления электронных карт приборов безопасности КЛУБ на локомотивах

Для обновления электронной карты мастер участка при помощи компьютера запускает программу BvdShell.exe, открывается Центр управления БВД. Нажатием вкладки «Запись электронной карты в БВД» открывается окно «Загрузки электронной карты», далее выбирают актуальную электронную карту и нажимают кнопку «Запись карты», карта записывается в БВД-У, а затем БВД-У подключают к БЭЛ и обновляют электронную карту [2, 3].

Недостатки этой технологии: занимает много времени, для записи задействовано несколько человек, использование проводного соединения для записи электронной карты.

Для разработки системы онлайн-обновления электронных карт были изучены и проанализированы все популярные виды беспроводной связи (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, GSM и LoRa; рис. 2).

На основании сравнительного анализа установлено, что технология LoRa обладает наибольшей дальностью работы, ценой ниже среднего и самым низким потреблением электроэнергии, однако у нее низкая пропускная способность, но это неважно, так как скорость передачи в CAN-шине тоже не велика [4].

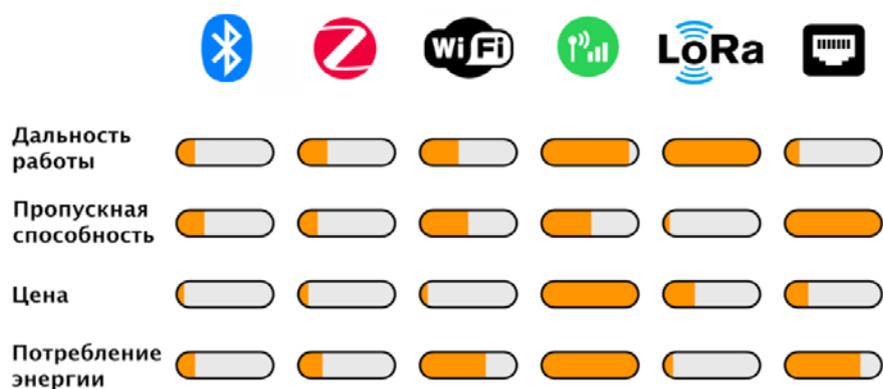


Рис. 2. Сравнительные характеристики видов беспроводной связи

Для оценки эффективности работы разрабатываемого устройства на технологии LoRa при помощи спутниковых карт измерены расстояния до основных точек нахождения локомотивов на ст. Петропавловск. Самое большое расстояние составило 1,46 км, что говорит о стопроцентном покрытии связью LoRa зоны обслуживания локомотивов. Технология передачи информации на локомотив в пределах зоны покрытия связи LoRa представлена на рис. 3.

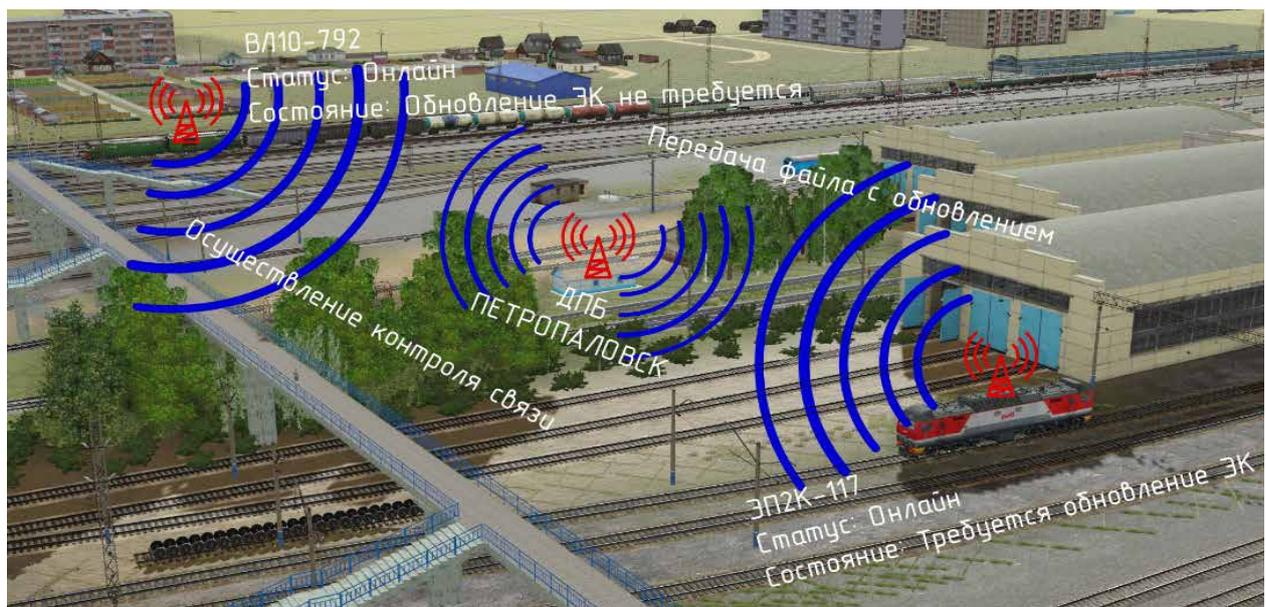


Рис. 3. Технология передачи информации на локомотив в пределах зоны покрытия связи LoRa

Для передачи информации на борт локомотива посредством технологии LoRa предлагается разработать два устройства: блок приема передачи сигнала оператора (БПСО) и блок приема-передачи сигнала локомотива (БПСЛ).

Структура компоновки БПСО представлена на рис. 4. К компьютеру подключается микроконтроллер «Ардуино Уно», к нему – модуль Ebyte E32-433T30D с подключенной к нему антенной BalticSignal, которая обменивается информацией с модулем и «Ардуино».

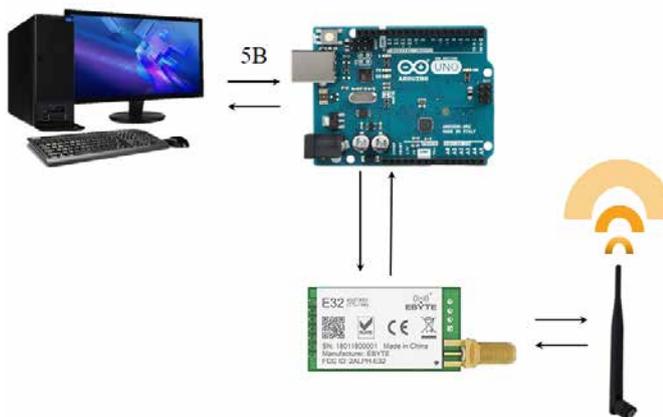


Рис. 4. Структура компоновки БПСО

Структура компоновки БПСЛ представлена на рис. 5. Из цепей управления

50 В идет на питание блока электрического локомотивного (БЭЛ), также 50 В приходит на DC-DC преобразователь для понижения напряжения до 5 В для питания «Ардуино Уно». После подачи напряжения на «Ардуино Уно» включается модуль Ebyte E32-433T30D с подключенной к нему антенной BalticSignal, которая обменивается информацией с модулем и «Ардуино».

В случае передачи обновленной электронной карты из БПСО в БПСЛ файл, пройдя через модуль и «Ардуино», попадает на CAN-преобразователь MCP2515, который через CAN-шину начинает запись обновленной электронной карты в БЭЛ.

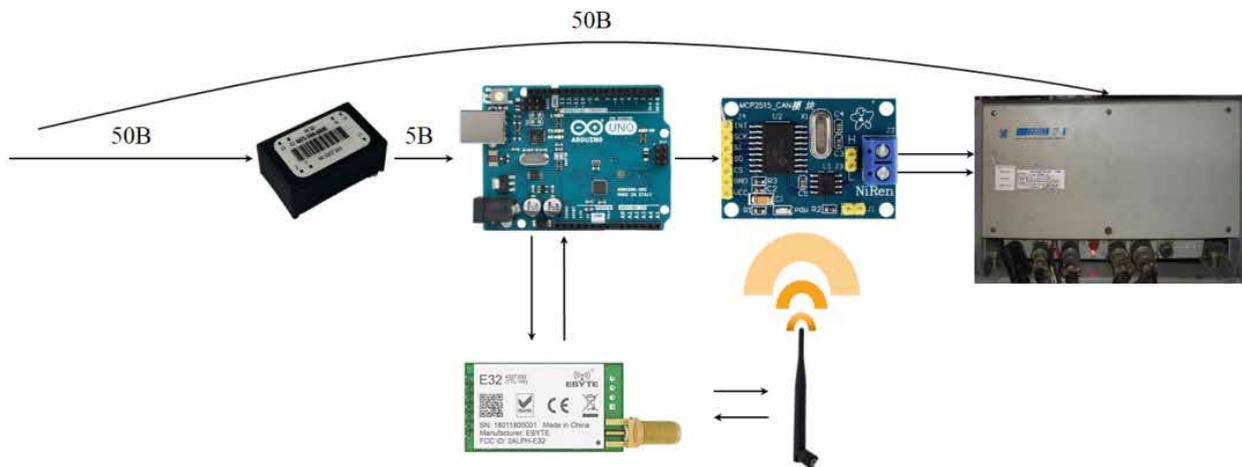


Рис. 5. Структура компоновки БПСЛ

В целях размещения предлагаемых комплектующих для БПСО и БПСЛ были разработаны и изготовлены три корпуса (рис. 6) на 3D-принтере марки ZENIT.

В качестве материала для изготовления выбран пластик марки PETG, который обладает отличной электроизоляцией, повышенной жесткостью и прочностью за счет добавления в филамент модифицированной гликоли.

Для нанесения подписей входов, выходов и других элементов БПСО и БПСЛ разработаны наклейки в программе CorelDraw.



Рис. 6. Корпуса БПСО, БПСЛ и DC-DC преобразователя

На рис. 7 приведена установка всех плат в готовые корпуса и заранее подготовлены провода, штекеры которых были посажены в термоусадку для создания одного большого штекера и исключения запутывания проводов.



Рис. 7. Установка плат в готовые корпуса

После установки элементов при помощи проводов платы подключаются к микроконтроллеру согласно макетным электрическим схемам (рис. 8). Подключение должно строго соблюдаться, иначе возможны выходы из строя устройств или их неверная работа.

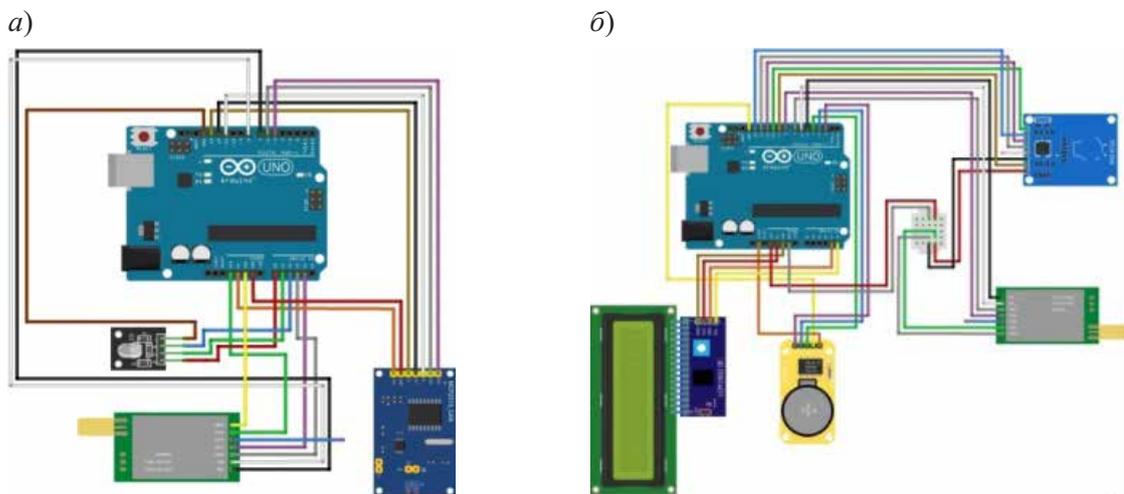


Рис. 8. Макетные электрические схемы БПСЛ (а) и БПСО (б)

Для управления системой онлайн-обновления (блоками БПСЛ и БПСО) разработано специальное программное обеспечение. Для передачи файла во всплывающем меню выбора порта выбирается порт подключения БПСО, затем – «Отправить файл» – «Открыть». После успешной передачи появляется окно «Файл успешно отправлен», а на экране БПСО в течение трех-пяти секунд горит сообщение «Передача файла».

Приложение может и обновлять прошивку на самих устройствах. Для этого БПСЛ или БПСО подключаются к компьютеру, во вкладке выбора платы выбирается «Ардуино Uno R3» (их существует большое количество: Mega, Nano, Leonardo и т.д.), после выбора типа платы нажимается кнопка «Начать прошивку», открывается окно выбора файла прошивки в формате .ino, после выбора нажать кнопку «Открыть», плата начнет обновление, после успешного обновления появится окно «Прошивка успешно загружена на Arduino!»

При проверке устройства проведен эксперимент по передаче настоящей актуальной электронной карты локомотива весом 2 Мб, которая используется в ТЧЭ-12 Петропавловск. Время

передачи электронной карты составило 32 минуты, а это превосходный результат системы, так как обновление при помощи штатного устройства БВД-У идет три-четыре часа. Также при помощи логического анализатора протестирована работа CAN-преобразователя MCP2515; анализатор подключался к выходам CAN-преобразователя и в программе Logic 2 отображены CAN-сигналы на выходах, что говорит об исправности системы и подтверждает факт передачи файла по CAN-шине.

Таким образом, разработанное устройство онлайн-обновления электронных карт систем безопасности КЛУБ, БЛОК на локомотивах позволит повысить качество обслуживания подвижного состава, уменьшить продолжительность и трудоемкость работ, увеличит производительность труда, уменьшит простои локомотивов и, как следствие, улучшит экономические показатели ОАО «РЖД».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция реализации комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога»: утверждена распоряжением ОАО «РЖД» № 1285 от 05.12.2017.
2. Астрахан В.И., Зорин В.И., Кисельгоф Г.К. Унифицированное комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ-У). – М. : УМЦ ЖДТ, 2014. –177 с.
3. Распоряжение ОАО «РЖД» от 15.01.2014 № 44р. О вводе в действие временной инструкции о порядке формирования, внесения изменений и вводе в эксплуатацию электронных карт систем КЛУБ-У, КЛУБ-УП, БЛОК.
4. LoRaWAN™ Specification.

УДК 629.423.31

## ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ (ЭПС) ПОСТОЯННОГО ТОКА

Т. Д. Семенов, 4-й курс (научный руководитель – Н. О. Фролов, канд. техн. наук)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Машины постоянного тока, применяемые в качестве тяговых электродвигателей (ТЭД) на ЭПС, обладают своими регулировочными особенностями, которые и служат определяющими факторами при проектировании систем управления электровоза или электропоезда.

Так, скорость движения на ЭПС с ТЭД постоянного тока определяется по известной формуле [1]:

$$V = \frac{U_d - I_y (r_d + r_n)}{C \Phi_0},$$

где  $U_d$  – напряжение, подводимое к двигателю, В;  $I_y$  – ток якоря, А;  $r_d$  – сопротивление двигателя, Ом;  $r_n$  – сопротивление пусковых резисторов, Ом;  $C$  – конструктивная постоянная колесно-моторного блока;  $\Phi_0$  – основной магнитный поток, Вб.

Из выражения (1) следует, что регулировать скорость ЭПС можно либо изменением подводимого напряжения, либо изменением сопротивления пусковых резисторов, либо изменением основного магнитного потока ТЭД.

Каждый способ подразумевает как ступенчатое, так и плавное регулирование.

На современном ЭПС постоянного тока в большинстве случаев применяются ступенчатые способы регулирования, требующие большого количества коммутационной аппаратуры. Ступенчатые способы регулирования, несмотря на простоту реализации, характеризуются бросками тока при пуске и перегруппировке ТЭД, нестабильностью тяговых усилий при разгоне, а также наличием больших потерь на активных сопротивлениях.

Плавные способы регулирования основаны на импульсном преобразовании напряжения, они более сложны, для их реализации требуются быстродействующие полупроводниковые приборы, но при всем этом плавное регулирование позволяет равномерно регулировать скорость и силу тяги ЭПС.

Принципиальная схема импульсного регулирования напряжения на электроподвижном составе приведена на рис. 1, а.

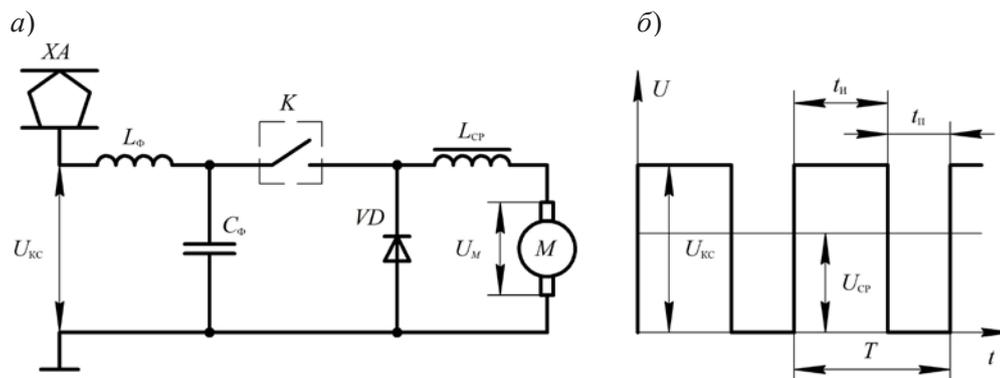


Рис. 1. Схема импульсного регулирования напряжения на ЭПС  
а – принципиальная схема; б – диаграмма напряжений

На рис. 1, *а* входной фильтр, состоящий из дросселя  $L_{\phi}$  и конденсатора  $C_{\phi}$ , обеспечивает сглаживание пульсаций, коммутирующий ключ  $K$  постоянно включается и отключается, обеспечивая импульсную подачу напряжения на двигатель  $M$ , сглаживающий реактор  $L_{\text{ср}}$  обеспечивает накопление электромагнитной энергии, обратный диод  $VD$  создает цепь нагрузки при размыкании ключа  $K$ .

На диаграмме напряжений (рис. 1, *б*) в интервал времени  $t_{\text{и}}$  (продолжительность импульса) ключ открыт, а в интервал  $t_{\text{п}}$  (продолжительность паузы) закрыт. Также из приведенной диаграммы следует, что напряжение, подводимое к двигателю, определяется следующим образом:

$$U_M = U_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{и}}}{t_{\text{и}} + t_{\text{п}}} U_{\text{кc}} = \frac{t_{\text{и}}}{T} U_{\text{кc}} = \lambda U_{\text{кc}},$$

где  $U_{\text{кc}}$  – напряжение контактной сети, В;  $U_{\text{кc}}$  – напряжение, подводимое к ТЭД, В;  $T$  – период импульса, мс;  $\lambda$  – коэффициент заполнения.

Из формулы (2) следует, что существует несколько видов импульсного регулирования напряжения: широтно-импульсное (ШИР). При таком регулировании изменяется продолжительность импульсов, а их частота чередования остается неизменной; частотно-импульсное (ЧИР); подразумевает изменение периода импульсов при постоянной его продолжительности; широтно-частотное изменяется как период импульсов, так и их продолжительность.

Импульсные способы регулирования порождают импульсный характер тока в контактной сети, что сильно сказывается на радиосвязи и низковольтных линиях вблизи контактной сети. Поэтому импульсный преобразователь (ИП) необходимо подключать к контактной сети через мощные фильтры, которые сглаживают пульсации тока до допустимой величины.

Оптимальный способ импульсного регулирования – ШИР, поскольку при таком способе при постоянном включении коммутирующего ключа в силовую цепь напряжение ТЭД поддерживается постоянным и не зависит от колебаний напряжения в контактной сети, а благодаря постоянной частоте импульсов входной фильтр будет не таким громоздким и дорогим.

Не менее важным показателем при импульсном регулировании является коэффициент мощности ( $\cos\phi$ ), он напрямую зависит коэффициента заполнения  $\lambda$ .

На рис. 2 приведены возможные схемы подключения ТЭД к ИП для четырехосной секции электропоезда 2ЭС6.

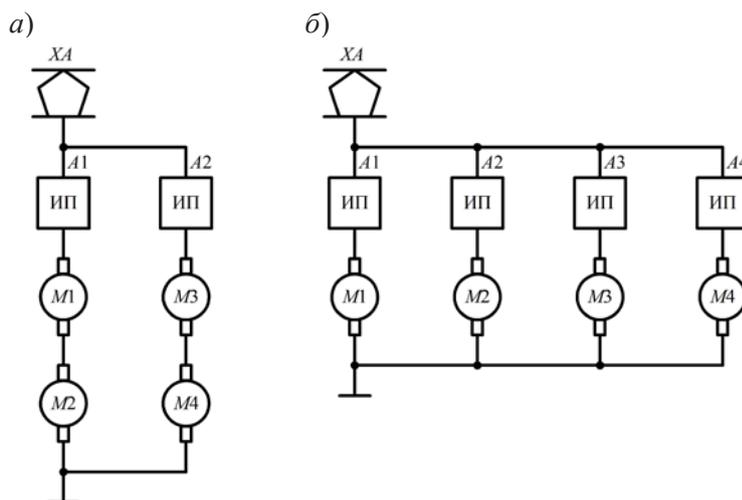


Рис. 2. Варианты подключения преобразователей  
*а* – потележечное регулирование; *б* – поосное регулирование

Как видно, при подключении ИП к двум последовательно соединенным ТЭД (рис. 2, *а*) при напряжении в контактной сети  $U_{\text{кc}} = 3000$  В и номинальном напряжении ТЭД  $U_{\text{Мном}} = 1500$  В коэффициент заполнения  $\lambda = 1$ .

Если же подключать ТЭД индивидуально (рис. 2, б), то при тех же условиях коэффициент заполнения в номинальном режиме работы ТЭД составит  $\lambda = 0,5$ .

Возможны два режима работы ИП на ЭПС: ИП может быть подключен в силовую цепь постоянно или работать ограниченное время (рис. 3).

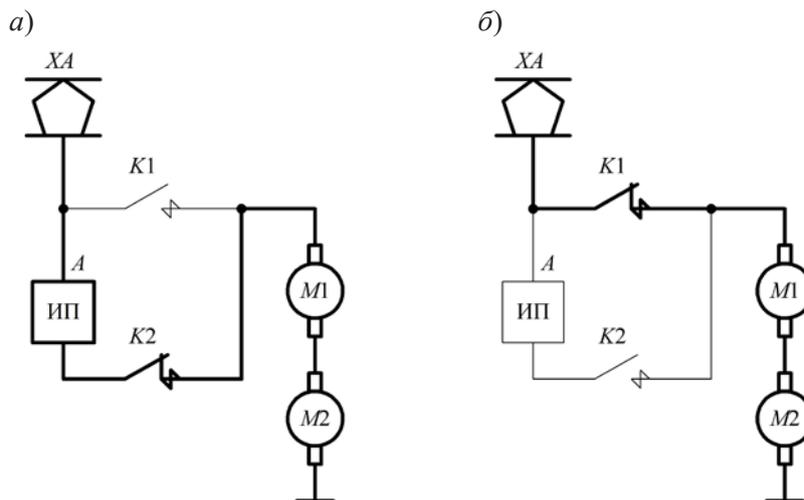


Рис. 3. Импульсный пуск

а – преобразователь подключен; б – преобразователь отключен

Схема импульсного пуска для двух последовательно соединенных двигателей приведена на рис. 3. При пуске и разгоне контакты контактора  $K2$  замыкаются (рис. 3, а), преобразователь подключается к силовой цепи. Далее происходит плавное повышение напряжения до величины напряжения контактной сети, после чего замыканием контактов контактора  $K1$  и размыканием контактов контактора  $K2$  (рис. 3, б) ИП выводится из силовой цепи, а ТЭД подключаются к контактной сети напрямую.

Применение ИП на ЭПС будет рациональным при подключении двух последовательно соединенных ТЭД с постоянным включением преобразователя – не нужно применять реостатный пуск и перегруппировывать ТЭД.

Для двигателей ЭДП-810У1 грузовых электровозов 2ЭС6 реализация повышенных токовых нагрузок в сочетании с повышенным значением питающего напряжения с большой вероятностью ведет к появлению и развитию дуговых явлений [3].

Применение ИП может частично решить эту проблему. Путем изменения коэффициента заполнения можно добиться стабилизации выходного напряжения преобразователя, независимого от напряжения в контактной сети. Такой подход может положительно сказаться на работе тяговых электрических машин, особенно на предельно нагружаемых ТЭД грузовых электровозов.

На отечественном ЭПС применялись однооперационные тиристоры с частотой импульсов 400 Гц. Из-за этого возникала необходимость в сильном сглаживании пульсаций и искусственной коммутации тиристоров [2]. Современные IGBT-транзисторы обладают высоким быстродействием, полностью управляемы. Повышение частоты импульсов обеспечивает уменьшение пульсации при регулировании, что позволяет снизить массу и габариты сглаживающего реактора. А возможность полного закрытия транзисторов позволяет отказаться от аппаратов искусственной коммутации.

В схеме, приведенной на рис. 4, а, коммутирующий ключ включен в цепь последовательно с нагрузкой. Такая схема в электроприводе редко применяется самостоятельно, зачастую к ней добавляют параллельно дополнительный транзистор (рис. 4, а), получая область регулирования, приведенную на рис. 4, в. Такая схема обеспечивает двигательный и генераторный режимы работы электрической машины. Кроме того, добавлением еще двух транзисторов можно получить мостовую схему преобразователя (рис. 4, б), расширив область регулирования (рис. 4, з).

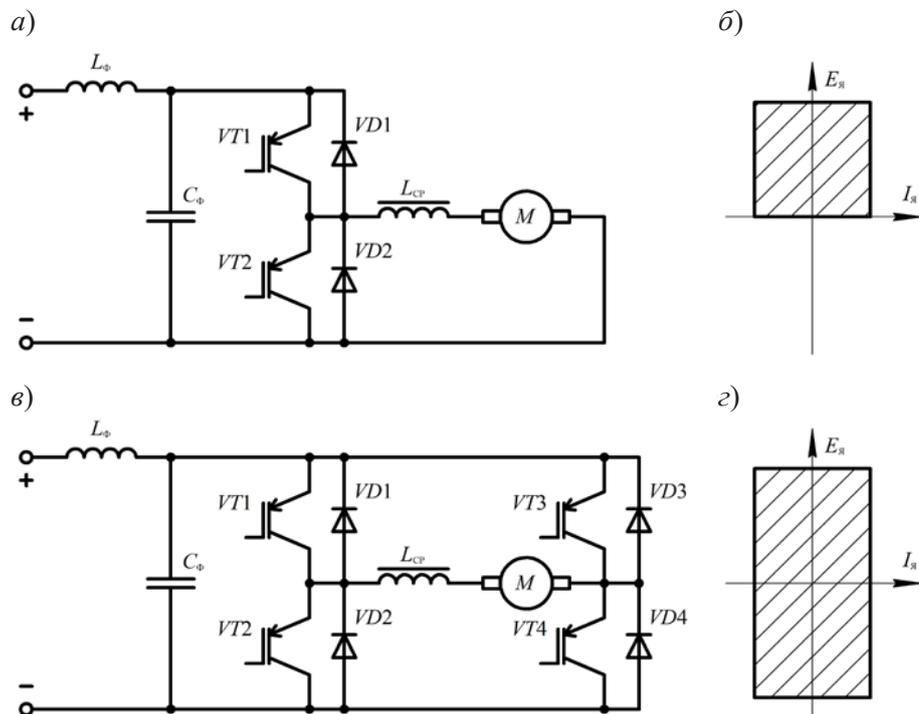


Рис. 4. Схемы импульсных преобразователей напряжения  
 а – двунаправленный ИП; б – реверсивный двунаправленный ИП; в, г – области регулирования

Обе схемы, представленные на рис. 4, обеспечивают возможность работы двигателя в режиме тяги и электрического торможения. Существенное отличие заключается в том, что схема, приведенная на рис. 4, б, обеспечивает полностью бесконтактное реверсирование электрической машины [4]. Однако такое решение не становится столь необходимым для тягового привода ЭПС постоянного тока. Наиболее подходящая схема, приведенная на рис. 4, а. Реверсирование двигателей останется «классическим» для ЭПС постоянного тока и будет осуществляться контактными переключателями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Усов В. А. Тяговые аппараты и системы управления электроподвижного состава. Ч. 2. Системы управления электроподвижного состава : конспект лекций. – Екатеринбург : УрГУПС, 2021. – 62 с.
2. Гуткин Л. В., Дымант Ю. Н., Иванов И. А. Электропоезд ЭР200. – М. : Транспорт, 1981. – 192 с.
3. Дурандин М. Г., Иванов И. Г. Анализ потенциальной устойчивости тяговых электродвигателей грузовых электровозов 2ЭС6 // Транспорт Урала. – 2015. – № 1 (44). – С. 84–91.
4. Анучин А. С. Системы управления электроприводов : учебник для вузов. – М. : Изд. дом МЭИ, 2015. – 343 с.

УДК 629.423

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

К. И. Доманов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог»  
И. Б. Остроухов, 5-й курс  
Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск

Одно из перспективных направлений повышения энергоэффективности электропоездов – использование альтернативных источников энергии, например, водородных топливных элементов и литий-ионных аккумуляторов. Эти технологии позволяют значительно снизить выбросы вредных веществ и повысить общую эффективность работы электропоездов.

Однако для эффективного использования этих технологий необходимо учитывать множество факторов: профиль пути, сопротивление движению, масса состава и др. Применение водородных топливных элементов и литий-ионных аккумуляторов в сочетании с рекуперативным торможением может повысить энергоэффективность электропоездов.

В Италии модифицирован и испытан на реальном участке эксплуатации Реджо-Ди-Калабрия – Катандзаро-Лидо электропоезд Hitachi Blues (рис. 1) [1]. Для этого ученые и инженеры провели множество расчетов для нахождения оптимальной мощности водородных топливных элементов и литий-ионных аккумуляторных батарей, изучили возможность их применения.



Рис. 1. Электропоезд Hitachi Blues

Рассчитывались следующие параметры: мощность аккумулятора (1) и состояние заряда батареи (2).

$$P_B = I_B \left( V_{B, \text{const}} - K \frac{Q_{B, \text{tot}}}{Q_{B, \text{tot}} - Q_B} Q_B + V_{\text{exp}} e^{\left( \frac{Q_B}{Q_{\text{exp}}} \right)} - D^* - R_B I_B \right), \quad (1)$$

где  $I_B$  – ток батареи, А;  $V_{B,\text{const}}$  – напряжение аккумуляторной батареи, В;  $Q_{B,\text{tot}}$  – общая емкость батареи, А·ч;  $Q_B$  – емкость батареи, А·ч;  $V_{\text{exp}}$  – экспоненциальное напряжение, В;  $Q_{\text{exp}}$  – экспоненциальная емкость батареи, А·ч;  $D^*$  – параметр зависящий от низкочастотной динамики различную от количества фаз заряда и разряда;  $R_B$  – собственное сопротивление аккумуляторной батареи, Ом.

$$SOC_B = 100 \left[ 1 - \frac{1}{Q_{B,\text{tot}}} \int_0^t I_B dt \right]. \quad (2)$$

Гибридный электропоезд с полностью аккумуляторной передачей и применением топливных элементов на базе литий-ионных аккумуляторов и баллонов давлением величиной 700 бар (70 МПа) обеспечил пробег около 130 км, при этом около 80 % энергии было восстановлено при помощи рекуперации.

Железнодорожный транспорт активно внедряет искусственный интеллект (ИИ) для управления работой электропитания и полного анализа состояния аккумуляторных батарей [2]. Применение ИИ на гибридных электропоездах необходимо для расчета оптимального режима работы аккумуляторной батареи. С помощью ИИ можно будет определить точность износа аккумуляторных батарей:

$$P_l = D \cdot \exp\left(\frac{K_b}{SU}\right) (B_g)^2, \quad (3)$$

где  $D$  – предэкспоненциальная составляющая;  $K_b$  – эффективная площадь;  $SU$  – коэффициент текучести;  $B_g$  – удельная теплоемкость.

Количество потребления электроэнергии на электроподвижном составе зависит от множества факторов: вес поезда, сопротивление движения, состояние пути и другие. Если учитывать все эти факторы, то можно определить, сколько энергии потратит состав. Также необходимо учитывать, что современные поезда могут самостоятельно вырабатывать электроэнергию; для этого применяется рекуперативное торможение, когда тяговый электродвигатель начинает работать в режиме генератора и вырабатывать электрическую энергию, которая потом возвращается назад в контактную сеть.

Из-за специфики работы электропоездов можно восстановить большое количество электрической энергии благодаря рекуперативному торможению. В статье [3] рассматривается возможность определения эффективности рекуперативного торможения. Так, эффективность рекуперативного торможения характеризуется как экспоненциальная функция уровня замедления:

$$\eta_{re}(t) = \begin{cases} \frac{1}{e^{\frac{\alpha}{|a(t)|}}}, \\ 0, \end{cases} \quad (4)$$

где  $a(t)$  – калибровочный параметр.

В России тоже ведутся разработки в повышении энергоэффективности электроподвижного состава.

В России разрабатывается гибридный электропоезд с применением аккумуляторных батарей [4]. Он необходим для организации движения на участках стыкования электрифицированного и неэлектрифицированного пути. Пока на многих дорогах пассажиров перевозят дизель-поездами PA1, PA2, PA3 (рис. 2, а) и по системе PUSH-PULL (рис. 2, б); в состав электропоезда добавляется пассажирский тепловоз ТЭП70БС, что позволяет поезду проследовать по неэлектрифицированным участкам железнодорожного пути.

В 2023 г. на выставке «PRO//Движение.Экспо» Новочеркасский электровозостроительный завод представил контактно-аккумуляторный маневренный электровоз ЭМКА2, работающий на

а)



б)

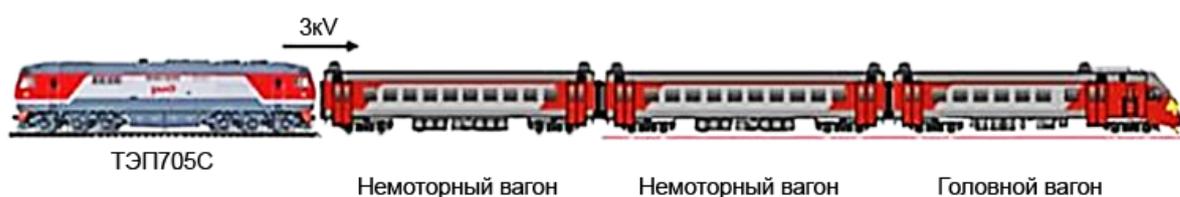


Рис. 2. Решение проблемы перевозок пассажиров на неэлектрифицированных участках  
 а – внешний вид РА3; б – технология по системе PUSH-PULL

постоянном токе и оборудованный асинхронными тяговыми двигателем (рис. 3) [5]. Он способен выполнять все виды работ, которые выполняются дизельными маневровыми тепловозами. Этот электровоз можно заряжать от контактной сети напряжением 3 кВ (как во время движения, так и когда он стоит) или от обычных промышленных источников электроэнергии. Зарядка



Рис. 3. Маневровый контактно-аккумуляторный электровоз ЭМКА2

аккумуляторных батарей осуществляется как от контактной сети напряжением 3 кВ, так и от промышленных источников энергии. Батарея и тяговая система ЭМКА2 позволяют ему без подключения к контактной сети перевозить состав массой до 2000 т на расстояние до 14 км. Без поезда электровоз может проехать до 100 км благодаря питанию от батареи. Использование локомотивов на литий-ионных батареях вместо маневровых тепловозов помогает сэкономить до 70–80 % топлива, на 40–60 % снизить текущие эксплуатационные затраты и уменьшить уровень шума.

Основная проблема железнодорожного транспорта во всем мире – повышение энергоэффективности и уменьшение вредного воздействия на окружающую среду. Для решения проблемы предлагается создать гибридный электропоезд на аккумуляторах с применением ИИ на базе эксплуатируемых электропоездов. Здесь ИИ будет рассчитывать энергоэффективное управление, контролировать техническое состояние аккумуляторных батарей и переключать питание с контактной сети на аккумуляторные батареи в нужный момент. Рассчитанное количество батарей будет равномерно распределяться по всей длине электропоезда с учетом силы давления колеса на рельс.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Piraino, F., Genovese, M., Pagnotta, L., Caposciutti, M., Flaccomio Nardi Dei, L., & Fragiaco, P. (2023). Integrated hydrogen and battery energy systems as emergency backup in electric trains. *Energy Conversion and Management: X*, 18, 100382.
2. Zhi, L., Ying, G., Baifen, L. (2022). An artificial intelligence-based electric multiple units using a smart power grid system. *Energy Reports* 8 13376–13388.
3. Wang, J., Hesham, A., Rakha (2017). Electric train energy consumption modeling. *Applied Energy*, 193, 346–355.
4. Рамблер/путешествия. URL: <https://travel.rambler.ru/news/51066586-stm-razrabatyvaet-elektropoezd-na-gibridnom-dvizhenii/> (дата обращения: 30.10.2023).
5. ROLLINGSTOCK. URL: <https://rollingstockworld.ru/lokomotivy/tmh-predstavil-kontaktno-akkumulyatornyj-manevrovuj-lokomotiv-emka2> (дата обращения: 09.11.2023).

УДК 629.05

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ОАО «РЖД» ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЯГИ ПОЕЗДОВ

С. Г. Истомин, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Подвижной состав электрических железных дорог» Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск

На тягу поездов приходится около 85% всех расходов топливно-энергетических ресурсов. Ежегодно ОАО «РЖД» реализует мероприятия по повышению энергетической эффективности тяги поездов. Как правило, их эффективность зависит от научно обоснованных методик их проведения и оценки.

Классификация нормативно-технической документации ОАО «РЖД» по повышению энергоэффективности тяги поездов представлена на рис. 1.

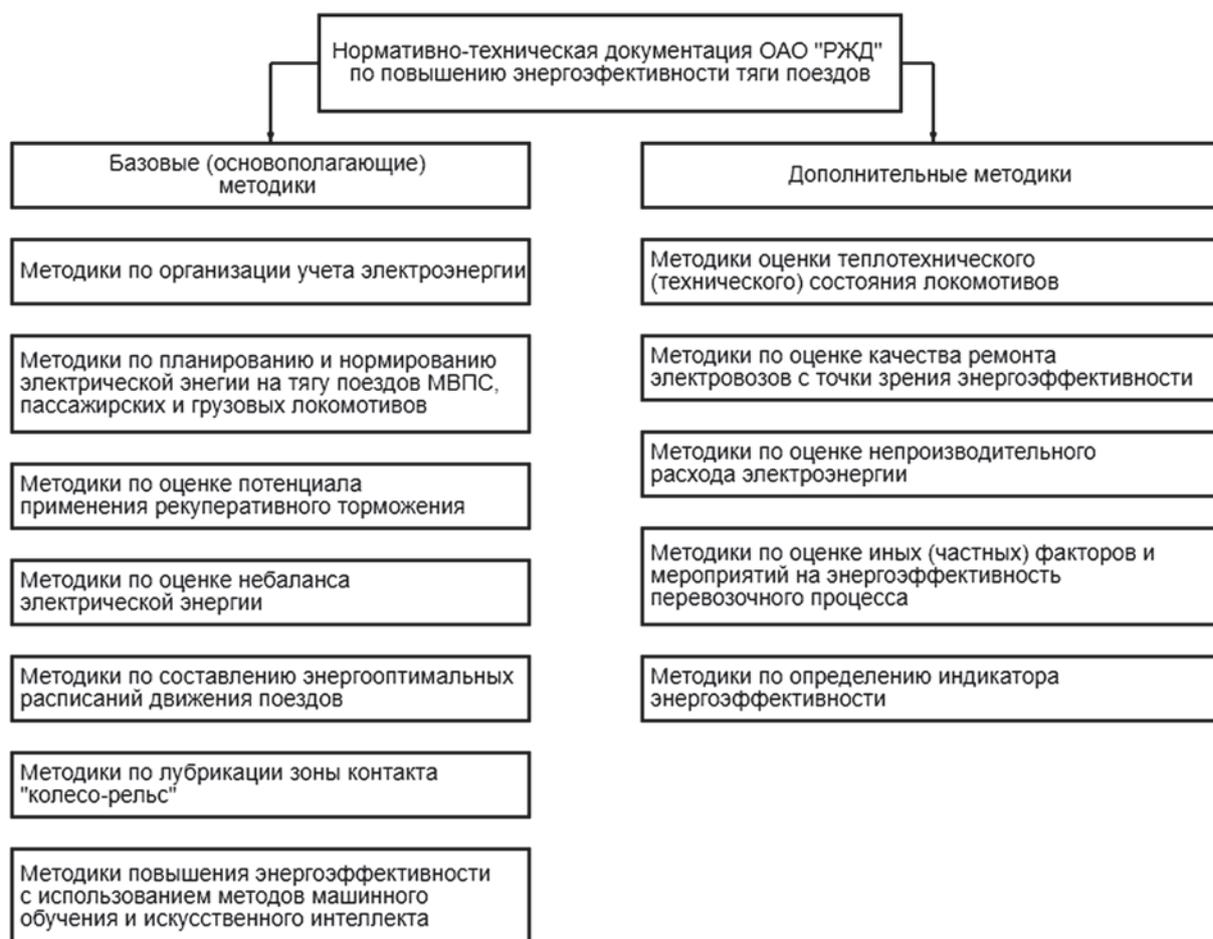


Рис. 1. Классификация нормативно-технической документации ОАО «РЖД» по повышению энергоэффективности тяги поездов

В последние годы вместе с разрабатываемыми методиками разработчики стали предоставлять по требованию заказчика электронные приложения или программы с инструкцией по использованию, что значительно упростило их применение.

Но разработанные методики предназначены для расчетов по истечении определенного периода, как правило, месяц, квартал, год, и никак не ориентированы на оперативное воздействие на объект энергопотребления – электроподвижной состав и коррекцию режимов его вождения в режиме реального времени.

На современном электроподвижном составе железных дорог стали применяться регистраторы параметров движения, которые фиксируют множество данных об эксплуатации локомотивов, что открывает возможности по их всесторонней обработке с использованием современных методов обработки информации и анализа данных, в частности, методов машинного обучения и искусственного интеллекта.

Однако в ОАО «РЖД» нет методики применения этих методов, даже несмотря на то, что в последние годы приняты основополагающие нормативные документы, которые определяют развитие государства, в частности, транспортной отрасли в парадигме новой технологической революции «Индустрия 4.0» [1–5].

Закономерным развитием нормативной составляющей в области энергосбережения в ОАО «РЖД» должна стать документация, направленная на повышение энергоэффективности тяги поездов с использованием методов машинного обучения и искусственного интеллекта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации № 877-р: [принято Правительством Российской Федерации 17 июня 2008 г.]. – Москва : Проспект ; Санкт-Петербург : Кодекс, 2008. – 174 с.
2. О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации № 642: [Утвержден Президентом Российской Федерации 1 декабря 2016 г.]. – Москва : Проспект ; Санкт-Петербург: Кодекс, 2016. – 25 с.
3. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации № 490: [Утвержден Президентом Российской Федерации 10 октября 2019 г.]. – Москва : Проспект ; Санкт-Петербург : Кодекс, 2019. – 25 с.
4. Об утверждении концепции реализации комплексного научно технического проекта «Цифровая железная дорога» : Распоряжение заместителя генерального директора ОАО «РЖД» – главного инженера С. А. Кобзева № 1285-р: [Утверждено заместителем генерального директора ОАО «РЖД» – главным инженером С. А. Кобзевым 5 декабря 2017 г.]. – Москва : Проспект; Санкт-Петербург : Кодекс, 2017. – 92 с.
5. Об утверждении стратегии научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга) : Распоряжение заместителя генерального директора ОАО «РЖД» – главного инженера С. А. Кобзева № 769-р: [Утверждено заместителем генерального директора ОАО «РЖД» – главным инженером С. А. Кобзевым 17 апреля 2018 г.]. – Москва : Проспект ; Санкт-Петербург : Кодекс, 2018. – 128 с.

УДК 629.423.1

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРООСМОТИЧЕСКОЙ СУШКИ В СЕРВИСНЫХ ДЕПО В ПЕРИОД НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

С. В. Живушко, аспирант

Е. А. Третьяков, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Подвижной состав электрических железных дорог» Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск

Большую роль в длительности и безаварийности работы электрического подвижного состава играет электрооборудование (электрические двигатели (ТЭД) и аппараты), поскольку их выход из строя приведет к нарушению технологических циклов на железнодорожном транспорте [1].

По статистике, от 90 до 95 % всех отказов электрического оборудования приходится на обмотки электрических машин: обмотка якоря, главных полюсов, дополнительных полюсов и компенсационная обмотка. На текущий, средний и капитальный ремонт обмоток приходится от 30 до 70 % общего объема работ. Главный ненадежный элемент обмоток ТЭД – их изоляционный материал, из-за его увлажнения резко снижается электрическая прочность [2].

Сушка изоляции ТЭД происходит на сервисных локомотивных депо во время температуры ниже нуля. Согласно распоряжению «Об утверждении инструкции по подготовке к работе и техническому обслуживанию электровозов в зимних и летних условиях» от 20.01.2012 №77р, каждое сервисное локомотивное депо должно быть оборудовано устройствами для проведения сушки тяговых машин.

В периоды эксплуатации электрического подвижного состава, когда температура окружающего воздуха 0 °С и ниже, происходит увлажнение изоляции обмоток ТЭД из-за разности температур двигателя и окружающего воздуха. Это провоцирует пробой изоляции и, как следствие, выводит ТЭД из строя. Проблема негативно отражается на всей сети железных дорог, поскольку требуется либо починить ТЭД, либо заменить его полностью. График увлажнения изоляции по месяцам представлен на рис. 1 [3].

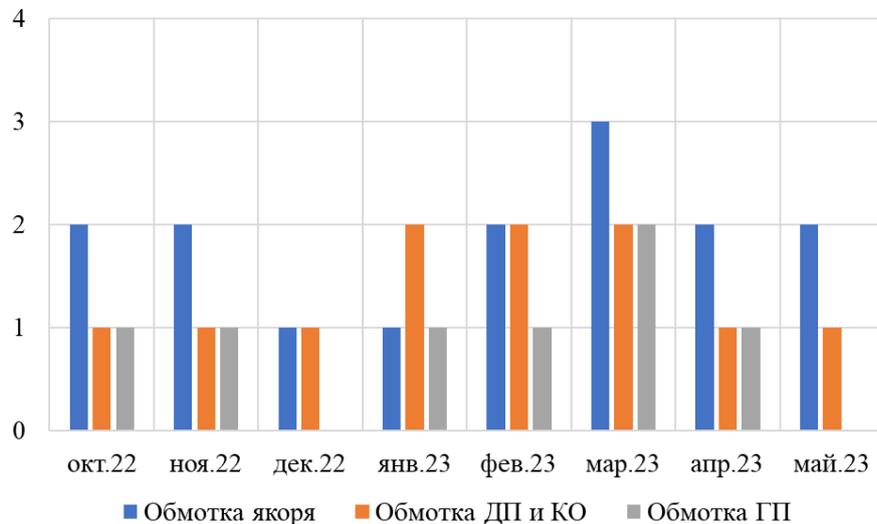


Рис. 1. Статистика выходов из строя обмоток ТЭД типа СТК810

ДП – дополнительный полюс; КО – компенсационная обмотка; ГП – главный полюс

В сервисных локомотивных депо с проблемой повышенной увлажненности обмоток ТЭД борются при помощи электрических калориферных установок (ЭКУ). Электрический подвижной состав устанавливается на стойла и к его ТЭД подсоединяются рукава ЭКУ, после чего нагнетается горячий и холодный воздух. В среднем температура нагрева изоляции обмоток составляет 90 °С [4] (рис. 2).



Рис. 2. Термограмма сушки ТЭД типа СТК810

Холодный и горячий воздух подается циклами (по четыре часа). Первая часть цикла длится два часа, нагнетается горячий воздух, остальные два часа – холодный. Весь процесс сушки в среднем занимает 12 часов, при условии, что сопротивление изоляции на всех ТЭД будет выше 3 МОм.

Однако такая сушка имеет недостатки: локальный перегрев обмотки, коробление, растрескивание, ускоренный процесс старения изоляционного материала, повышенный расход электрической энергии и т. д. Нами предлагается применять одновременно с электрокалориферной сушкой технологию электроосмотической сушки (ЭОС), сущность которой заключается в подаче постоянного напряжения между обмотками ТЭД и его корпусом. Во время подведения напряжения будет происходить движение жидкости из слоев изоляции наружу под действием электрического поля. В зависимости от значения сопротивления подаваемое напряжение изменится. Тогда обмотка не будет перегреваться и уменьшится расход электрической энергии, поскольку большую часть времени ЭКУ будет нагнетать только холодный воздух.

В сервисном локомотивном депо проводился опыт, результаты которого подтверждают целесообразность использования такой технологии сушки во время нахождения электровоза на ремонте (рис. 3).

Как видно по рис. 3, сопротивление изоляции ТЭД 3-4 (на них подавалось напряжение от источника, разработанного нами) было выше всех остальных ТЭД. Когда была включена ЭКУ, горячий

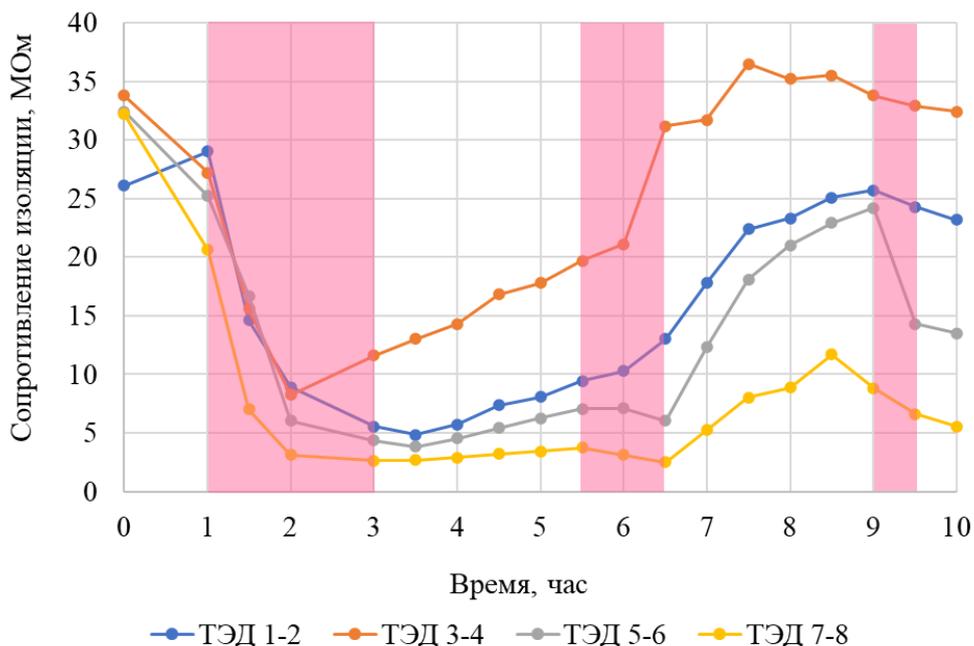


Рис. 3. Кривые восстановления сопротивления изоляции во время калориферной и электроосмотической сушки

воздух подавался только 3,5 ч [5]. В среднем, сопротивление ТЭД с использованием электроосмотической сушки выше на 40 % по сравнению с просто электрокалориферной.

За счет применения такой сушки надежность ТЭД возрастает, поскольку термические факторы сводятся к минимуму.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов, В. П. Анализ режимов сушки увлажненной изоляции обмоток тяговых электродвигателей / В. П. Смирнов, А. М. Худогов // Ползуновский вестник. – 2004. – № 1. – С. 249–253.
2. Данковцев, В. Т. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов : учебник для вузов / В. Т. Данковцев, В. И. Киселев, В. А. Четвергов. – Москва, 2007. – 558 с.
3. Живушко, С. В. Предварительные результаты испытаний электроосмотической сушки изоляции обмоток тяговых электродвигателей электровозов серии 2ЭС6 в условиях депо / С. В. Живушко, К. А. Калинин, Э. Есиркепов // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте : М-лы XVII научн. конф., посв. Дню российской науки, Омск, 8.02.2023. – Омск : Омский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 223–231.
4. Красковская С. Н. Текущий ремонт и техническое обслуживание электровозов постоянного тока / С. Н. Красковская, Э. Э. Ридель, Р. Г. Черепашенец. – М. : Транспорт, 1989. – 408 с.
5. Живушко, С. В. Разработка устройств электроосмотической сушки тяговых электрических машин электроподвижного состава в условиях текущего ремонта / С. В. Живушко, К. А. Калинин, Э. Есиркепов // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов : М-лы VII Всеросс. научн.-техн. конф., Омск, 18.11.2022. – Омск : Омский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 67–74.

УДК 004.946

## РАЗВИТИЕ УДАЛЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НОВЫХ СЕРИЙ ЛОКОМОТИВОВ

В. Д. Контеев, аспирант

Д. Л. Худояров, канд. техн. наук

О. И. Ветлугина, ст. преподаватель

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

ОАО «РЖД» классифицирует перевозимые грузы по трем категориям; первый класс – грузы, которые перевозятся ниже себестоимости, второй – перевозятся по себестоимости, третий – перевозятся со значительной долей маржинальности в стоимости перевозки, тем самым покрывая расходы на перевозку по первым двум классам, а также обеспечивая солидную часть прибыли. В последние годы наблюдается тенденция уменьшения доли высокодоходных грузов [1], так как часть грузов «перетекает» с железнодорожного транспорта на автомобильный и водный. Привлечь грузы с высокой доходностью может только повышение качества грузоперевозок. Основные задержки и невыполнение графика движения объяснимы отказами технических средств, например, отказами в работе локомотивного комплекса. Для решения целесообразна удаленная диагностика тягового подвижного состава и мониторинг технического состояния локомотивов с последующим применением предиктивного ремонта в системе обслуживания.

Локомотивы новых серий (2ЭС6, 2ЭС10, 2ЭС5К и др.) оснащены микропроцессорной системой управления (МСУ), которая обеспечивает непрерывную диагностику тягового оборудования. Микропроцессорная система управления и диагностики (МПСУиД) электровоза 2ЭС6 диагностирует 304 параметра, формирует 41 аналоговый сигнал и 263 дискретных [2]. За диагностику параметров отвечает подсистема БС-СИ (блок сигналов – система измерения); рис. 1.

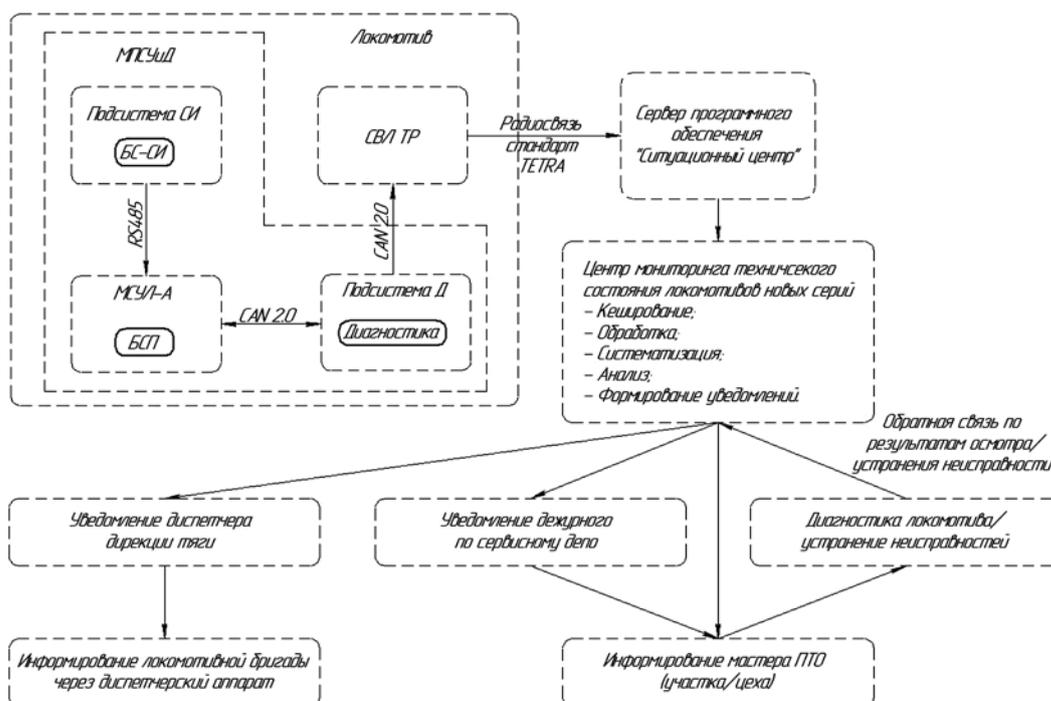


Рис. 1. Система выработки и передачи диагностической информации

Подсистема МСУЛ-А получает данные через интерфейс RS485 и передает их в подсистему диагностики (подсистема Д), где полученные параметры анализируются и при отклонении сигналов от нормы/отключении какого-либо аппарата формируется диагностическое сообщение. Из подсистемы Д по интерфейсу CAN 2.0 диагностическое сообщение передается обратно в МСУЛ для оповещения машиниста (выводится на экран МПСУИД в кабине управления, а также передается в систему взаимодействия с локомотивом по технической радиосвязи (СВЛ ТР)). После чего диагностические сообщения передаются на удаленный сервер программного обеспечения «Ситуационный центр». Далее они отслеживаются диспетчером центра мониторинга технического состояния локомотивов новых серий, после чего диспетчер принимает локомотив на контроль и сообщает по поездной радиосвязи в ближайшее депо по ходу движения локомотива, а также диспетчеру дирекции тяги для информирования локомотивной бригады. Локомотив осматривается, по необходимости устраняются неисправности, о чем докладывается диспетчеру центра мониторинга, на этом «жизненный цикл» сообщения заканчивается.

При обработке в системе МПСУИД каждому сообщению присваивается свой цветовой идентификатор в соответствии со степенью той или иной неисправности: зеленый (нет ограничений), желтый (требуется ремонт на ТО-2), красный (требуется ремонт с заходом в депо) [3].

Для учета и структурирования сообщений разработано специализированное ПО «Ситуационный центр ООО «СТМ-Сервис»» (рис. 2).

The screenshot shows a web application interface for a situational center. At the top, there is a header with the title 'Ситуационный центр ООО "СТМ-Сервис"', a clock showing '13:18:49', and a user role indicator 'Диспетчер'. Below the header is a navigation bar with tabs: 'Пары по зонам', 'FM', 'История локомотива', and 'Отчеты'. The main content area is titled 'Ежесуточный отчет' and contains a table with 12 rows of diagnostic data. On the left side of the table, there are filters for 'Серия' (set to '23С6'), 'Номер' (set to 'ВСЕ'), and 'Дата с' (set to '22.11.2023'). There is also a color-coded legend and a 'Выбрать' button.

№ п/п	Дата сообщения	Серия	ТЧЗ	Секция	Дислокация	Операция	Диагностическое сообщение	Зона критичности
1	22.11.2023 13:03:49	23С6	Омск	319 А	Жатва	ОТПР	Аварийная токи ТЭД.	Yellow
2	22.11.2023 13:03:23	23С6	Кинель	1352 С	Новоотрадная	ПРМБ	Сопротивление изоляции ТЭД1-2 менее 1,2 МОм.	Red
3	22.11.2023 13:01:48	23С6	Златоуст	999 АБ	ЖигМоре	Ок.РаБ	Состояние контактора К35 или К39 не соответствует заданному.	Red
4	22.11.2023 13:01:41	23С6	Златоуст	993 Б	ЖигМоре	Ок.РаБ	Состояние контактора К35 или К39 не соответствует заданному.	Red
5	22.11.2023 12:56:03	23С6	Кинель	778 Б	Дема	СдвчАбр.	Сопротивление изоляции ТЭД1-2 менее 1,2 МОм.	Red
6	22.11.2023 12:53:33	23С6	Кинель	747 АБ	Челябинск П	ПРМБ	Состояние контактора К30 не соответствует заданному.	Red
7	22.11.2023 12:55:11	23С6	Кинель	747 А	Челябинск П	ПРМБ	Состояние контактора К30 не соответствует заданному.	Red
8	22.11.2023 12:48:38	23С6	Омск	304 Б	СЛД-1 МОСКОВКА	ТР1 + TD4	QR2 в положении резервирования	Yellow
9	22.11.2023 12:48:32	23С6	Омск	304 А	СЛД-1 МОСКОВКА	ТР1 + TD4	QR2 в положении резервирования	Yellow
10	22.11.2023 12:47:54	23С6	Белово	277 В	СЛД-17 БЕЛОВО	НЕГЛАН	Нет готовности компрессора.	Yellow
11	22.11.2023 12:46:22	23С6	Омск	490 А	Чик	ОТПР	Состояние контактора К37 не соответствует заданному.	Red
12	22.11.2023 12:44:54	23С6	Омск	329 Б	ЛТООП Иртюшские		Нет готовности компрессора.	Yellow

Рис. 2. Ситуационный центр

Концепция «Умный локомотив» – проект, призванный повысить надежность тягового подвижного состава за счет инновационных технологий в диагностике локомотивов с последующим применением получаемой информации для создания системы предиктивного ремонта [4]. Однако ныне существующий алгоритм действия при удаленной диагностике тягового подвижного состава не удовлетворяет заданной концепции по определению. Диагностические сообщения красного и желтого индикаторов формируются и доставляются только после возникновения проблем в работе оборудования, то есть по факту отказа технических средств (ОТС) локомотива.

Развитие прогнозной аналитики представлено на рис. 3.

Методы и алгоритмы проведения прогнозной аналитики описаны в трудах [3–5]. Авторы разработали критерии для оценивания технического состояния локомотивов исходя из получаемых параметров локомотива. В статье [3] приводится способ оценки надежности подвижного состава при помощи прогнозной аналитики, дан анализ факторов, определяющих снижение показателей

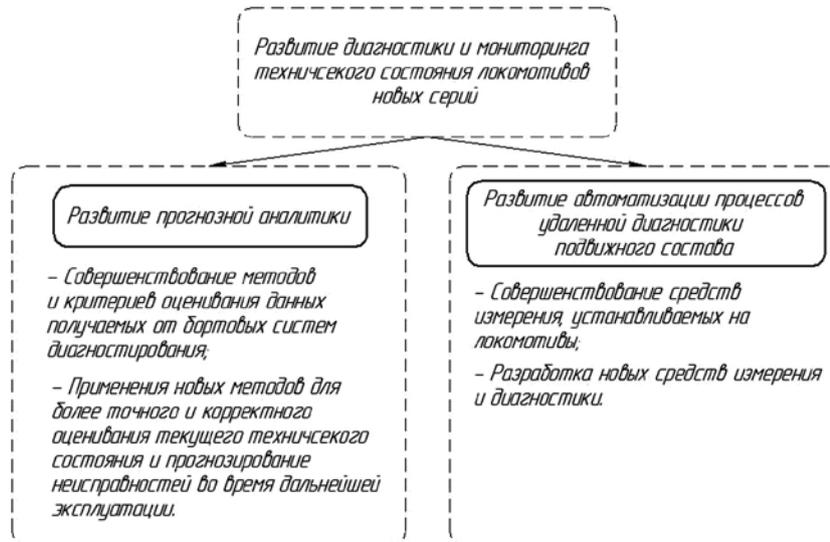


Рис. 3. Основные направления развития диагностики и мониторинга технического состояния новых серий локомотивов

функциональной эффективности локомотива, выполнены пробные расчеты показателей надежности и функциональной эффективности, рассмотрено применение современных методов непрерывной диагностики для мониторинга технического состояния локомотива, предложена система расчёта остаточного ресурса основных узлов и агрегатов тягового подвижного состава.

Задача моделирования возникновения поверхностных повреждений колес подвижного состава и рельсов рассмотрена в [4], предлагается для моделирования контактно-усталостных повреждений использовать критерий Данг Вана и диаграмму Джонсона (диаграмма приспособляемости материалов к действию примененных напряжений в условиях пластических деформаций).

Статистические данные о неплановых ремонтах ТЭД 2ЭС6 и анализ причин неплановых ремонтов приведены в [5]. Представлены осциллограммы отклонений по параметрам ТЭД, по результатам анализа осциллограмм выведены критерии выявления электрических повреждений в обмотках якоря. Разработан алгоритм предиктивной диагностики обмоток тяговых двигателей для выявления электрических повреждений.

В трудах [7–9] ясно прослеживается тенденция доработки подвижного состава с целью внедрения новых устройств, позволяющих непрерывно измерять параметры тех или иных узлов тягового подвижного состава для выявления состояний, близких к отказу оборудования.

В [7] рассматривается возможность мониторинга состояния колесных пар в реальном времени. Предлагается заменить устаревшие шаблоны для измерения параметров колесных пар электронным малогабаритным измерительным устройством, разработанным совместно Уральским государственным университетом путей сообщения (УрГУПС) и Уральским федеральным университетом (УрФУ). Устройство предназначено для измерения основных параметров колесной пары локомотива (измерение проката, толщины гребня и проведения допускового контроля). Разработано и предложено ПО, позволяющее в автоматическом режиме накапливать и анализировать данные, также программа позволяет прогнозировать изменение параметров колесных пар.

Авторами [8] предлагается внедрение автоматизированного комплекса для измерения износа зубьев шестерен тяговых редукторов. Система в автоматическом режиме и прямо на ходу поезда производит измерения параметров шестерен. Она проста в изготовлении и установке на транспортное средство, не требует специальной подготовки обслуживающего персонала и выполнена из отечественных комплектующих. Рассчитывает остаточный ресурс узлов тягового редуктора, что позволяет более точно прогнозировать замену компонентов исходя из фактического состояния.

В статье [9] авторы предлагают доработку бортовой системы диагностики интеллектуальным счетчиком остаточного ресурса изоляции ТЭД. Для этого в Иркутском государственном университете путей сообщения (ИрГУПС) ведется разработка устройства, позволяющего осуществлять

мониторинг состояния изоляции тягового электродвигателя. Устройство подключается к зажимам главных полюсов и якорной цепи через токовые шунты и датчики напряжения. Устройство измеряет напряжение и ток главных полюсов и якорной цепи, далее вычисляет остаточный ресурс изоляции ТЭД. Устройство оборудовано каналом вывода информации для сбора, накопления и анализа данных на удаленной системе хранения данных.

В последние десятилетия остро стоит вопрос создания системы удаленной диагностики подвижного состава, что дает предпосылки к изменению системы ТОиР и переходу на совмещение двух систем ремонта – планово-предупредительного и ремонта по техническому состоянию, т.е. предиктивной системы ремонта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Деловой Петербург. URL: [https://www.dp.ru/a/2017/02/13/RZHD\\_terjajut\\_dorogie\\_gruzi/](https://www.dp.ru/a/2017/02/13/RZHD_terjajut_dorogie_gruzi/) (дата обращения: 15.11.23).
2. Худояров Д. Л., Цунин Д. В. Моделирование процесса работы локомотивных устройств безопасности посредством навигационно-связного оборудования // Инновационный транспорт. – 2023. – № 1. – С. 74–77.
3. Электровоз грузовой постоянного тока 2ЭС6 с коллекторными тяговыми электродвигателями : Руководство по эксплуатации. 2ЭС6.00.000.000 РЭ. 2008. 166 с.
4. RZD.digital. URL: <https://rzddigital.ru/projects/umnyy-lokomotiv-sokratil-vremya-diagnostiki-poezdov-do-5-minut/> (дата обращения: 16.11.23).
5. Пляскин А. К., Кушнирук А. С. Особенности применения технологии информационного моделирования для мониторинга фактического технического состояния локомотивов // Бюллетень результатов научных исследований. – 2019. – Вып. 2. – С. 58–71.
6. Сакало В. И., Сакало А. В. Критерии для прогнозирования возникновения контактно-усталостных повреждений в колесах железнодорожного подвижного состава и рельсах // Вестник ВНИИЖТ. – 2019. – № 3.
7. Буйносов А. П., Худояров Д. Л., Тюшев И. А. Разработка алгоритма диагностики тяговых электродвигателей электровозов 2ЭС6 «Синара» // Транспорт Урала. – 2021. – № 4. – С. 74–79.
8. Федотов М. В., Грачев В. В. Предиктивная аналитика технического состояния систем тепловозов с использованием нейросетевых прогнозных моделей // Бюллетень результатов научных исследований. – 2021. – Вып. 3. – С. 102–114.
9. Буйносов А. П., Наговицын В. С., Иванов И. А., Кононов Д. П. Автоматическая система мониторинга параметров колесных пар железнодорожного подвижного состава // Транспорт Урала. – 2021. – № 2. – С. 27–34.
10. Кудрявцев Е. А., Гуляев А. Н., Свиридов В. В. Автоматизированный программный комплекс для измерения износа зубьев шестерен тяговых редукторов // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 9. – С. 46–47.
11. Дульский Е. Ю., Иванов П. Ю., Худоногов А. М., Ковшин А. С. [и др.]. Интеллектуальный счетчик остаточного ресурса изоляции силового оборудования локомотивов // Локомотив. – 2021. – № 9. – С. 28–29.

УДК 629.471

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ЛОКОМОТИВОВ ЗА СЧЕТ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

А. Г. Русаков, аспирант кафедры «Электрическая тяга», заместитель начальника управления надежности ООО «СТМ-Сервис», Екатеринбург

И. С. Цихалевский, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрическая тяга»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Парк локомотивов можно разделить на эксплуатируемый и неэксплуатируемый [1]. Последний состоит в основном из единиц тягового подвижного состава, требующих проведения ремонта. Такие локомотивы числятся в неисправном техническом состоянии.

В соответствии с [2], просматривается следующая прямая зависимость: чем дольше локомотивы находятся в неисправном техническом состоянии, тем больше требуется содержать парк локомотивов в распоряжении эксплуатационного локомотивного депо, чтобы обеспечивать потребность в наличии исправных локомотивов.

Управлять техническим состоянием – значит, целенаправленно воздействовать на систему эксплуатации и ремонта локомотивов, находящихся в распоряжении депо. Ключевое направление – подсистема планирования постановки локомотивов на плановые виды текущего ремонта и учет данных по фактически выполненным работам. Некачественная работа формирует в депо очередь из неисправных локомотивов. Дополнительное время учитывается отдельно по ответственности ремонтного и эксплуатационного предприятий и называется административными издержками [3].

С апреля 2021 по март 2023-го гг. проведены статистические наблюдения по фактическому времени нахождения локомотивов серии 2ЭС6 и 2,3ЭС10 в неисправном техническом состоянии. Опытную группу составили локомотивы, требующие первого объема текущего ремонта на ремонтных предприятиях в границах Свердловской железной дороги.

Результаты исследований показали, что 38 % всех наблюдений содержали работы, выполнение которых при первом объеме текущего ремонта не предусмотрено конструкторской документацией. Такие работы называются сверхцикловыми и требуют дополнительного времени на устранение (рис. 1).

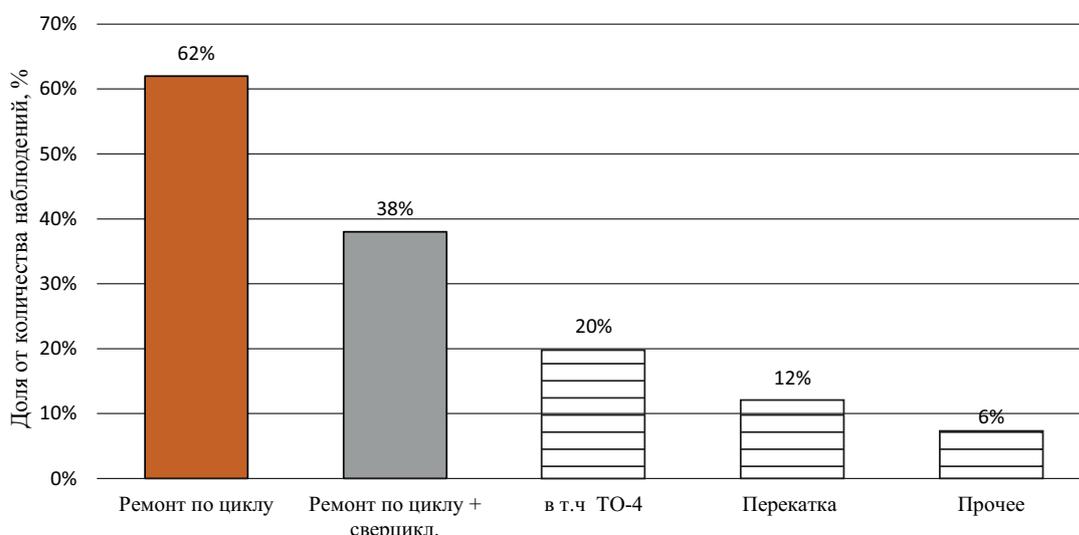


Рис. 1. Распределение результатов наблюдения

Сверхцикловые работы разделены на ремонт с обточкой колесных пар без выкатки из-под локомотива, ремонт с перекаткой колесных пар локомотива, ремонт и прочие сверхцикловые работы. Наибольшую тяжесть составляют ремонты с обточкой колесных пар без выкатки из-под локомотива ТО-4.

Причинно-следственные связи факторов, влияющих на образование дополнительного простоя локомотивов на ремонте, представлены на рис. 2.



Рис. 2. Причинно-следственные связи факторов, влияющих на образование дополнительного простоя локомотивов на ремонте

К факторам первого уровня относятся планирование, люди, информационные ресурсы и средства измерения, система ремонта и инфраструктура. Каждый фактор первого уровня образуется набором факторов второго уровня.

Планирование постановки локомотивов на ремонт по фактическому пробегу относится к факторам второго уровня. Обследование процесса показало, что действия работников выполняются в соответствии с [2].

Планы вычисляются по каждому локомотиву на основании данных по фактически выполненному пробегу от предыдущего одноименного ремонта в соответствии с принятой системой ремонта. Исходными данными для выполнения планирования служат фактически выполненный пробег от каждого аналогичного вида ремонта, норматив межремонтного пробега и среднесуточный пробег, выполняемый локомотивом данной серии.

Расчет программы ремонта производится в соответствии с [8]:

$$M_{\text{КР}} = \frac{\sum MS_n}{L_{\text{КР}}}; \quad (1)$$

$$M_{\text{СР}} = \frac{\sum MS_n}{L_{\text{СР}}} - M_{\text{КР}}; \quad (2)$$

$$M_{\text{ТР-3}} = \frac{\sum MS_n}{L_{\text{ТР-3}}} - \frac{\sum MS_n}{L_{\text{СР}}}; \quad (3)$$

$$M_{\text{ТР-2}} = \frac{\sum MS_n}{L_{\text{ТР-2}}} - \frac{\sum MS_n}{L_{\text{ТР-3}}}; \quad (4)$$

$$M_{\text{ТР-1}} = \frac{\sum MS_n}{L_{\text{ТР-1}}} - \frac{\sum MS_n}{L_{\text{ТР-2}}}; \quad (5)$$

$$M_{\text{ТО-3}} = \frac{\sum MS_n}{L_{\text{ТО-3}}} - \frac{\sum MS_n}{L_{\text{ТР-1}}}, \quad (6)$$

где  $\sum MS_n$  – общий пробег локомотивов за период, где  $n$  – период планирования, км;  $L_{\text{ТР}, \dots, \text{ТО-3}}$  – норматив межремонтного пробега.

Общий пробег локомотивного парка для расчета принимается в зависимости от периода планирования. Такого набора исходных данных достаточно только для планирования текущих видов ремонта, без учета времени, которое может потребоваться для проведения ТО-4.

Нет информации о состоянии колесных пар на момент планирования постановки локомотива на ремонт; это показывает не отсутствие данных по фактически выполненным замерам, а отсутствие данных о возможном прогнозном значении на момент постановки локомотива в ремонт. Данные о последнем замере хранятся в локальных бумажных журналах в локомотивных депо и в электронном паспорте бандажа колеса колесной пары локомотива. Доступ к ним имеет не каждый сотрудник, а результаты запроса трудоемки для вычисления прогнозных значений.

Поэтому потребность в проведении ТО-4 определяется при фактической постановке локомотивов на ремонт, где производится обмер геометрических параметров колесных пар локомотива.

Для прогнозирования даты постановки локомотива на ТО-4 и перекатку требуется доступная для анализа единая база данных с результатами значений по выполненным замерам колесных пар. Для исключения человеческого фактора по вводу результатов выполненных замеров требуется техническое решение, позволяющее видеть номер и порядковый номер по обмеряемой колесной паре.

Для сокращения времени и исключения человеческого фактора при выполнении технологического процесса регистрации результатов замера предлагается внедрить в технологический процесс мобильные устройства, на которых установлено приложение «Электронная мобильная книга регистрации замеров колесных пар локомотива ТУ-18э» (ТУ-18э) [4].

На VII ежегодной Молодежной научно-практической конференции сотрудников локомотивного хозяйства, работающих в ремонте и сервисе, впервые представлена ТУ-18э [5].

Технологический бизнес-процесс с использованием ТУ-18э представлен на рис. 3 [6].

Результаты всех замеров попадают в информационную систему предприятия. Наличие такой информации позволяет вычислять износ колесных пар и прогнозировать ремонт локомотива с учетом текущего состояния бандажа колеса колесной пары локомотива

В сервисном локомотивном депо компании ООО «СТМ-Сервис» параллельно с текущим технологическим процессом организована опытная эксплуатация ТУ-18э [6] (рис. 4).

Промежуточные итоги опытной эксплуатации показали следующий результат: получен массив данных для построения прогнозных моделей для планирования постановки локомотивов на ремонт, в два раза сократилось время на выполнение технологического процесса, но выявлена потребность в дополнительном техническом обучении специалистов.

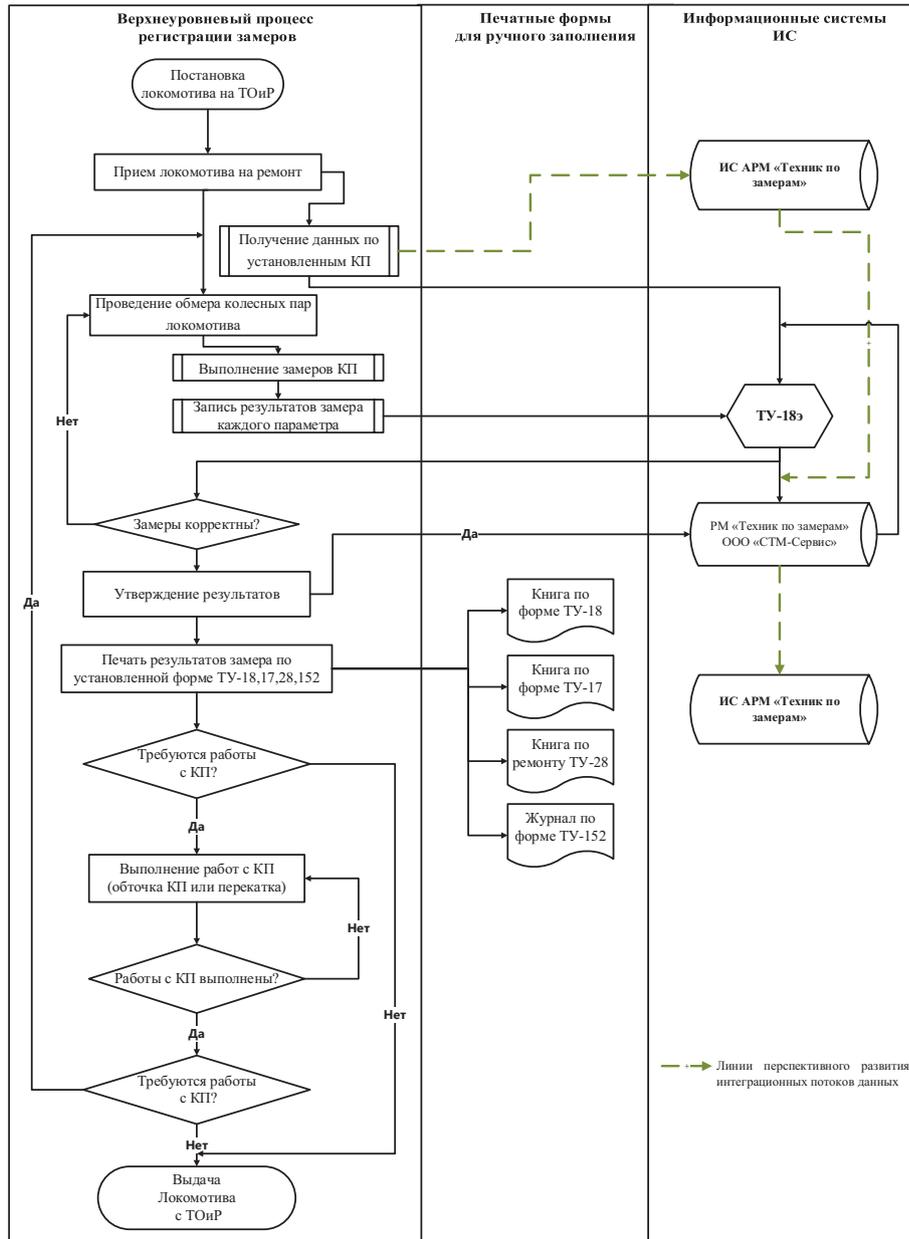


Рис. 3. Технологический бизнес-процесс с использованием ТУ-18э



Рис. 4. Использование ТУ-18э при проведении замеров

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 56046-2014. Показатели использования локомотивов. Утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 июня 2014 г. N 661-ст. Введен в действие 01.09.2014. Разработан проектно-конструкторским бюро локомотивного хозяйства – филиалом ОАО «РЖД».
2. Аукционная документация. Открытый аукцион № 1476/ОАЭ-ЦТ/14 на право заключения договора на сервисное обслуживание локомотивов ОАО «РЖД». URL: [company.rzd.ru/ru/9395/page/5987?id=134985](http://company.rzd.ru/ru/9395/page/5987?id=134985) (дата обращения: 15.11.2023).
3. Цихалевский, И. С. Современные технологии прогнозирования работы производственного участка как инструмент управления временем неработоспособного состояния локомотивов / И. С. Цихалевский, А. Г. Русаков // Научные основы и технологии повышения ресурса и живучести подвижного состава железнодорожного транспорта : Труды Международн. научн. конф., Коломна, 22.06.2021. – Коломна : АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава», 2021. – С. 79–84.
4. Русаков А. Г. Электронная мобильная книга регистрации замеров колесных пар локомотива ТУ-18э / А. Г. Русаков, Е. А. Григорьев. – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU 2022667116, 2022.
5. Русаков А.Г. Цифровая трансформация процесса регистрации результатов замера геометрических параметров бандажей колесных пар локомотива / А. Г. Русаков, Е. А. Григорьев / Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов : М-лы VII Всеросс. научн-техн. конф. с международн. участием, Омск, 18.11.2022. – Омск : Омский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 157–160.
6. Русаков, А. Г. ТУ-18э – электронная мобильная книга регистрации замеров колесных пар / А. Г. Русаков, Е. А. Григорьев // Локомотив. – 2023. – № 10 (802). – С. 13–16.
7. Зыкин, А. В. СТМ-Сервис: современные технологии сервисного обслуживания / А. В. Зыкин, И. В. Богачева // Локомотив. – 2022. – № 8 (788). – С. 5–6.
8. Хасин Л. Ф., Матвеев В. Н. Экономика, организация и управление локомотивным хозяйством / под ред. Л. Ф. Хасина : учебник для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. – М. : Желдориздат, 2002. – 452 с.

# СОВРЕМЕННЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

---

УДК 621.3

## РАСШИРЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕГАЗА – ПУТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА

Е. П. Никитина, старший преподаватель кафедры «Электрические машины»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Современный научно-технический прогресс и развитие любой отрасли, в том числе и транспортной невозможны без разработки и применения более совершенных технических средств и материалов. Одним из таких новых материалов справедливо можно назвать гексафторид серы (SF<sub>6</sub>), или элегаз.

Гексафторид серы – это электроотрицательный газ с молекулами, способными захватывать свободные электроны и превращаться в тяжелые ионы, вещество с плотностью, превышающей почти в пять раз плотность воздуха, без цвета и запаха, не поддерживает горение и обладает уникальными электрическим и другим свойствами.

Применение элегаза в мировой экономике началось с 60-х гг. прошлого столетия и в современных условиях его использование очень разнообразно. В энергетике и электротехнике – как изоляционный материал в высоковольтной аппаратуре и ускорителях электронов. В металлургии – в качестве защитной среды при плавлении магниевых сплавов. В полупроводниковой технике – как реагент для плазмохимического травления полупроводников и рабочего тела в газовых химических лазерах. В системах пожаротушения – как огнетушащее вещество. В медицине – как контрастный материал при исследовании кровеносных сосудов ультразвуком [1].

Наиболее широкое применение благодаря уникальным диэлектрическим свойствам гексафторид серы получил в электротехнике и энергетике, в том числе и в технических устройствах системы электроснабжения железнодорожного транспорта. На энергетических объектах транспорта успешно функционируют элегазовые высоковольтные коммутационные аппараты, силовые трансформаторы, трансформаторы тока и другие аппараты российских и зарубежных производителей (компании «Энергомаш», АМЗ, Siemens, ABB и др.).

Дальнейшее применение современного элегазового и вакуумного оборудования объявлено одним из главных краткосрочных проектов реализации стратегии развития железнодорожного транспорта. Замена масляных и воздушных электрических аппаратов, традиционно применяемых на железнодорожном транспорте, на более надежное новое оборудование требуется для повышения качества и безаварийности систем электроснабжения.

Следует кратко напомнить основные свойства гексафторида серы, за которые ему дали название «элегаз» (то есть электрический газ).

Одна из главных проблем развития электроэнергетики – это снижение потерь передачи электроэнергии при росте передаваемого напряжения и увеличении дальности. Известно, что воздух – основной доступный и надежный электротехнический материал, используемый в качестве

изоляция высоковольтных электроустановок, обладает хорошими диэлектрическими свойствами, но невысокой электрической прочностью. В результате чего с ростом напряжения высоковольтных электроустановок происходит значительное увеличение их габаритов и массы [1, 2]. Попытки решить эту проблему начались без малого сто лет назад, когда советский ученый Б. Гохберг экспериментально доказал, что гексафторид серы (SF<sub>6</sub>) обладает очень высокой электрической прочностью. Так, при давлении в 1 атм и ширине зазора 1 см электрическая прочность воздуха составляет 30 кВ/см, а гексафторида серы – 86–89 кВ/см. Однако выпуск электрооборудования с использованием элегаза был налажен только в 60-х гг. за рубежом, и с 70-х по 90-е годы начался выпуск и массовое внедрение нового типа электрооборудования в нашей стране.

Применение элегаза для изоляции проводников позволяет значительно уменьшить размеры высоковольтного оборудования. Например, комплектное распределительное устройство (КРУ), выполненное с применением SF<sub>6</sub>, занимает площадь до десяти раз меньше, чем у обычного РУ.

Кроме этого, элегаз при комнатной температуре не разлагается, что определяет долговечность аппаратуры и отсутствие необходимости частого технического обслуживания [3].

Другая серьёзная проблема для коммутирующего оборудования высоковольтных электроустановок переменного тока и еще в большей степени для электроустановок постоянного тока – гашение электрической дуги. Существует множество способов борьбы с электрической дугой, и в их числе – ее задувание потоком сжатого воздуха в моменты коммутации нагрузки или применение минерального масла. Именно поэтому наиболее распространённые дугогасительные и охлаждающие среды в электротехническом оборудовании – это минеральное масло и воздух. Но масляные и воздушные коммутационные аппараты громоздки и сложны в обслуживании.

Изоляционные газы по сравнению с маслом или твёрдыми материалами имеют ряд важных преимуществ: очень малая проводимость и практическое отсутствие диэлектрических потерь; независимость в однородном поле электрической прочности от частоты питания, малая загрязняемость под действием дуги и короны [1, 4]. В случае же работы контактов электрического аппарата в герметичной газовой камере, заполненной, например, элегазом, гашение электрической дуги происходит практически мгновенно.

Коэффициент теплового расширения элегаза намного выше, чем у воздуха, что обуславливает высокую эффективность теплоотвода в любой аппаратуре, где применяется этот материал. Это позволяет сделать корпус КРУ полностью герметичным, защитив его от загрязнения, пыли и проникновения насекомых, и при заполнении его элегазом (такое устройство называется КРУЭ) тепло будет передаваться корпусу практически без проблем, в отличие от обычных КРУ, в которых для заполнения используется воздух.

Сравнивая SF<sub>6</sub> по теплоотводу с минеральным маслом, можно отметить следующее. При сравнительно небольшой скорости протекания газа достигается такой же теплоотвод, что и при естественной циркуляции масла. При повышенных давлениях и интенсивном дутье теплоотвод существенно повышается, но остаётся ниже, чем при принудительной циркуляции масла. Этот разрыв может быть существенно сокращён за счёт более высокой температуры нагрева токоведущих элементов, но значение допустимых температур нагрева в элегазе пока еще окончательно не определено.

Элегаз не горит и не поддерживает горения, в результате этого все использующие его электрические аппараты пожаро- и взрывобезопасны.

Низкие значения температур сжижения и сублимации позволяют эксплуатировать элегазовые аппараты в обычных условиях без специального подогрева. Но при температуре –64 °С элегаз переходит в жидкое состояние и утрачивает свои изоляционные свойства.

Повышенное увлажнение в сочетании с действием электрической дуги может приводить к образованию в элегазе определённых продуктов, разлагающих некоторые материалы, применяемые в электрических аппаратах, и ухудшению способности гашения электрической дуги.

Главный недостаток элегаза – это его высокая текучесть, даже при совершенной герметичности сосуда, газ будет постепенно утекать через микротрещины, имеющиеся практически в любом материале. Это необходимо учитывать при проектировании электрооборудования.

Но недостатки не умаляют положительные свойства элегаза и преимущества всех электрических аппаратов, функционирующих с его использованием (таблица 1).

Таблица 1

Преимущества элегазовых электрических аппаратов

Характеристика	Электрический аппарат			
	высоковольтный выключатель	силовой трансформатор	прочие трансформаторы	силовой кабель
Высокая надежность	+	+	+	+
Простота технического обслуживания	+	+	+	+
Высокий уровень герметичности	+	+	+	+
Компактность	+	+	+	+
Малая масса	+	+	+	+
Малошумность	+	+	+	+
Пожаро- и взрывобезопасность	+	+	+	+
Невысокая стоимость	+	+	+	+

Элегазовые выключатели успешно выполняют все функции, требуемые от коммутационных аппаратов: блокировка отказов при коротких замыканиях, разрыв линий передачи электроэнергии, не имеющих нагрузки, конденсаторная коммутация, реакторное переключение; неоспоримое достоинство – практически 100%-ная изоляция и степень гашения электрической дуги [5].

Сравнивая элегазовые и вакуумные выключатели, можно отметить, что они имеют ряд общих особенностей и часто равноценны для применения.

Основные характеристики двух современных типов выключателей на напряжение 6–35 кВ и их преимущества по сравнению с традиционными масляными и воздушными выключателями приведены в таблице 2.

Таблица 2

Основные характеристики высоковольтных выключателей

Особенность	Высоковольтные выключатели	
	вакуумные	элегазовые
Самостоятельность работы	Высокая. Не требуют ведения масляного или компрессорного хозяйства	
Высокая надежность и быстродействие	Показатели безаварийной работы в несколько раз превышают показатели масляных и воздушных выключателей (за счет высокой электрической прочности вакуума и элегаза)	
Коммутационная износостойкость	10 тыс. отключений номинального тока и до 200 отключений токов короткого замыкания У масляных выключателей: 500–1000 отключений номинального тока и 3–10 токов короткого замыкания отключений	
Расходы на техническое обслуживание	Значительно ниже в сравнении с масляными и воздушными выключателями	
Число перебоев в электроснабжении	Малое число	
Исполнение	Герметичное	
Пожаро- и взрывобезопасность	Высокая (отсутствие среды, поддерживающей горение)	
Безопасность в эксплуатации	Высокая безопасность в процессе эксплуатации, так как отсутствуют выбросы газа и масла	Безопасность в процессе эксплуатации благодаря отсутствию выброса масла, но возможна утечка элегаза
Габариты и масса	Меньше, чем у масляных или воздушных выключателей	
Стоимость	Высокая	Низкая
Коммутационные перенапряжения	Высокие	Отсутствие
Влияние низких температур	Нет	Эксплуатация допустима до температур не ниже минус 64 °С

Из таблицы 2 видно, что вакуумные аппараты, в отличие от элегазовых, имеют ряд существенных недостатков: наличие коммутационных перенапряжений при эксплуатации и более высокую стоимость.

Элегазовые силовые трансформаторы характеризуются компактностью, меньшей массой, большей степенью свободы их размещения и позволяют устанавливать охладитель не на самом трансформаторе, а отдельно от его корпуса [5].

Компактность подстанции. Совместное применение элегазовых коммутационных аппаратов и силового трансформатора обеспечивает очень компактную планировку подстанции и сокращение занимаемой ею площади. Особенно это важно бывает в тех случаях, когда подстанция находится в больших городах (расположена под землей или стоимость участка земли велика). Это может быть обеспечено за счет установки в одном помещении трансформаторного оборудования и коммутационной аппаратуры,

Газонаполненные (элегазовые) силовые кабели не получили широкого применения, но их достоинства очевидны: практическое отсутствие диэлектрических потерь, малая электростатическая ёмкость, что позволяет создавать протяжённые линии, лучшие условия охлаждения токопровода, обеспечивающие повышение пропускной способности, простота их конструкции, дешевизна. Применение таких кабелей позволит исключить серьезные проблемы молниезащиты, гололеда и ветровых нагрузок, загрязнения проводов и изоляторов, радиопомехи [2].

Итак, можно уверенно говорить о целесообразности применения элегаза в системе транспортного электроснабжения. Его основные свойства и высокие значения электрической прочности, теплопроводности, скорости восстановления электрической прочности после пробоя, пожаро- и взрывобезопасность позволяют существенно повышать безопасность, быстродействие, срок службы электрических аппаратов, уменьшать массу и габариты, снижать затраты на техническое обслуживание.

Модернизация устройств электроснабжения железнодорожного транспорта на основе широкого применения элегазовых компонентов, имеющих меньшую массу и габариты, с одновременным сохранением повышенной электрической и механической прочности, стойкости к внешним воздействиям позволит обеспечить устойчивость их работы и послужить процессу ликвидации узких мест и развитию железнодорожного транспорта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Быстрицкий, Г. Ф. Общая энергетика. Основное оборудование : учебник для среднего профессионального образования / Г. Ф. Быстрицкий, Г. Г. Гасангаджиев, В. С. Кожиченков. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во «Юрайт», 2022. – 416 с.
2. Ушаков, В. Я. Электроэнергетические системы и сети : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. Я. Ушаков. – М. : Изд-во «Юрайт», 2019. – 446 с.
3. Зацаринная Ю. Н., Габбасов М. Ф., Зорин А. П. Элегаз и его применение в электроэнергетике // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 6. – С. 137–139.
4. Ершов С. В., Суханова Ю. В. Элегазовые выключатели в современной энергетике // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 12. – С. 113–115.
5. Гура Ю. Л., Кравченко А. П. Силовые элегазовые трансформаторы // Электрик. – 2014. – № 1–2. – С. 8–12.

УДК 621.332:3(07)

## НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИОННО-ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВЛ 6-10 КВ, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю. А. Кочунов, канд. техн. наук, инженер-конструктор  
ООО «НПП «Электромаш», Екатеринбург

Поддерживающие конструкции воздушной линии (ВЛ) напряжением 6-10 кВ состоят из траверс и изоляторов; основные дефекты металлических и деревянных траверс с изоляторами представлены в [1]. Для повышения надежности ВЛ 6-10 кВ на научно-производственном предприятии ООО «НПП «Электромаш» разработаны изоляционные траверсы, выполненные из полимерных композитных материалов (ПКМ), обладающие необходимыми электрической и механической прочностями. Но чтобы доказать, что траверсы действительно соответствуют установленным требованиям, проведены многочисленные исследования [2–4].

Система разработки и постановки продукции на производство должна отвечать алгоритму, приведенному в [5] (рис. 1).

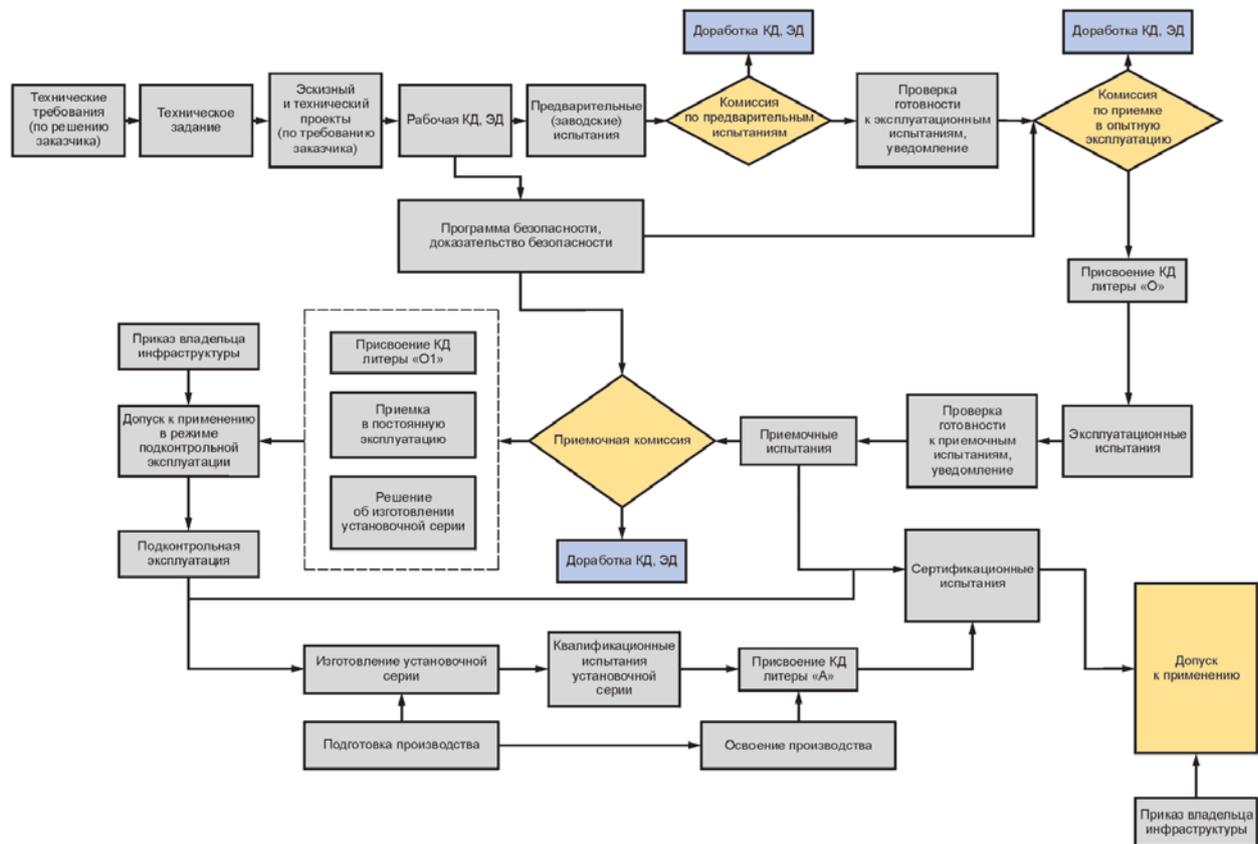


Рис. 1. Разработка и постановка на производство технических средств железнодорожной инфраструктуры

В качестве разрабатываемых изоляционно-поддерживающих конструкций рассматриваются кронштейны, расположенные с полевой стороны опор контактной сети, и траверсы, расположенные на отдельно стоящих опорах.

В литературе встречаются разные наименования поддерживающих конструкций, выполняющих одну и ту же функцию, например, консоль называют кронштейном, а кронштейн – траверсой и наоборот [6–13]. Из толкований, представленных в различных словарях, следует, что все конструкции направлены на поддержание чего-либо [3].

Конструкции должны соответствовать определенным требованиям по механической и электрической прочности, для их оценки проведены сравнительные исследования конструкций выполненных на эпоксидной основе и на полиуретановой.

Изоляционные части конструкций должны выдерживать кратковременное напряжение промышленной частоты 65 кВ в сухом состоянии и под дождем – 45 кВ. Образец в течение пяти минут выдерживается под требуемым напряжением, регистрируются токи [14]; результаты представлены в таблице 1 и на рис. 2.

Таблица 1

Результаты испытаний кратковременным напряжением промышленной частоты в сухом состоянии и под дождем

Образец	$U_{исп}$ , кВ		Примечание
	в сухом сост., 65	под дожд., 45	
Стержень Ø 60 мм на эпоксидной основе, без покрытия	Выдержал	Выдержал	В сухом состоянии: $I_{утеч} - 35 \text{ mA}$ Под дождём: $I_{утеч} - 23 \text{ mA}$ – в начале исп. $I_{утеч} - 27 \text{ mA}$ – max значение
Стержень Ø 60 мм на эпоксидной основе, с покрытием	Выдержал	Выдержал	В сухом состоянии: $I_{утеч} - 35 \text{ mA}$ . Под дождём: $I_{утеч} - 24 \text{ mA}$ – в начале исп. $I_{утеч} - 35 \text{ mA}$ – max значение
Стержень Ø 60 мм на полиуретановой основе, без покрытия	Выдержал	Перекрытие	В сухом состоянии: $I_{утеч} - 31 \text{ mA}$ . Под дождём: через 2 мин произошло перекрытие стержня
Стержень Ø 60 мм на полиуретановой основе, с покрытием	Выдержал	Выдержал	В сухом состоянии: $I_{утеч} - 31 \text{ mA}$ Под дождём: $I_{утеч} - 28 \text{ mA}$ – в начале исп. $I_{утеч} - 37 \text{ mA}$ – max значение

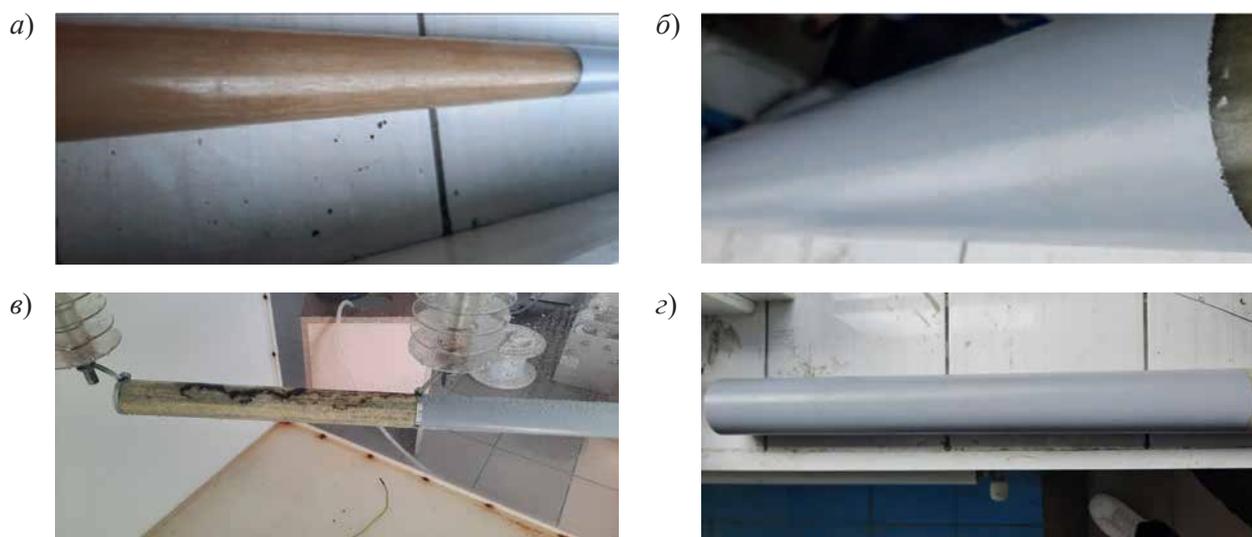


Рис. 2. Внешний вид стержней после испытаний кратковременным напряжением промышленной частоты в сухом состоянии и под дождем

*а* – образец на эпоксидной основе без защитного покрытия; *б* – образец на эпоксидной основе с защитным покрытием; *в* – образец на полиуретановой основе без защитного покрытия; *г* – образец на полиуретановой основе с защитным покрытием

Также при анализе электрической прочности необходимо учитывать требования [14–18].

Одним из показателей механической прочности служит модуль упругости (модуль Юнга), от которого зависит жесткость конструкции. При приложении нормативной нагрузки прогиб конструкции не должен превышать соотношения  $1/150$  длины элемента. Для анализа жесткости кронштейнов и траверс на первом этапе проведены экспериментальные исследования. Стержень  $\varnothing 60$  мм длиной 6 м одним концом длиной 1 м был жестко закреплен, свободный конец 5 м выставлен в горизонтальном положении, затем свободный конец отпускается и под силой тяжести он начинает колебаться (рис. 3). Ведется видеофиксация колебаний. С помощью программного комплекса COMSOL Multiphysics выполняется математическое моделирование свободного колебания стержня (рис. 4).

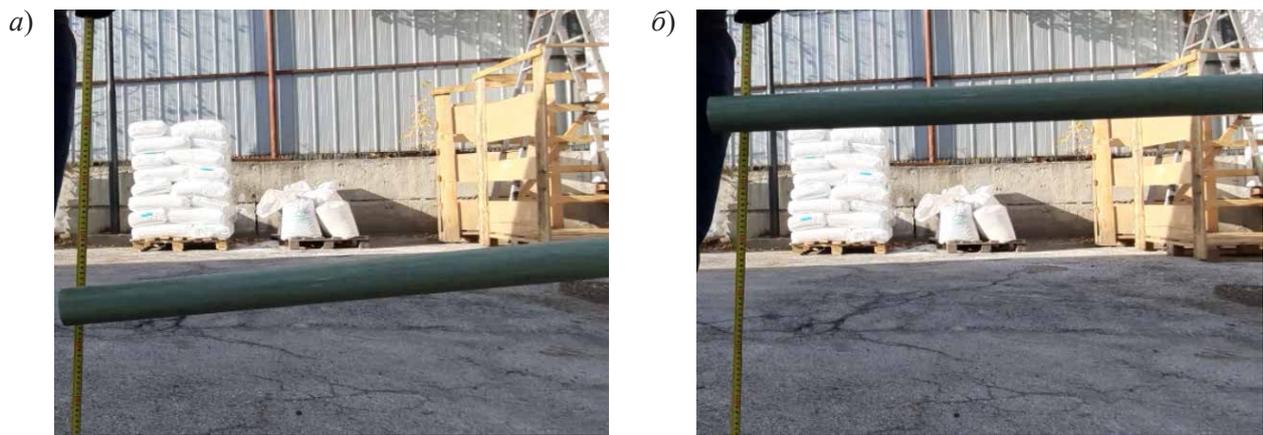


Рис. 3. Фрагменты колебания стержня  
 а – в нижней точке колебания; б – в верхней точке колебания

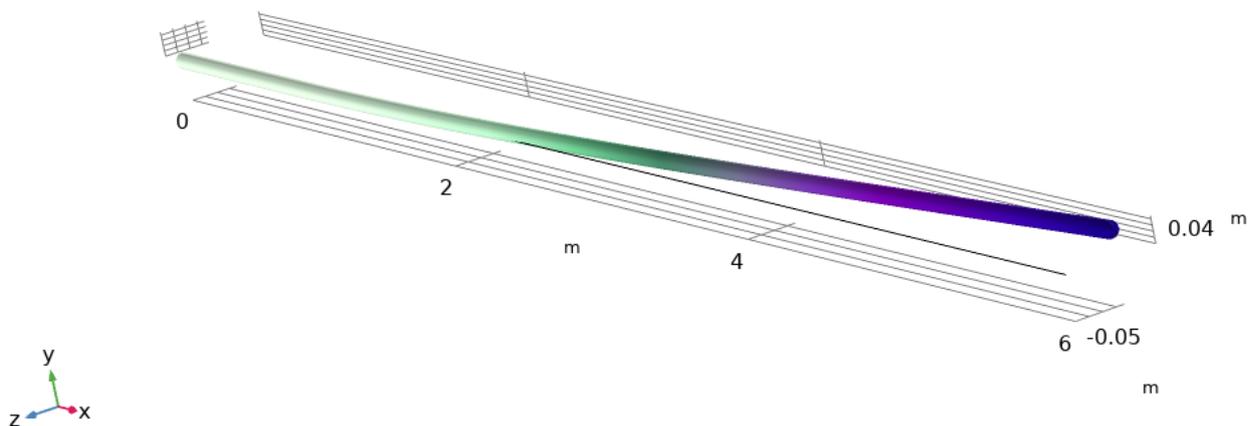


Рис. 4. Форма колебаний стержня

В модели частота колебаний стержня рассчитывается при разных значениях модуля Юнга, материала и коэффициента жесткости креплений. Для каждого значения коэффициента жесткости креплений подбирается необходимая величина модуля Юнга. Условие подбора – это совпадение смоделированной частоты колебаний стержня с частотой, измеренной в эксперименте. График зависимости модуля Юнга материала от коэффициента жесткости точек крепления, полученный по совпадению частот колебаний в модели и эксперименте, показан на рис. 5.

Из рис. 5 следует, что с увеличением коэффициента жесткости точек крепления подобранный модуль Юнга стеклопластика на эпоксидной основе уменьшается и имеет асимптоту около 57–56 ГПа. Наиболее вероятное значение жесткости в точках крепления – от 3 до 6 кН/мм. То есть

величина модуля Юнга стержня около 60 ГПа. Аналогичные исследования проведены для стержня на полиуретановой основе, модуль Юнга которого составил 43–48 ГПа.

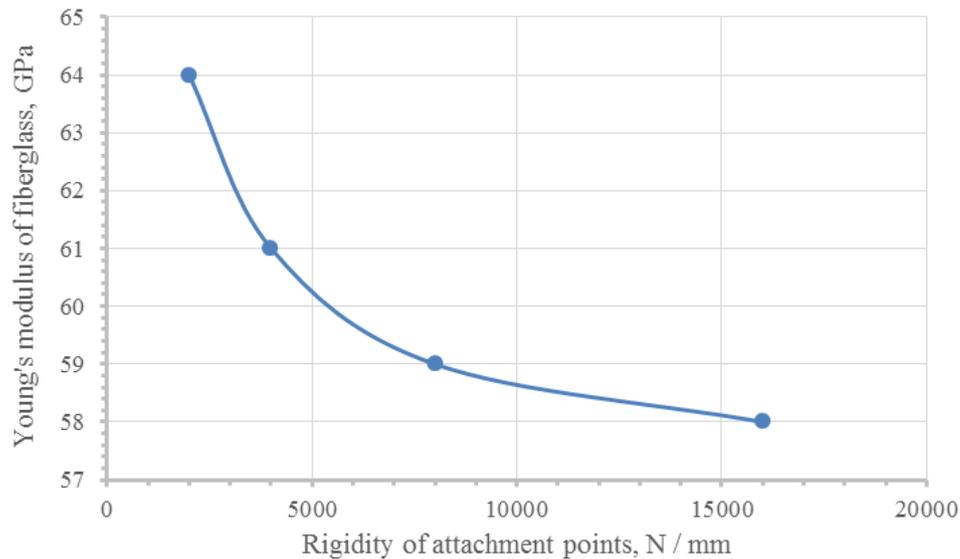


Рис. 5. График зависимости модуля Юнга стеклопластика от коэффициента жесткости точек крепления, полученный по совпадению частот

Из проведенных исследований следует, что полимерный композитный материал имеет ряд комбинаций, его применение в качестве изоляционно-поддерживающих конструкций будет зависеть от типа связующего, вида ролинг, процесса изготовления и т.д.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кочунов, Ю. А. Анализ работы поддерживающих конструкций ВЛ 6-10 кВ / Ю. А. Кочунов, А. А. Ягодин, Р. А. Никифоров // Вестник УрГУПС. – 2016. – № 1 (29). – С. 123–131.
2. Кочунов Ю. А. Разработка и исследования полимерного кронштейна воздушной линии электропередачи в сетях нетяговых железнодорожных потребителей 6–10 кВ. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / Кочунов Юрий Александрович. – Екатеринбург, 2017. – 235 с.
3. Лукьянов А. М. Полимерные композитные материалы в устройствах контактной сети и воздушных линиях электропередачи : учебное пособие / А. М. Лукьянов, Ю. А. Кочунов, М. А. Лукьянов, Ю. Г. Чепелев. – Екатеринбург : УрГУПС, 2021. – 382.
4. ООО «НПП «Электромаш». URL: <http://nppem.ru/page-5.html> (дата обращения: 16.11.2023).
5. ГОСТ 33477-2015 Система разработки и постановки продукции на производство. Технические средства железнодорожной инфраструктуры. Порядок разработки, постановки на производство и допуска к применению. – М. : Стандартинформ, 2016. – 50 с.
6. Контактная сеть и воздушные линии. Нормативно-методическая документация по эксплуатации контактной сети и высоковольтных воздушных линий : справочник / Департамент электрификации и электроснабжения Министерства путей сообщения Российской Федерации. – М. : «Трансиздат», 2001. – 512 с.
7. Марквардт К. Г. Контактная сеть / К. Г. Марквардт, И. И. Власов – М. : Транспорт, 1994. – 335 с.
8. Могилевский Е. Л. Конструкции устройств направляющих линий для поездной радиосвязи на электрифицированных участках железных дорог. ОТУ32—4484. / Е. Л. Могилевский, Л. С. Людмирский, С. Н. Варивода – М. : Министерство путей сообщения, 1995. – С. 3–4.
9. Контактная сеть и воздушные линии. Иллюстрированное пособие по техническому обслуживанию и ремонту контактной сети и воздушных линий / под ред. Г. Б. Якимова. – М., 2006. – 296 с.

10. Типовой проект № 6227И. Узлы крепления поддерживающих конструкций на металлических опорах контактной сети из гнутых элементов. Альбом 1 Стальные конструкции узлов крепления на опорах на базе стоек М; МП; МШП высотой 9,6 и 12 м. – М. : ОАО ЦНИИС, 2008. – 236 с.
11. Серия альбомов 4971. Конструкции контактной сети постоянного тока с антикоррозионным покрытием методом горячего цинкования. Кронштейны – М. : Трансэлектропроект, 2000.
12. Типовой проект КС-160.4.0-09. Узлы контактной подвески КС-160-3 постоянного тока. Схемы подвески, сопряжений, узлы контактной сети неизолированными наклонными консолями. ЗАО «Универсал-контактные сети». – СПб, 2009. – 105 с.
13. Каталог изделий контактной сети. АО «Универсал-контактные сети». – СПб., 2022. – 432 с.
14. ГОСТ Р 55189-2012. Изоляторы линейные подвесные стержневые полимерные. Общие технические условия. – М. : Стандартиформ, 2014. – 27 с.
15. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – 7-е изд. – М. : Минэнерго, 2002. – 330 с.
16. ГОСТ 10390-2015. Электрооборудование на напряжении свыше 3 кВ. Методы испытаний внешней изоляции в загрязненном состоянии. – М. : Стандартиформ, 2016. – 20 с.
17. ГОСТ 30284-2017. Изоляторы для контактной сети железных дорог. Общие технические условия. – М. : Стандартиформ, 2017. – 25 с.
18. ГОСТ Р 55194-2012. Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжении от 1 до 750 кВ. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции. – М. : Стандартиформ, 2015. – 57 с.

УДК 621.316

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ НА ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

С. А. Чебаков, аспирант кафедры «Электроснабжение транспорта»

А. А. Ковалев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Развитие энергетического комплекса России, увеличение энергопотребления, а также усовершенствование технологий производства и потребления электроэнергии требует своевременного анализа и корректировки параметров энергетических систем посредством внедрения современных средств анализа, контроля и повышения качества электроэнергии. Зачастую внедрение нового оборудования и средств оптимизации технологического процесса улучшает лишь некоторые аспекты производства, при этом негативно отражается на кривых тока и напряжения различных электрических сетей. Например, внедрение современных станков с микропроцессорным управлением и автоматизация машиностроительной отрасли, с одной стороны, значительно сокращает издержки в производстве изделий, затраты на материалы и персонал, сокращает время изготовления продукции и повышает качество изделия, однако, как и любое устройство, содержащее в себе полупроводниковые элементы, устройства автоматики и устройства с микропроцессорным управлением влияют на электрические сети, увеличивают состав высших гармоник, увеличивают флуктуацию токов и напряжений. Особенно увеличивают искажения тока и напряжения потребители с нелинейными элементами, использующие или вырабатывающие несинусоидальный ток. В низковольтных сетях третьей категории надежности наиболее частые потребители с несинусоидальными электрическими параметрами – это устройства общего пользования (телевизоры, импульсные источники питания персональных компьютеров (ПК)) и офисное оборудование (серверное оборудование, блоки ПК) [1, 2]. В низковольтных сетях второй и первой категории надежности – станки и рабочие агрегаты с автоматическим дистанционным управлением, устройства с плавным динамическим регулированием процессов (например, электротермические установки с плавным регулированием нагрева посредством плавного регулирования напряжения). Также потребители, увеличивающие качественный и количественный состав высших гармоник, встречаются и в высоковольтных сетях, например, на железной дороге переменного тока [3]. К таким потребителям относятся высокоскоростные поезда с встроенными системами мягкого запуска двигателей, управляемые и неуправляемые выпрямители с дополнительными блоками питания постоянного тока.

Высшие гармоники как один из самых существенных параметров современных электросетей приводят к неблагоприятным последствиям: дополнительный нагрев проводов, кабелей и шин и, как следствие, сокращение срока службы изоляции, увеличение потерь в трансформаторах и двигателях, быстрый механический износ, резонансные явления. Высшие гармоники способствуют возникновению провалов напряжения, которые негативно сказываются на работе электро-механических устройств [4]. Например, в низковольтных сетях при подаче пониженного напряжения (как результат провала напряжения в сети) на катушку контактора (магнитного пускателя) с номиналом 380 В возникает дребезг и повышенный гул, ярмо контактора не притягивается, а в катушке возникает повышенный ток и растет температура. При длительном дребезге (при достаточно длительном провале напряжения) контактная система пускателя выходит из строя, происходит смещение контактов, ослабление болтовых соединений, нарушение шпилечного соединения магнитопровода, повышение нагрева катушки контактора, сокращение срока службы изоляции более чем в два раза.

При отклонении напряжения существенно снижается эффективность работы асинхронных двигателей, в первую очередь уменьшается вращающий момент двигателя. Поскольку вращающий момент пропорционален квадрату напряжения на выводах асинхронного двигателя, то при номинальной (и свыше номинальной) нагрузке при отрицательном отклонении напряжения, согласно выражению (1), уменьшится частота вращения двигателя, сократится его производительность [5]:

$$n = n_c - \frac{k_3 \cdot n_c \cdot s_{\text{ном}} \cdot U_{\text{ном}}^2}{U^2}, \quad (1)$$

где  $n_c$  – синхронная частота вращения двигателя, об/мин;  $k_3$  – коэффициент загрузки двигателя;  $s_{\text{ном}}$  – номинальное скольжение двигателя;  $U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение, В;  $U$  напряжение сети, В.

Согласно выражению (1), при малых нагрузках двигателя (особенно близких к холостому ходу) понижение напряжения не уменьшает производительность технологического оборудования.

Аналогично ситуации с контактором при отрицательном отклонении напряжения на выводах двигателя увеличивается ток, протекающий по обмоткам статора, как следствие, повышается температура, срок службы двигателя сокращается из-за ускоренного износа изоляции. Так, при отклонении напряжения более 10 % срок службы изоляции двигателя сокращается более чем два раза [6]. Энергоснабжающие предприятия стараются избежать пониженного напряжения, поэтому на практике чаще встречается случай положительного отклонения напряжения. Так, например, при замерах на ПС Подволошная на фидере 10 кВ отклонение в ночное время составляет более 10 %, что превышает нормированное значение, установленное в [7]. На рис. 1 представлен график отклонения напряжения на фазах на фидере 10 кВ. На рис. 2 – график изменения коэффициента несинусоидальности во времени. Положительное отклонение напряжения на фидере также имеет ряд негативных последствий для двигателей 10 кВ. Повышение напряжения на выводах двигателя приводит к увеличению потребления реактивной мощности, увеличению тока холостого хода и, как следствие, увеличивает потери активной мощности в электрической сети. Учитывая, что в ночное время, как правило, нагрузка сети минимальна, то искажения, вносимые асинхронными двигателями с мощностью 100 кВт и более, сильно влияют на потребителей первой и второй категорий надежности, подключенных к этой же электрической сети.

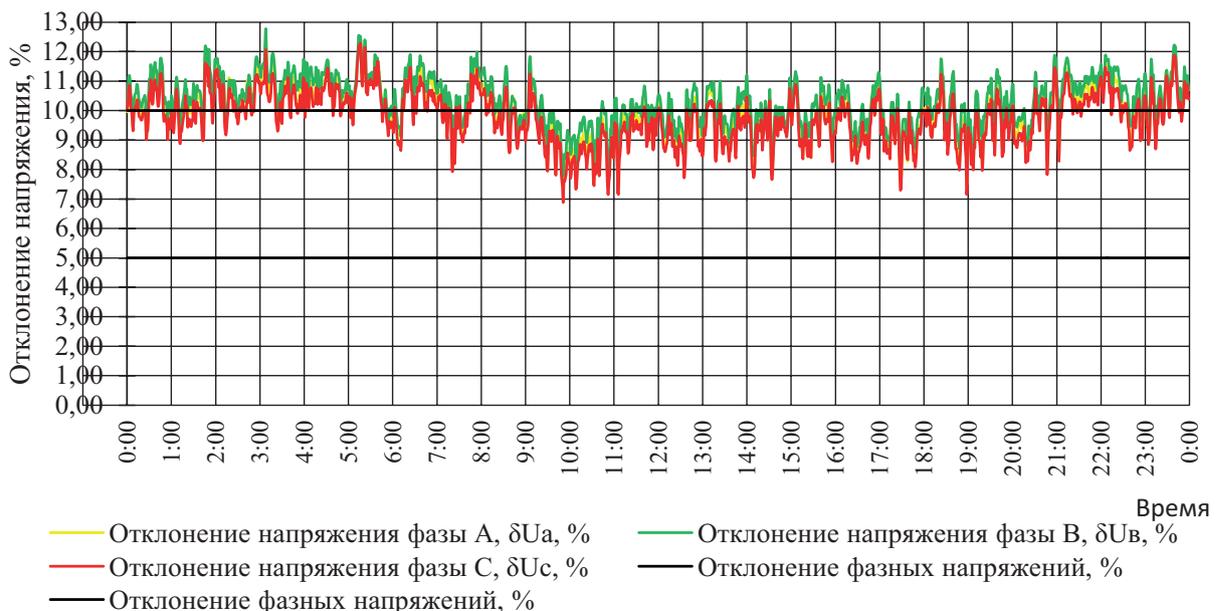


Рис. 1. Отклонение напряжения

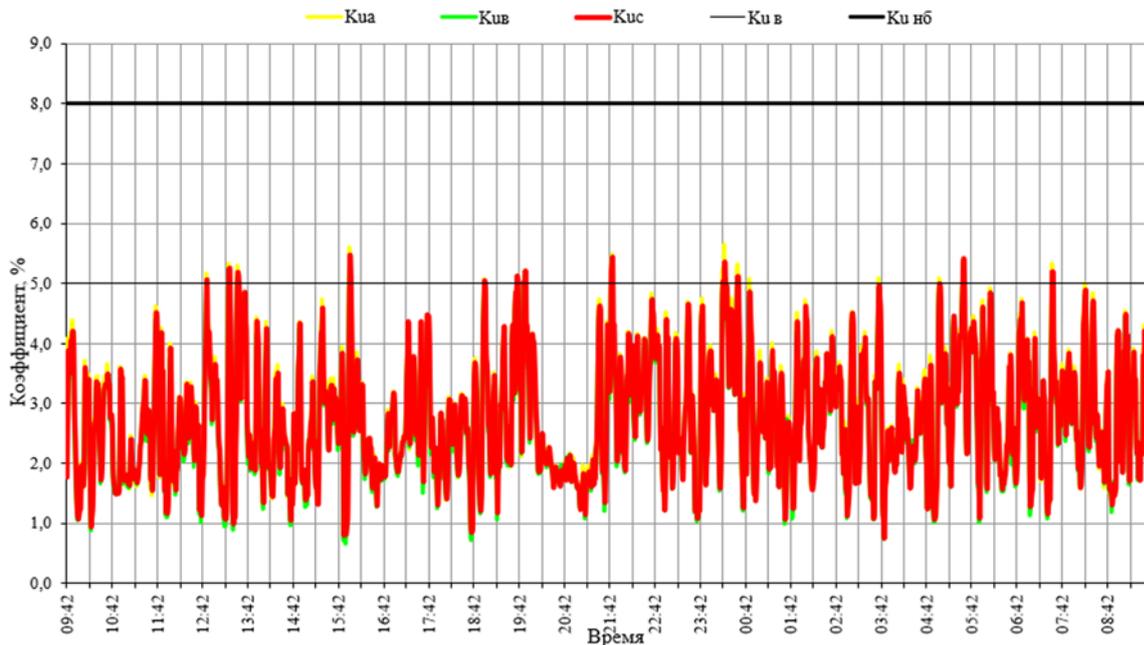


Рис. 2. Коэффициент несинусоидальности

Также на показатели качества негативно влияют процессы, протекающие в низковольтных и высоковольтных электрических сетях. Это коммутационные процессы, которые при замыкании и размыкании электрических сетей с повышенными реактивными параметрами (индуктивность, емкость) увеличивают кратковременные колебания напряжения и тока, размах которых может достигать достаточно больших величин.

Для уменьшения наиболее характерных высших гармоник применяют фильтры высших гармоник. Такие фильтры относятся к пассивным фильтрам и представляют собой резонансный LC-контур, настраиваемый на определенную гармонику. Пассивные фильтры распространены при установке на промышленных предприятиях и имеют ряд преимуществ (простота конструкции, малая сложность установки и подключения оборудования, простота технического обслуживания электротехническим персоналом предприятия). Однако имеется ряд недостатков, которые ограничивают повсеместное применение: явление резонанса на частотах высших гармоник, перегрузка конденсаторов, увеличение тепловых и электрических потерь конденсатора. Так, при частоте гармоник свыше 50 Гц на металлических элементах конденсатора (обкладки, выводы, внутренние шины и контактные узлы) из-за перераспределения тока и повышения температуры происходит увеличение сопротивления. Также к дополнительным потерям приводят явления гистерезиса и вихревые токи в элементах конденсатора [8].

Несмотря на распространённость пассивных фильтров для промышленных предприятий, имеющих существенное отклонение напряжения и значительное влияние высших гармоник, стоит устанавливать активные или гибридные фильтры высших гармоник. Активные фильтры гармоник представляют собой коммутируемые устройства, характеристики которого формируются с помощью специальных заданных законов управления (параметры устройства изменяются в зависимости от изменения параметров сети). Такие фильтры также ослабляют высшие гармоники, корректируют коэффициент мощности, дозу фликера и пр. Также к преимуществам стоит отнести независимость от величины внешнего напряжения, компактность устройства.

Классификация фильтров высших гармоник представлена на рис. 3.

Показатели качества, рассмотренные в статье, оказывают существенное влияние на энергосистему и потребителей, в первую очередь ухудшая эксплуатационные характеристики наиболее массового промышленного оборудования (асинхронные двигатели, магнитные пускатели и контакторы). Анализ замеров на фидере 10 кВ ПС Подволошная показывает, что качество электроэнергии по наибольшему значению коэффициента несинусоидальности не соответствует нормативам, что

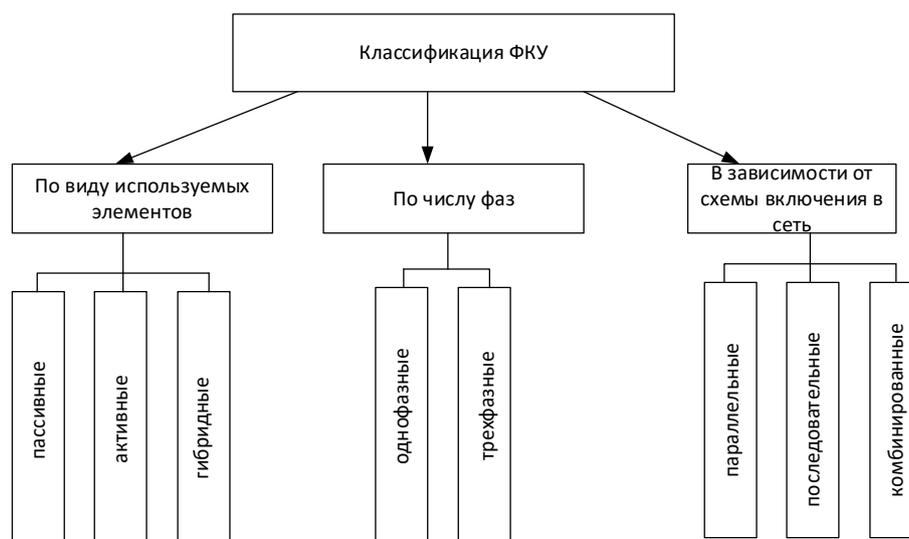


Рис. 3. Классификация фильтров высших гармоник

приводит к снижению эффективности работы электроприборов и агрегатов, снижению рабочих ресурсов оборудования и преждевременным отказам и дополнительным затратам.

Применение в промышленности многообразия оборудования фильтрации и компенсации позволяет решать важные задачи сферы энергетики и улучшать качество электрической энергии. Однако, несмотря на преимущества различных устройств, необходимо учитывать индивидуальные особенности производства, искать комплексные подходы к регулированию напряжения и тока в электрических сетях, повышать чувствительность и энергоэффективность устройств фильтрации и компенсации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белянский С. В. Исследование влияния бытовых электрических приемников на показатели качества электроэнергии // Молодежь и научно-технический прогресс : Сборник докладов XII Международн. научн.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – В 3 т. – Том 1. – 2019.
2. Цырук С. А., Янченко С. А., Рыжкова Е. Н. Моделирование основных источников несинусоидальности в бытовых электросетях // Вестник Московского энергетического института. – 2013. – № 3. – С. 67–71.
3. Ковалев А. А., Шаюхов Т. Т., Чебаков С. А., Шарапов А. Т. Анализ показателей качества электроэнергии в сетях нетяговых потребителей железнодорожного транспорта // Транспорт Урала. – 2020. – № 4.
4. Ковалев А. А., Чебаков С. А. Анализ ситуаций, приводящих к ухудшению показателей качества электроэнергии в сетях нетяговых потребителей железнодорожного транспорта // Практическая силовая электроника. – 2022. – № 3 (87). – С. 50–52.
5. Бурков А. Ф., Юрин В. Н., Аветисян В. Р. Исследование возможностей повышения энергоэффективности асинхронных двигателей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2018.
6. Бирюлин В. И., Куделина Д. В. Расчетная модель определения срока службы изоляции при несинусоидальных токах // Актуальные проблемы электроэнергетики : сб. научн.-техн. ст. – Нижний Новгород, 2022. – С. 146–153.
7. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М. : Стандартинформ, 2013. – 19 с.
8. Каджаев О. В., Марзоев С. А., Кудзиев А. Б., Гаврина О. А. Анализ несинусоидальности напряжения на промышленных предприятиях. Энергетика будущего – цифровая трансформация : Сб. тр. III Всеросс. научн.-практ. конф. – Липецк, 2022. – С. 93–96.

УДК 621.332.521

## КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ СОПРЯЖЕНИЙ АНКЕРНЫХ УЧАСТКОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

А.А. Повод, аспирант

А.А. Ковалев, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Электроснабжение транспорта»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Электротяговая сеть – это совокупность проводов, конструкций и оборудования, служащих для передачи электрической энергии от тяговых подстанций к электроподвижному составу.

Передачу электрической энергии непосредственно на токоприемник подвижного состава осуществляет контактная сеть (контактная подвеска, фиксаторы, опоры контактной сети, поддерживающие устройства, изоляторы, ограничители перенапряжения и др.).

Правила технической эксплуатации выдвигают к контактной сети следующее требование: устройства электроснабжения должны обеспечивать бесперебойное движение поездов с установленными весовыми нормами, скоростями и интервалами между поездами при требуемых размерах движения [1–6].

По категории надежности электроснабжения контактная сеть относится к первой, но она не имеет резерва. Поэтому перерыв в работе контактной сети может привести к серьезным последствиям.

Работникам районов контактной сети необходимо в полном объеме и своевременно производить работы, направленные на проверку состояния, регулировку и ремонт оборудования, которое влияет на безопасное движение поездов, текущий и капитальный ремонт, модернизацию устройств, повышать надежность и устойчивость работы устройств контактной сети.

Для увеличения качества токосъема канатная подвеска разбивается на анкерные участки. На прямых участках железной дороги анкерные участки делают максимальными (1600 м), на кривых участках длина уменьшается, что вызвано требованием качества токосъема.

Сопряжением контактной подвески называются места, в которых токоприемник переходит с одной контактной подвески анкерного участка на контактную подвеску другого анкерного участка.

Сопряжения сооружают таким образом, чтобы при их проходе токоприемником сохранялось качество токосъема, скорость электроподвижного состава, а при изменении температуры происходило синхронное перемещение контактных проводов.

Сопряжения анкерных участков контактной подвески стараются сделать на прямом участке железной дороги, в редких случаях сопряжения монтируют в кривых участках.

Различают неизолирующие и изолирующие сопряжения анкерных участков.

Неизолирующее сопряжение анкерных участков предназначено для механического разделения двух однопотенциальных анкерных участков (рис. 1).

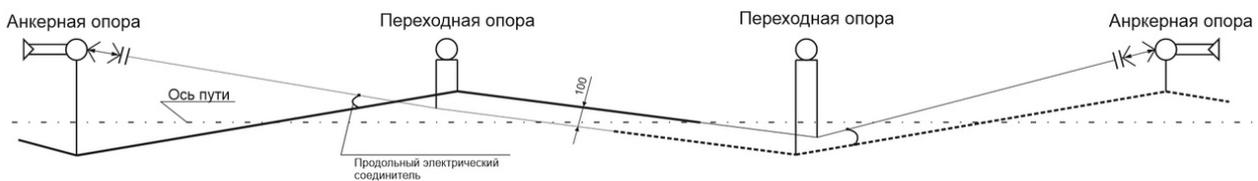


Рис. 1. Схема неизолирующего сопряжения анкерного участка

Такие сопряжения на прямых участках делают в трехпролетном исполнении. На контактной сети станции, где скорость движения подвижного состава низка, могут встречаться сопряжения

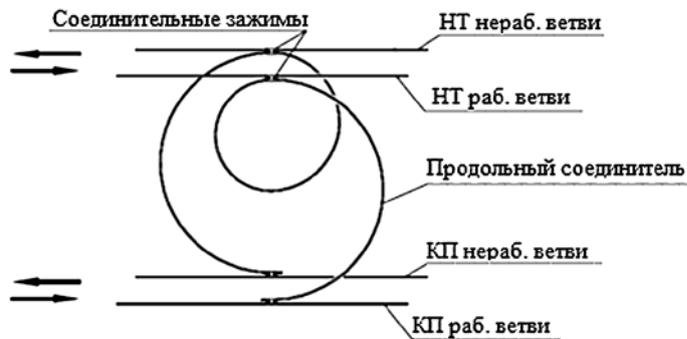


Рис. 2. Вариант конструктивного исполнения продольного электрического соединителя неизолирующего сопряжения

участками. Он служит для увеличения сечения контактной подвески и поддержания контактного провода при его обрыве (рис. 2).

Изолирующее сопряжение анкерных участков служит для механического и электрического разделения двух разнопотенциальных анкерных участков (рис. 3). Такие сопряжения устанавливаются в местах, где контактная подвеска станции сопрягается с контактной подвеской перегона, а также на постах секционирования. Здесь могут устанавливаться нейтральные вставки, которые применяются для электрической изоляции анкерных участков, так как на ней отсутствует напряжение.

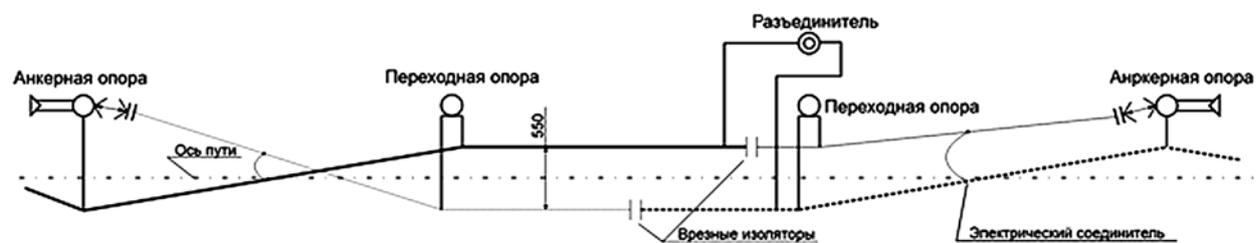


Рис. 3. Схема изолирующего сопряжения анкерного участка

Изолирующие сопряжения служат для механического и электрического разделения двух анкерных участков. Но при выводе в ремонт линейного или шинного разъединителя тяговой подстанции, который питает контактную подвеску перегона, контактная подвеска перегона остается без питания, вследствие чего электроподвижной состав не сможет следовать по участку железной дороги. Также не на всех железнодорожных станциях есть тяговые подстанции, от которых контактная подвеска может получать питание. Поэтому на опорах переходного пролета изолирующего сопряжения устанавливаются специальные продольные разъединители. Они могут управляться вручную или по телеуправлению. На схемах питания и секционирования станции указывается его нормальное положение. Разъединитель может быть нормально включен или нормально отключен.

Расположение продольного разъединителя приведено на рис. 4.

Особенность изолированного сопряжения – знаки, указывающие на начало и конец сопряжения, устанавливаются на переходных опорах (рис. 5).

Стандартное трехпролетное сопряжение выполняется между двумя анкерными опорами и включает две переходные опоры.

Пролет между переходными опорами называют переходным или средним, так как в нем контактные провода пересекаются, и происходит переход токоприемника с одного анкерного участка на другой.

Токоприемник, скользя по рабочей контактной подвеске, отжимает ее, контактный провод приподнимается и есть риск касания контактного провода нерабочей контактной подвески. Поэтому контактный провод нерабочей контактной подвески приподнимают на расстояние максимально возможного отжатия токоприемником.

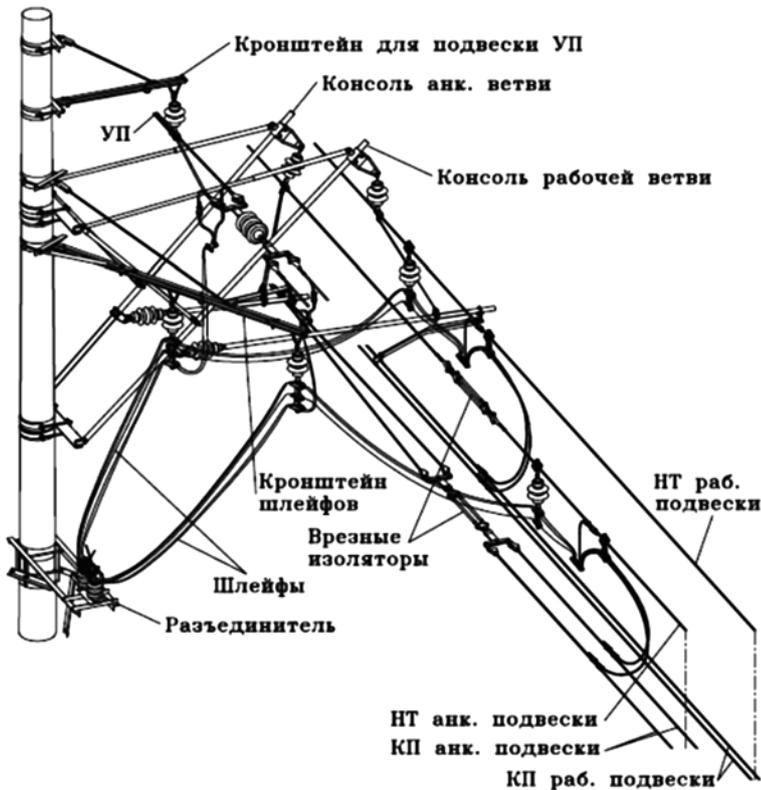


Рис. 4. Расположение продольного разъединителя на переходной опоре

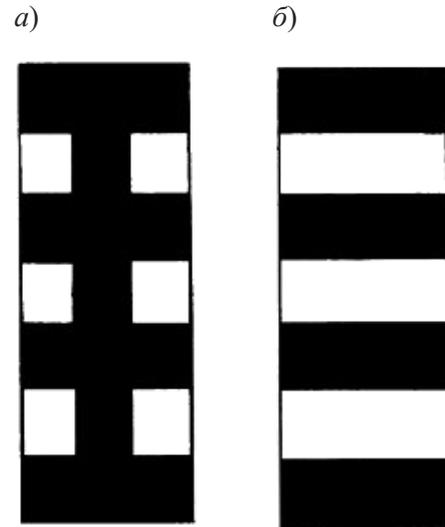


Рис. 5. Знаки начала и конца изолирующего сопряжения  
а – начало изолирующего сопряжения; б – конец

На неизолирующих сопряжениях это расстояние обычно равняется 300 мм, на изолирующих – 350–500 мм в зависимости от изоляторов.

Горизонтальное расстояние между контактными проводами на неизолирующих сопряжениях принимается равным 100 мм. На изолирующих сопряжениях это расстояние увеличивается до 400–550 мм.

Для выполнения требования взаимного продольного перемещения контактных проводов при изменении температуры и натяжения компенсируемых проводов их анкеруют грузокомпенсаторами или компенсаторами типа «ретрактор».

Длины пролетов, на которых происходит переход токоприемника, стараются делать максимальными на неизолирующих сопряжениях. На изолирующих сопряжениях принято длины сокращать на 25 % от максимально допустимых.

В таблице приведены рекомендованное число и длины переходных пролетов для всех сопряжений.

Рекомендованное число и длины переходных пролетов

	Неизолирующее сопряжение	Изолирующее сопряжение
Трехпролетное	1 пролет от 40 до 70 м	1 пролет от 55 до 70 м
Четырехпролетное	2 пролета от 35 до 40 м	2 пролета от 45 до 55 м
Пятипролетное	3 пролета от 20 до 35 м	3 пролета от 28 до 45 м

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Паранин А. В., Ефимов Д. А. Основы компьютерного проектирования и моделирования контактной сети : курс лекций. – Екатеринбург : УрГУПС, 2021. – 256 с.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М., 2023. – 40 с.

3. Дербилов Е. М., Заренков С. В., Ходунова О. А. Повышение качества токосъема в переходных пролетах сопряжений анкерных участков цепных контактных подвесок // Известия Транссиба. – 2012. – № 1 (9). – С. 19–27.
4. Горшков Ю. И., Бондарев Н. А. Контактная сеть : учебник для техникумов ж.-д. трансп. – М. : Транспорт, 1981. – 400 с.
5. Ковалев А. А., Галкин А. Г. Теория и методы расчета стоимостных показателей системы токосъема на протяжении жизненного цикла. – М., 2015. – С. 115.
6. Галкин А. Г., Ковалев А. А. Обслуживание опор контактной сети // Транспорт Урала. – 2008. – № 1 (16). – С. 60–64.

УДК 338

## ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ МАКРОСРЕДЫ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

М. А. Андреева, аспирант (научный руководитель – А. А. Комяков, д-р техн. наук)  
Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск.

На современном этапе развития предприятий железнодорожного транспорта все большую актуальность приобретает вопрос энергоэффективности. Это обусловлено ограниченностью энергоресурсов и постоянным ростом их стоимости, что негативно сказывается на себестоимости услуг и, как следствие, на конечной стоимости услуг для потребителя.

Для примера рассмотрим затраты на потребление энергоресурсов предприятиями железнодорожного транспорта. Затраты предприятий железнодорожного транспорта на потребление энергоресурсов представлены на рис. Затраты на потребление энергетических ресурсов в 2021 г. выросли на 9,9 % по сравнению с 2020 г. и составили 325 200,8 млн руб.

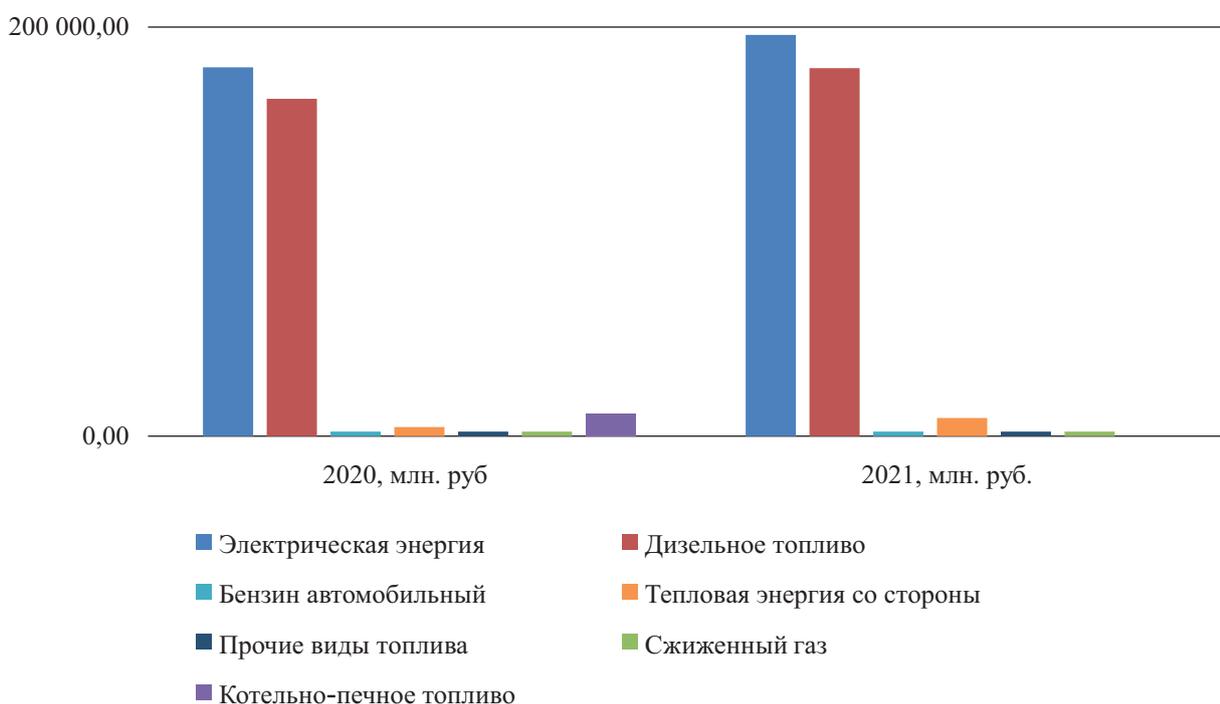


Рис. 1. Затраты на потребление энергетических ресурсов

Приоритет в оптимизации затрат и повышения энергоэффективности – система энергоменеджмента.

Энергоменеджмент представляет собой совокупность норм, принципов и алгоритмов, позволяющих повысить эффективность использования энергоресурсов. В основу энергоменеджмента легли положения, методы и инструменты классического менеджмента.

Особое внимание в системе энергоменеджмента уделяется анализу контекстной среды. Факторы среды характеризуют условия осуществления уставной деятельности предприятия, имеют отношение к целям деятельности в области энергосбережения и повышения энергоэффективности,

вливают на способность общества достигать намеченные результаты, обозначенные для системы энергоменеджмента (в части повышения энергетической эффективности, расхода и экономии энергоресурсов).

Контекстная среда предприятия подразделяется на внешнюю и внутреннюю.

Факторы внутренней среды более управляемы по сравнению с факторами внешней.

Для более полного понимания сущности понятия «внешняя среда» рассмотрим определения, которые встречаются в теории и практике управления (рис. 2).

Внешняя среда состоит из двух факторов: прямое (микросреда) и косвенное (макросреда) воздействия. Макросреду следует рассматривать как совокупность политических, экономических, правовых, научно-технических, социально-культурных (некоторые экономисты данный фактор разделяют на демографические факторы и факторы культурной среды), природно-географических и международных факторов, другими словами, факторы, косвенно влияющие на изменения во внешней среде.

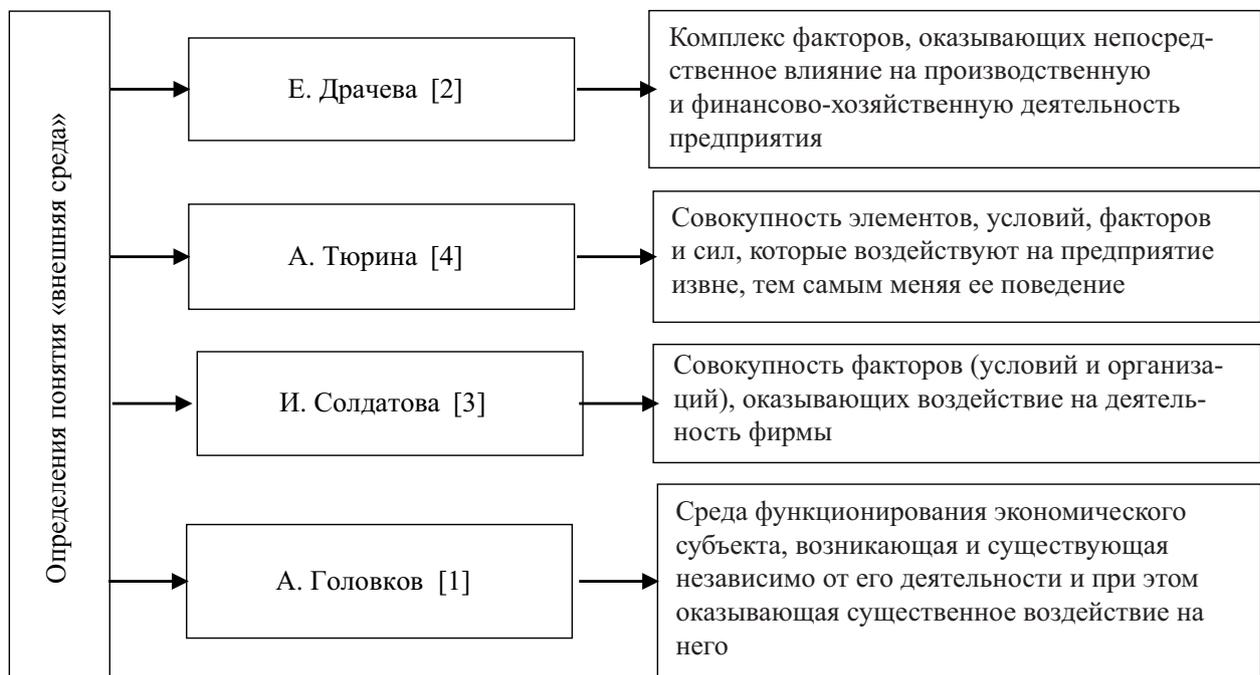


Рис. 2. Подходы к определению «внешняя среда»

Среда косвенного воздействия сложнее, чем прямого. Как правило, анализировать эту информацию гораздо сложнее, потому что приходится прогнозировать (т.к. не существует абсолютно точных значений), поэтому решения, принимаемые на основе анализа факторов косвенного воздействия, зачастую опираются на интуицию. Но предприятие не оказывает прямого влияния на изменение факторов среды косвенного развития.

Результаты анализа факторов макросреды предприятий железнодорожного транспорта с помощью PEST-анализа представлены в таблице.

PEST-анализ предприятий железнодорожного транспорта

Факторы	Тенденция	Последствия
Политические	Реформирование федерального законодательства в области энергоснабжения, энергосбережения и повышения энергоэффективности	Дополнительные капитальные расходы на обновление оборудования Рост себестоимости услуг

Факторы	Тенденция	Последствия
Экономические	Рост инфляции на энергетические ресурсы до 8,6 %	Увеличение затрат на энергоресурсы
	Непостоянный курс валют	Колебания стоимости энергоресурсов
	Снижение реальных доходов населения РФ на 3,5 %	Возможное сокращение использования услуг предприятий железнодорожного транспорта
Социум и культура	Рост экологических движений	Дополнительные капитальные расходы на обновление оборудования Рост себестоимости услуг
Технология	Появление новых технологий в сфере энергосбережения	Дополнительные капитальные расходы на обновление оборудования Рост себестоимости услуг

Из таблицы видно, что влияние факторов макросреды предприятий железнодорожного транспорта в перспективе может оказать негативное влияние на энергоэффективность предприятий. Прежде всего это связано с вероятностью возникновения капитальных вложений, как следствие, рост себестоимости услуг предприятий железнодорожного транспорта, который отразится на стоимости услуг для конечных потребителей.

Главное направление оптимизации и повышения деятельности предприятий железнодорожного транспорта – снижение себестоимости, например, минимизация затрат на энергоресурсы и повышение энергоэффективности. Для этого необходима разработка методика нормирования показателей энергоэффективности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Головков А. Н. Теория внутренней и внешней среды в управлении процессами интеграции бизнеса // Российское предпринимательство. – 2001. – № 12. – С. 46–51.
2. Драчева Е. Л., Юликов Л. И. Менеджмент. – М. : Изд-во «Мастерство», 2014. – 288 с.
3. Солдатова И. Ю. Основы менеджмента. – М. : «Дашков и К<sup>с</sup>»; Ростов-на-Дону : Наука-Пресс, 2006. – 256 с.
4. Тюрина А. Д. Теория организации. – М. : Изд-во «Дело», 2012. – 174 с.

УДК 621.316.94

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

**В. И. Чарыков**, д-р техн. наук, профессор

Курганский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», г. Курган

**Д. В. Смоленцев**, магистрант

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», г. Челябинск

Электрификация железных дорог осуществляется от энергосистем, которые объединяют различное количество электростанций. Электростанции, генерируя электрическую энергию, передают ее через подстанции различного класса напряжения, тяговые понижающие подстанции, линии электропередачи к локомотивам железных дорог [1–3]. Кроме этого, от энергосистемы электрической энергией питаются нетяговые железнодорожные потребители и потребители прилегающих районов.

Большая часть железнодорожных локомотивов получает питание непосредственно через тяговую сеть, в которой один из проводов – контактная подвеска (контактная сеть), рельсовый путь. Рельсы не изолированы от земли, соответственно, значительная часть тока протекает по земле. В случае расположения вблизи от железнодорожных путей токопроводящих элементов токи протекают по элементу и создаются опасные потенциалы, а также несимметрия тяговой сети [4, 5]. Несимметричный режим работы тяговой электрической сети существенно ухудшает условия работы электроприемников и всех элементов сети.

Основное требование к установкам телемеханики и автоматики: обеспечение бесперебойного питания аппаратуры.

Трехфазная линия нетягового электроснабжения 27,5 кВ для питания железнодорожных и районных потребителей, находящихся вдоль железных дорог, электрифицированных на однофазном переменном токе, использует схему «два провода – рельс». Из-за наличия потребителей электрической энергии и нетяговых потребителей, которые получают электрическую энергию посредством присоединения к трансформаторной подстанции (КТП), появляется возможность применения устройства защиты.

Схема электроснабжения нетяговых потребителей железной дороги, электрифицированной переменным током 27,5 кВ, представлена на рис. 1.

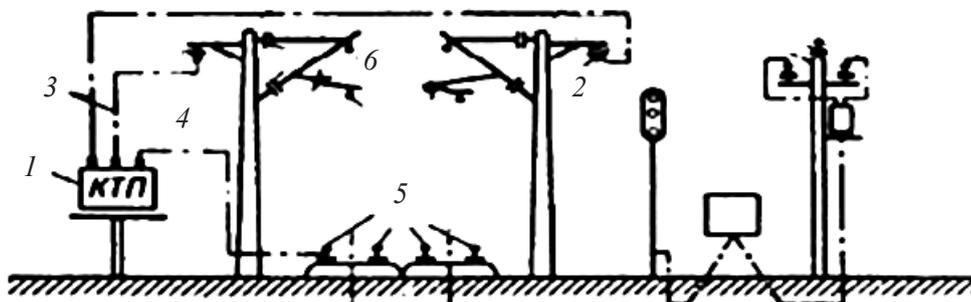


Рис. 1. Схема электроснабжения железнодoрoжных путей

1 – КТП; 2 – линия «два провода – рельс»; 3 – питающий провод; 4 – вывод КТП; 5 – рельсы; 6 – несущий трос

Подстанция 1 комплектного исполнения получает питание непосредственно от линии «два провода – рельс» 2 через провода 3. Один провод линии 2 через изолятор подвешивается к консоли

с полевой стороны опоры контактной тяговой сети. Кроме этого, подстанции комплектного исполнения *I* присоединяется проводом 4 к рельсам 5. Несущий трос 6 закреплен на опоре изолированной консоли [3].

Рассматриваемое устройство предполагает защиту сельских, промышленных потребителей электрической энергии и состоит из приемного и передающего сигнал устройства [6, 7]. Для передачи сигнала используются линии электропередачи 6–10 кВ.

На рис. 2 представлена схема устройства в сети 6–10 и 0,4 кВ.

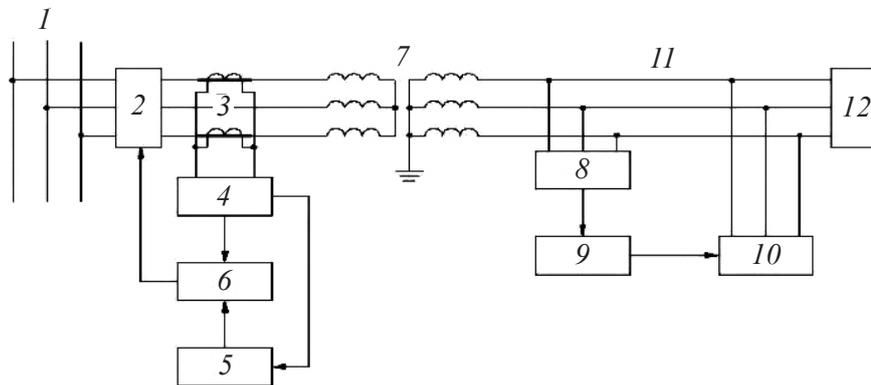


Рис. 2. Схема рассматриваемого устройства в сети 6–10 и 0,4 кВ

*I* – воздушная линия электропередачи 10 кВ; 2 – выключатель (масляный/вакуумный) ячейки 10 кВ подстанции; 3 – трансформаторы тока ячейки подстанции; 4 – преобразователь; 5 – приемник (блок управления, реагирующий орган); 6 – релейная защита ячейки; 7 – трансформатор силовой «звезда – звезда с нулем»; 8 – датчик (датчик несимметрии); 9 – блок управления передатчика устройства; 10 – короткозамыкатель; *II* – воздушная линия электропередачи ВЛ 0,4 кВ; 12 – потребитель эл. энергии

В подстанции 6–10/0,4 кВ комплектного исполнения размещается передатчик устройства (блок управления, датчик несимметрии, короткозамыкатель). Приемник сигналов устройства размещается в ячейке 10 кВ подстанции (блок управления, реагирующий орган, который улавливает изменения тока двухфазного короткого замыкания).

В момент обрыва провода (аварийный /ненормальный режим работы), который представляет собой однофазное замыкание на землю, образуются броски тока и напряжения, амплитудно отличающиеся от доаварийного режима работы, которые поступают непосредственно в блок управления приемника. Поступивший сигнал обрабатывается и происходит отключение выключателя (вакуумный/масляный) ячейки подстанции. В момент отключения выключателя ячейки подстанции оборудование, которое работает в электрической сети 0,4 кВ, выйдет из строя – сигнал поступит диспетчеру района электрических сетей, и он вышлет соответствующих сотрудников для ликвидации аварийного режима работы, что ускорит устранение последствий аварии [8].

Для обеспечения бесперебойной и надежной работы тяговых и нетяговых потребителей необходимо применять соответствующие технические решения. Например, устройства защиты от замыкания на землю.

Предложенное устройство защиты разработано с учетом особенностей электроснабжения промышленных и сельскохозяйственных потребителей.

Установка передатчика в КТП и приемника в ячейке питающей тяговой подстанции позволит повысить бесперебойность и надежность работы контактной сети посредством сокращения времени отыскания аварийного режима работы (обрыв провода), а также улучшение условий электробезопасности при приближении людей и животных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок. – 6-е и 7-е изд. – Новосибирск : Сибирское университетское изд-во, 2007. – 853 с.

2. Правила технической эксплуатации железных дорог РФ. – М., 2011. – 255 с.
3. Долдина В. М. Электроснабжение нетяговых потребителей железнодорожного транспорта. Устройство, обслуживание, ремонт : учеб. пособие. – М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2010. – 304 с.
4. Михайлов А. Ф., Частоедов Л. А. Электроснабжение устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта. – М. : Транспорт, 1980. – 240 с.
5. Ефименко Ю. И., Уздин М. М., Ковалев В. И. Общий курс железных дорог : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. – М. : Изд. центр «Академия», 2005. – 256 с.
6. Филиппов М. М., Уздин М. М., Ефименко Ю. И. Железные дороги. Общий курс : учебник для вузов. – М. : Транспорт, 1991. – 295 с.
7. Приемопередающее устройство: пат. 2 788 035 Рос. Федерации.
8. Смоленцев Д. В., Чарыков В. И., Буторин В. А., Копытин И. И. Устройство для определения замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью напряжением 6–10 кВ и защиты электродвигателей в сети 0,4 кВ // МНИЖ. – 2023. – Вып. 2 (128).

УДК 629.423

# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОТЯГОВЫХ НАГРУЗОК НА ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Е. А. Третьяков, д-р техн. наук, доцент; кафедра «Подвижной состав электрических железных дорог»  
 И. Н. Денисов, заведующий лабораторией кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог»  
 Омский государственный университет путей сообщения. г. Омск

Проведение расчетов на основе математического моделирования позволяет оценить изменение энергетических показателей и показателей нагрузочной способности (ток оборудования, напряжение на токоприемнике электроподвижного состава и др.) [1].

Мгновенная схема замещения двухпутного участка системы тягового электроснабжения переменного тока представлена на рис. 1.

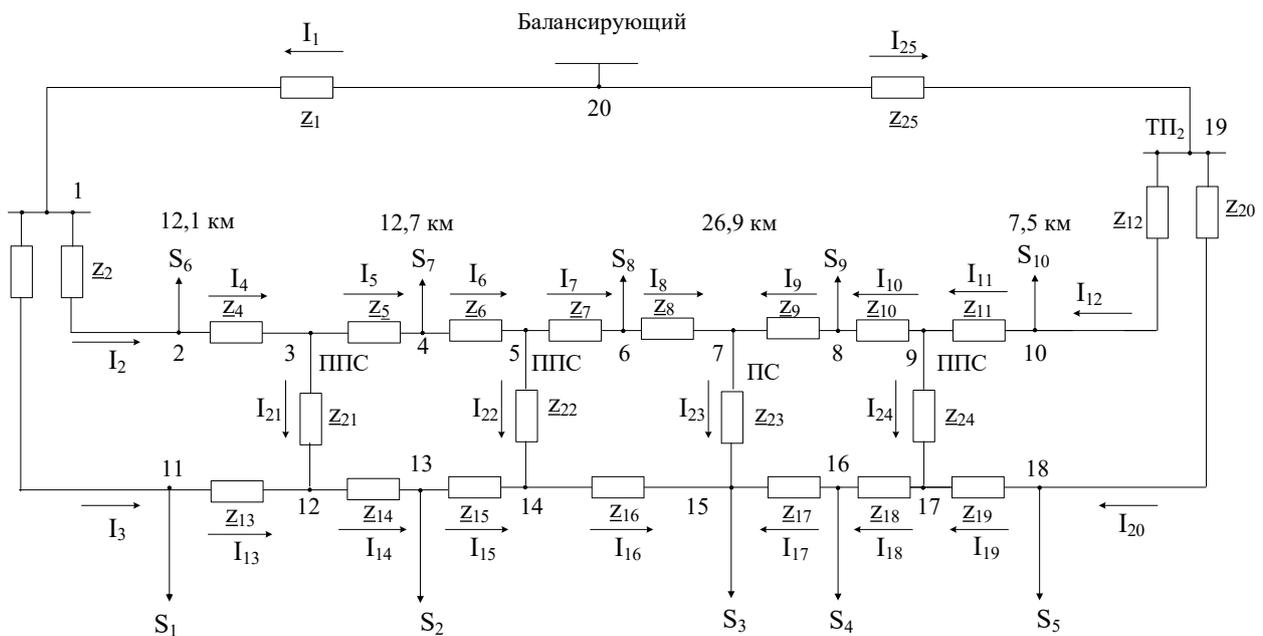


Рис. 1. Схема замещения межподстанционной зоны двухпутного участка

Частные производные небалансов мощности для определения степени влияния узлов с тяговой нагрузкой на напряжения в произвольном узле представленной мгновенной схемы замещения могут быть записаны в виде (на примере составляющей  $\frac{\partial Q}{\partial U}$ ):

$$J_{QU} := \begin{pmatrix} J_{KKQU_{1,1}} & J_{QU_{1,2}} & J_{QU_{1,3}} & \cdot & J_{QU_{1,19}} \\ J_{QU_{2,1}} & J_{KKQU_{2,2}} & J_{QU_{2,3}} & \cdot & J_{QU_{2,19}} \\ J_{QU_{3,1}} & J_{QU_{3,2}} & J_{KKQU_{3,3}} & \cdot & J_{QU_{3,19}} \\ J_{QU_{4,1}} & J_{QU_{4,2}} & J_{QU_{4,3}} & J_{KKQU_{4,4}} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & J_{QU_{4,19}} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & J_{KKQU_{k,j}} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & J_{KKQU_{k,j}} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & J_{KKQU_{k,j}} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ J_{QU_{17,1}} & J_{QU_{17,2}} & J_{QU_{17,3}} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & J_{KKQU_{17,17}} & \cdot & \cdot & J_{QU_{17,19}} \\ J_{QU_{18,1}} & J_{QU_{18,2}} & J_{QU_{18,3}} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & J_{KKQU_{18,18}} & \cdot & J_{QU_{18,19}} \\ J_{QU_{19,1}} & J_{QU_{19,2}} & J_{QU_{19,3}} & \cdot & J_{KKQU_{19,19}} \end{pmatrix}.$$

Расчетные выражения для определения элементов  $J_{QU}$ ,  $J_{P\delta}$ ,  $J_{PU}$ ,  $J_{Q\delta}$  представлены в работе [2].

Пренебрегая фазовым углом, полный дифференциал функции напряжения может быть записан в виде:

$$dU_i = \sum_{j=1}^N \frac{\partial U_i}{\partial P_j} \cdot dP_j + \sum_{j=1}^N \frac{\partial U_i}{\partial Q_j} \cdot dQ_j. \quad (1)$$

Упрощенно:

$$dU_i = \sum_{j=1}^N k_i \cdot dS_j. \quad (2)$$

Под коэффициентом  $k_i$  (В/В·А) понимается степень влияния мощности нагрузки  $S_j$  в  $j$ -м узле на напряжение в  $i$ -м. Определяется на основе представленных выше частных производных.

Матрица инцидентности для схемы замещения имеет вид:

$$M := \begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

Результаты расчета значений коэффициентов чувствительности по напряжению и по току к изменению нагрузки в некоторых узлах представлены на рис. 2, 3.

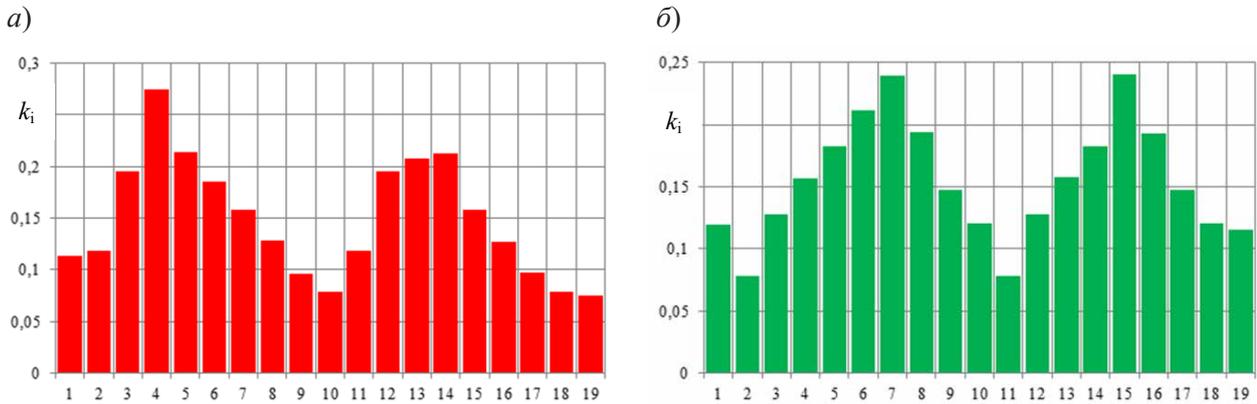


Рис. 2. Значение коэффициентов чувствительности по напряжению к изменению нагрузки по узлам схемы замещения  
 а – увеличение нагрузки  $S_7$  на 100 %; б – увеличении нагрузки  $S_4$  на 100 %

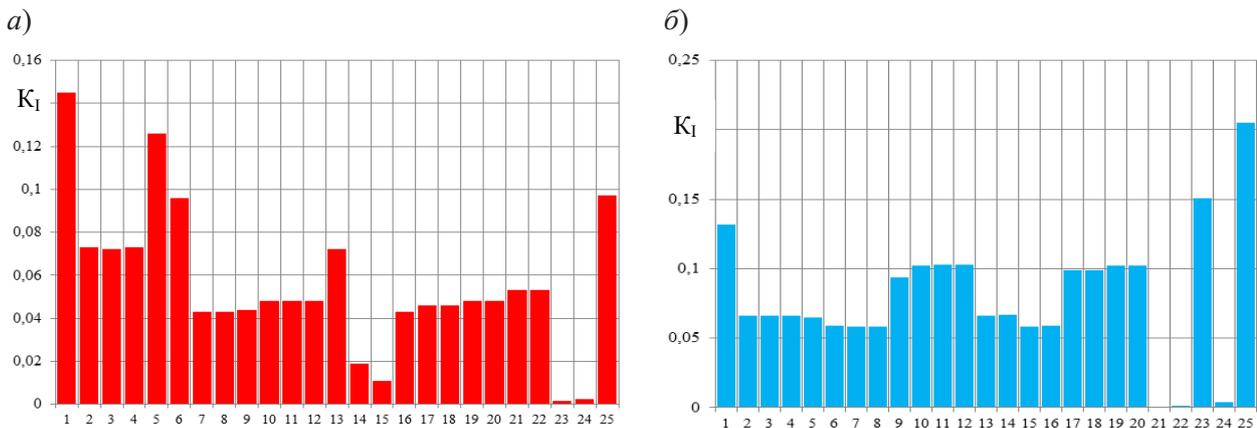


Рис. 3. Значение коэффициентов чувствительности по току к изменению нагрузки по узлам схемы замещения  
 а – увеличение нагрузки  $S_7$  на 100 %; б – увеличении нагрузки  $S_4$  на 100 %

Таким образом, степень влияния электровозов на параметры режимов системы тягового электроснабжения оценивается по коэффициентам влияния, полученным на основе частных производных (элементов матрицы Якоби) [3]. Вклад отдельных электровозов в изменение напряжения в произвольном узле тяговой сети рассчитывается по выражению:

$$[\hat{U}_d]([Y_y] \cdot [\hat{U}] + [Y_\delta] \cdot [\hat{U}_\delta]) = [\hat{S}_y]. \quad (3)$$

Вклад мощности  $k$ -х тяговых нагрузок в загрузку фидеров тяговых подстанций  $\Delta_{\omega k}$  определяется на основе мгновенных схем замещения с оценкой состояния по данным измерений методом наименьших квадратов.

Наличие синхронизированных измерительных систем, расположенных на электровозе и тяговых подстанциях, позволяет обеспечить оценку влияния мощности электроподвижного состава на загрузку тяговых подстанций и параметры режима системы тягового электроснабжения (прежде всего по напряжению).

На рассматриваемом участке отсутствует движение электровозов, оборудованных рекуперативным торможением.

Математическая реализация режимов работы электроподвижного состава применительно к рассматриваемому участку может быть выполнена на основе оптимального приращения мощности электровозов при обеспечении заданного (или скорректированного) графика движения поездов.

Технологию управления спросом электротяговыми нагрузками на межподстанционной зоне двухпутного участка переменного тока путем корректировки графика движения и параметров режимов электроподвижного состава (режим, позиция, скорость, мощность) и системы тягового электроснабжения (при наличии устройств регулирования) целесообразно реализовать на основе самоорганизующейся мультиагентной системы [4].

В качестве модели управления спросом электротяговыми нагрузками системы электроснабжения железных дорог при заданных ограничениях мощности (напряжения) в заданный период предлагается подход в виде максимизации мощности подключенных тяговых нагрузок с учетом чувствительности нагрузки фидера тяговой подстанции к изменению нагрузки электровозов, ценовой характеристики нагрузки, приоритета нагрузки:

$$F(y_k) = \sum_{k=1}^m P_k \cdot v_k \cdot \Delta\omega_k \cdot y_k \rightarrow \max, \quad (4)$$

при ограничениях:

$$y_{k \min}, y_{k \max} \in (0-1), v_k, \Delta\omega_k \in (0-1),$$

$$\sum_{k=1}^m P_k \cdot y_k \leq P_{\text{оп}}, U_{k \min} \leq U_k < U_{k \max}, P_{k \min} \leq P_k < P_{k \max},$$

$$y_{k \min} \leq y_k < y_{k \max},$$

$$P_k \in B; G,$$

где  $v_k$  – приоритет нагрузки (в диапазоне 0–1);  $\Delta\omega_k$  – коэффициент чувствительности мощности фидера тяговой подстанции к изменению мощности  $k$ -го электровоза (в диапазоне 0–1);  $y_k$  – коэффициент загрузки (в диапазоне 0–1);  $m$  – количество тяговых нагрузок на межподстанционной зоне;  $P_k$  – мощность  $k$ -й тяговой нагрузки (тяга, рекуперация) без управления спросом;  $P_{\text{оп}}$  – опорная мощность по фидеру тяговой подстанции (учитывает степень загрузки и потери мощности в тяговой сети);  $U_k$  – напряжение на токоприемнике  $k$ -го электровоза;  $B$  – допустимый набор электровозов в соответствии с графиком движения, прочих логических условий, соответствующих спискам смежности;  $G$  – список смежности, описывающий связи тяговых нагрузок, входящих в технологическую операцию процесса движения поездов.

На основе допустимых мгновенных приращений потребляемой и генерируемой (в режиме рекуперации) мощности электровозов выполняется мгновенный тяговый расчет с определением тягово-энергетических параметров движения поезда, обеспечивающих заданную тяговую нагрузку на участке.

Представленный подход к управлению тяговыми нагрузками в условиях ограничений мощности энергетической инфраструктуры может быть реализован при условии прогнозирования параметров поезда до 1 ч. Прогнозирование может выполняться встроенными функциями на основе статистических моделей.

Результатом решения поставленных задач является множество  $y_k = \{y_1, y_2, y_3 \dots y_k\}$ ,  $y_k \in (0-1)$ , в соответствии с которым осуществляется определение управляющих воздействий через мгновенный тяговый расчет по значениям  $\Delta P_k$ . В случае превышения мощности тяговых нагрузок заданной величины осуществляется определение  $\Delta P_k$  для  $k$ -го электровоза с учетом приоритета нагрузки и чувствительность нагрузки фидера тяговой подстанции к изменению нагрузки  $k$ -го электровоза. Мгновенный тяговый расчет движения поезда по данным измерений в реальном времени позволяет контролировать энергетические параметры движения локомотивов в межподстанционной зоне (потребляемый ток, мощность, коэффициент мощности, напряжение на токоприемнике)

и связывать их со скоростью движения, позицией, режимом работы с учетом местоположения, профиля пути.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бушуев, С. В. Повышение пропускной способности участка железной дороги с применением технологии виртуальной сцепки / С. В. Бушуев, К. В. Гундырев, Н. С. Голочалов // Автоматика на транспорте. – 2021. – Т. 7, № 1. – С. 1–20.
2. Крюков, А. В. Компьютерные технологии для моделирования систем электроснабжения железных дорог переменного тока / А. В. Крюков, В. П. Закарюкин // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 3 (28). – С. 61–65.
3. Гаранин, М. А. Моделирование системы тягового электроснабжения переменного тока для пропуска поездов повышенной массы / М. А. Гаранин, Т. В. Бошкарева, С. А. Фроленков // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 5 (59). – С. 22–27.
4. Третьяков, Е. А. Управление спросом активных потребителей в распределительных электрических сетях / Е. А. Третьяков, Н. Н. Малышева // Вестник Чувашского университета. – 2020. – № 1. – С. 190–202.

УДК 621.311

## АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ОБРАТНОЙ ТЯГОВОЙ СЕТИ ДЛЯ ВСЕГО ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

А. В. Паранин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта»

В. А. Третьяков, аспирант кафедры «Электроснабжение транспорта»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Е. Д. Харьковская, аспирант, ведущий специалист научного центра «Электрификация и теплоэнергетика»

П. И. Смолин, руководитель проектов научного центра «Электрификация и теплоэнергетика»  
АО «ВНИИЖТ», Москва

На электрифицированных участках при увеличении интенсивности движения тяжеловесных поездов и общего объема перевозок происходит увеличение тяговых токов. Кроме того, применение современных систем рельсовых скреплений, изоляционных подкладок и геосинтетических материалов увеличивает переходное сопротивление между рельсами и землей. Это создает проблемы, связанные с работой обратной тяговой сети (ОТС) из-за возникновения высоких напряжений и токов в рельсах. Повышенное напряжение в рельсах относительно земли может вызывать дуговые повреждения рельсов, усиливать процессы электрокоррозии на рельсах, железобетонных конструкциях, которые заземлены на рельсы, и ухудшать условия электробезопасности для работников на железнодорожных путях. Большая величина тягового тока приводит к нагреву дроссель-трансформаторов, рельсовых перемычек и междупутных соединителей [1, 2].

Для разработки мероприятий по уменьшению негативных процессов необходимо прогнозировать и измерять величины возникающих напряжений и токов в рельсах вдоль пути в течение заданного времени движения поездов. Сам по себе задача такого анализа с учетом большого количества данных задача не тривиальная.

Некоторый анализ работы ОТС на участках постоянного тока делается экспериментально. В частности, для оценки электрокоррозионной опасности происходит снятие потенциальной диаграммы напряжения рельсов. С другой стороны, величина тока в рельсах на данный момент никак не измеряется. Снятие потенциальной диаграммы рекомендуется проводить через каждый километр при индивидуальных заземлениях и у каждой опоры при групповых заземлениях, особенно при интенсивном, тяжеловесном и скоростном движении поездов.

Для выполнения измерений рекомендуется использовать прибор контроля опор ПК-2 в автоматическом режиме. Подключение прибора к опоре осуществляется через разъем «Рельс», соединенный с подошвой рельса или со стыковым соединителем. Разъем «Спуск» соединяется со спуском заземления опоры выше защитного устройства. После активации кнопки «ПД» прибор начинает измерения потенциала «рельс-земля» с десятисекундным интервалом.

В течение измерений автоматически записываются усредненные положительные и отрицательные значения потенциала, а также максимальные значения положительного и отрицательного потенциала. Измерения должны длиться не менее пяти минут и включать прохождение не менее одного поезда.

Снятые данные используются для построения потенциальной диаграммы, где по горизонтальной оси откладываются расстояния между точками измерений, а по вертикали – средние значения потенциалов. Положительные значения отображаются выше горизонтальной линии расстояний, а отрицательные ниже.

Потенциальные диаграммы строятся для каждого пути на многопутных участках с учетом заземляющих спуски опор. Снятие данных рекомендуется сразу после пуска в эксплуатацию

электрифицированного участка, а затем их коррекция выполняется при изменении схем питания контактной сети, реконструкции верхнего строения пути не реже одного раза в шесть лет [3].

Этот процесс требует внимательной обработки данных, использования специализированных инструментов для визуализации и графического представления результатов измерения. Но пока диаграммы потенциалов осуществляют вручную. Невозможно утверждать, что представленная диаграмма была создана с высокой степенью точности и именно в момент прохождения подвижного состава наблюдалось максимальное значение потенциала.

В программу «Система планирования, нормирования и анализа использования топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов» (АСУ ТЭР) внедряется модуль расчета ОТС. Он рассчитывает мгновенные электрические схемы для каждого момента в графике движения поездов, предоставляя данные о напряжениях и токах вдоль пути. Из-за множества мгновенных схем в течение суток необходим алгоритм обработки данных для усреднения, определения экстремальных значений и других операций. Результаты визуализируются для удобства анализа, при необходимости оценивается электробезопасность. Все это интегрируется в общую систему АСУ ТЭР для оперативного принятия решений в реальном времени (рис. 1).

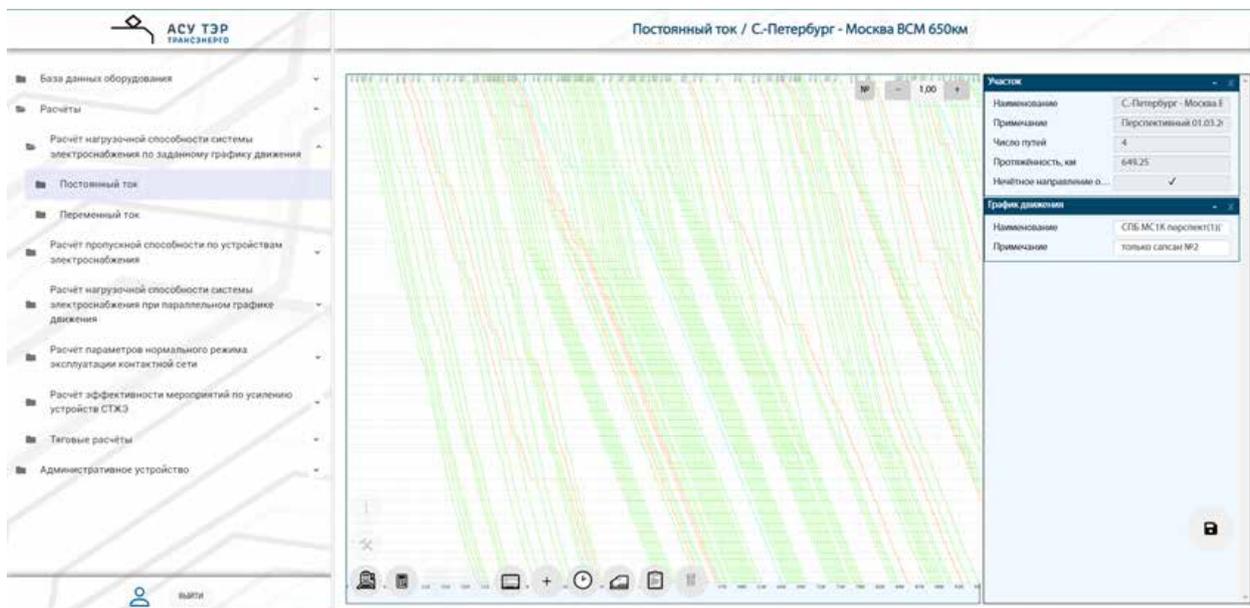


Рис. 1. График движения поездов из программы АСУ ТЭР

Количество графиков, генерируемых для каждой мгновенной схемы, усложняет анализ данных; необходима эффективная обработка этого объема.

Алгоритм обработки результатов расчета обратной тяговой сети для всего графика движения поездов включает расчет мгновенных сценариев для каждого временного интервала движения поездов, сохранение данных о токах и напряжениях в массивах, их последующую обработку. Результирующие функции вдоль пути – это итог расчета ОТС для всего графика движения.

Критерии оценки напряжения: общая оценка величины напряжения (среднее значение, минимум, максимум, статистический коридор), потенциальная интенсивность электрокоррозии (только для постоянного тока), среднее положительное напряжение рельсов, электробезопасность (максимальное напряжение рельсов, время, когда напряжение превышает допустимое значение согласно электробезопасности).

Для тока в каждой точке пути рассчитываются общая оценка и нагрев (максимальное мгновенное значение, максимальное эффективное значение за заданный период).

Эти параметры рассчитываются для каждой точки пути в течение всего графика движения. Результаты представляются в виде графиков вдоль пути, что облегчает визуальную и количественную оценку ситуации с ОТС (рис. 2–4).

Полученные результаты основаны на условиях упрощенного циклического движения поездов с однородной скоростью, постоянным током и равным межпоездным интервалом. Распределение тока между тяговыми подстанциями происходит обратно пропорционально расстоянию до них. Также учтено, что рассматриваемый участок однопутный, с рельсовой линией, считающейся однородной и бесконечной. Упрощения введены только для проверки эффективности работы алгоритма [4].

С учетом аспекта напряжений можно провести обобщенную оценку, представляющую собой статистику вдоль рельса: оценить средний и статистический коридор, фактический минимум и максимум напряжения рельсов вдоль пути (рис. 2). Среднее напряжение и ширина статистического коридора возрастает в середине межподстанционной зоны относительно точек подключения тяговых подстанций.

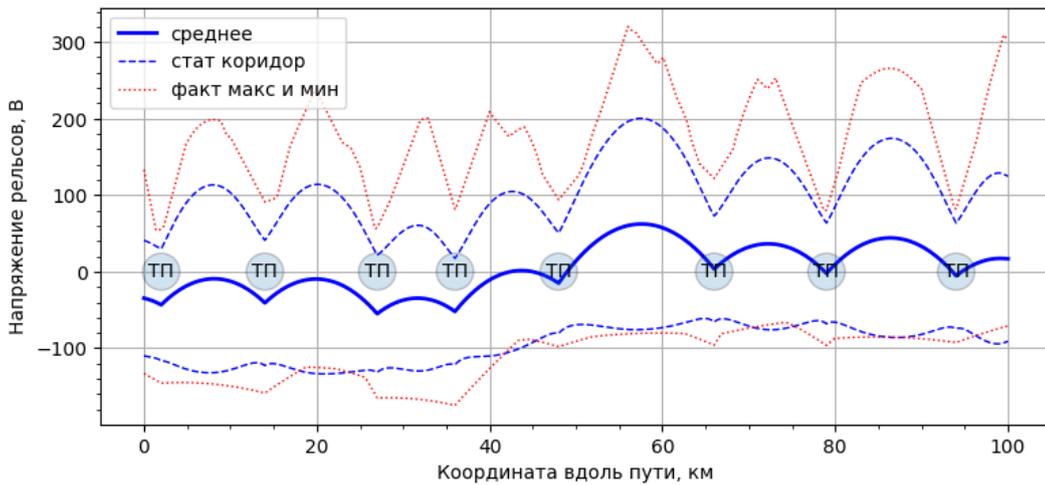


Рис. 2. Для оценки общей ситуации по напряжению

На рис. 3 оценивается соответствие условиям электробезопасности при превышении напряжения в рельсах установленного предела в 150 В. Если в определенный момент заданной точке значение напряжения превышает установленные 150 В, это свидетельствует о потенциальной небезопасности напряжения в рельсах. Кроме того, можно определить долю времени от общего расчетного времени. Есть участки, где часто возникало небезопасное напряжение, на некоторых же участках такого не было. График отображает максимальное по модулю напряжение за все расчетное время (рис. 4). Очевидно, что такие высокие значения возникали между тяговыми подстанциями, например, на участке 55 км [5].

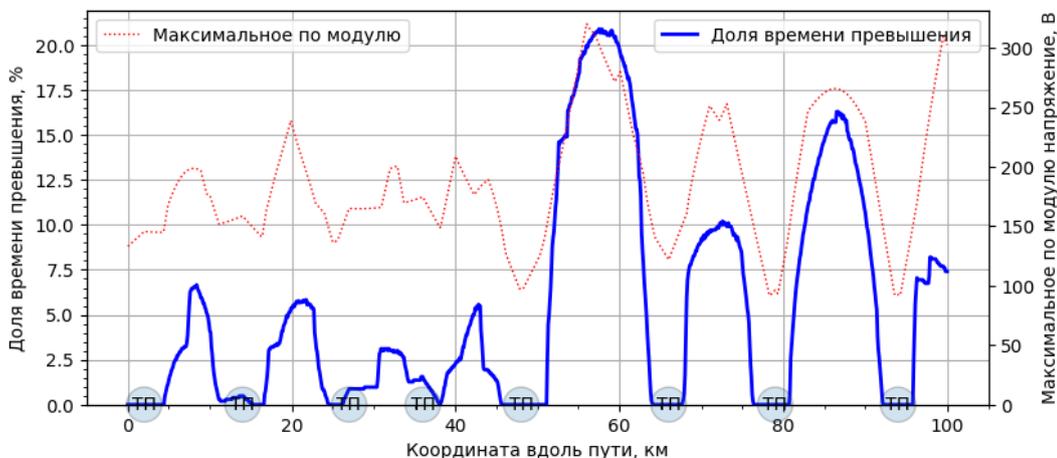


Рис. 3. Для оценки условий электробезопасности по напряжению

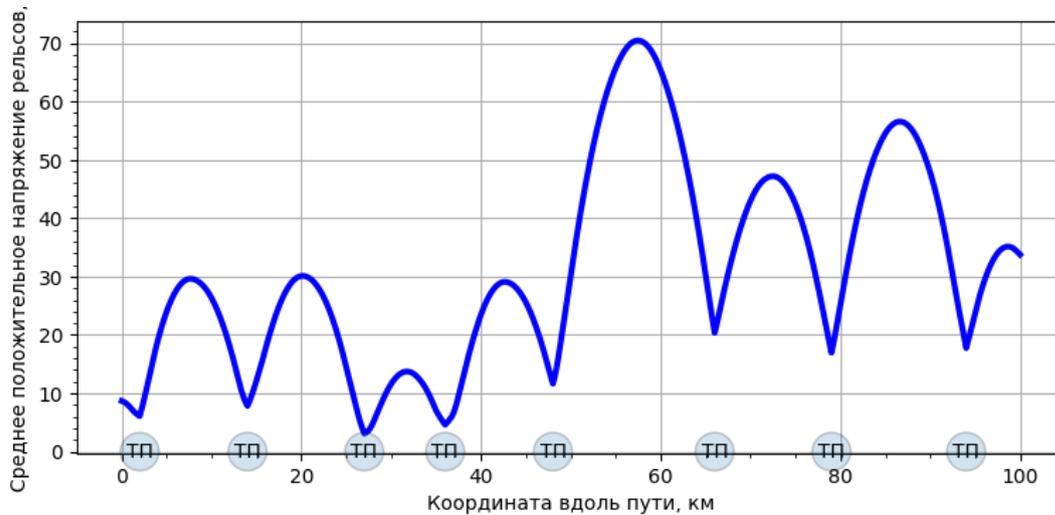


Рис. 4. Для оценки потенциальной интенсивности электрокоррозии по напряжению

С учетом аспектов интенсивности электрокоррозии целесообразно рассчитывать максимальные значения напряжений в течение суток графиков движения. Среднее положительное напряжение рельсов прямо пропорционально количеству тока, который стекает с опоры в землю, значит, и выносу металла опоры. Видно, что в районе 50 км в середине самой длинной межподстанционной зоны наблюдаются наибольшие значения (рис. 5).

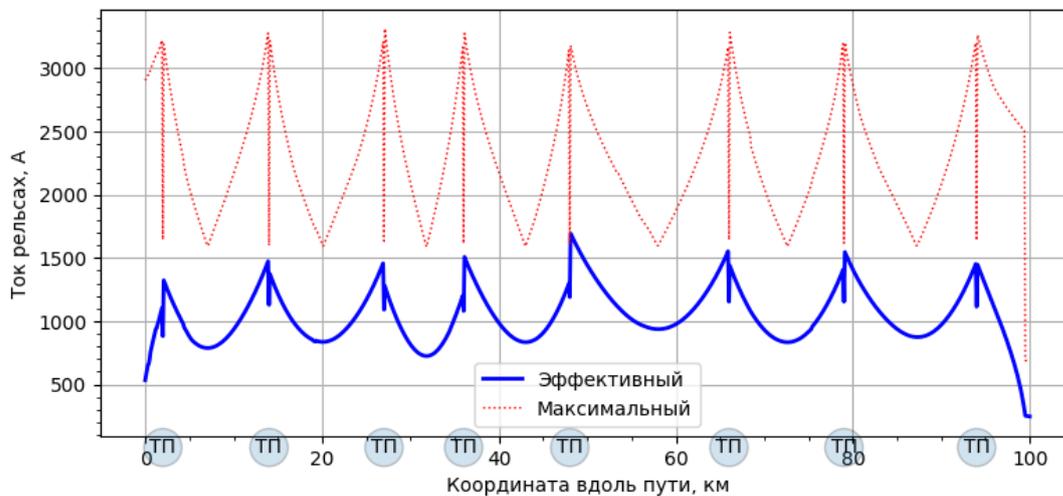


Рис. 5. Общая оценка токов по максимальному мгновенному и эффективному значениям для нагрева

С точки зрения нагрева элементов ОТС (дрессель-трансформаторов, рельсовых перемычек и междупутных соединителей) рассчитывается эффективный ток, т.е. такой постоянный ток, который при изменяющемся значении реального тока выделит столько же тепла, сколько постоянный во времени ток. В дополнение к этому указываются пиковые максимальные значения тока.

В результате подробного анализа графиков можно сделать вывод, что предлагаемый метод обработки данных, полученных в результате расчетов обратной тяговой сети, обеспечивает наглядную и адекватную оценку ее работы. Алгоритм успешно выявляет наиболее нагруженные участки ОТС, где могут возникнуть проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котельников, А. В. Оптимизация параметров цепей обратного тока тягового электроснабжения в условиях интенсификации движения и повышения весовых норм поездов / А. В. Котельников, А. В. Наумов, А. А. Наумов, Е. Э. Закиев // Вестник ВНИИЖТ. – 2006. – № 1. – С. 3–12.
2. Оводков, Л. В. Рельсовые стыковые соединители / Л. В. Оводков, В. Я. Литвинов // Автоматика, телемеханика и связь. – 1985 – № 4 – С. 26–28.
3. Указания по техническому обслуживанию и ремонту опорных конструкций контактной сети.
4. Паранин, А. В. Анализ условий работы рельсовой линии на основе моделирования растекания обратного тягового тока / А. В. Паранин, Б. В. Рожкин // Транспорт Урала. – 2018. – № 4 (59). – С. 28–34.
5. Наумов, А. В. Потенциал рельсов и электробезопасность / А. В. Наумов, А. А. Наумов // Автоматика связь информатика – 2014. – № 5. – С. 20–23.

УДК 621.311

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОПУСКА ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ПОЕЗДОВ НА ИЗНОС ОБОРУДОВАНИЯ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

К. А. Лысов, аспирант кафедры «Электроснабжение транспорта»

А. А. Ковалев, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Электроснабжение транспорта»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Прогнозы, составленные с учетом множества социально-экономических параметров, предсказывают положительную динамику всех основных показателей грузовой работы железнодорожного транспорта (рис. 1) [1].



Рис. 1. Основные показатели грузовой работы железнодорожного транспорта

Количество тяжеловесных поездов на некоторых участках возрастет, а это может негативно влиять на систему электроснабжения (возрастание токовой нагрузки в системе, нагрев устройств электроснабжения, снижение уровня напряжения в контактной сети, увеличение потерь электроэнергии и сокращение ресурса оборудования тяговой подстанции) (рис. 2, 3).

Из оборудования тяговых подстанций более быстрому износу от прохождения тяжеловесных поездов подвергаются силовые трансформаторы и выключатели. При прохождении высоких токов через силовые трансформаторы возникает перегрев, что приводит к ускоренному старению и разрушению изоляционных материалов. Это вызывает повышение потерь холостого хода, ухудшение состояния масла. Выключатели, работающие с высокими токами, также подвергаются ускоренному износу определенных частей (в зависимости от вида выключателя), снижается эффективность их работы.

На основе практических результатов, полученных в процессе проведения экспертизы по промышленной безопасности электрооборудования, применяемого для передачи электроэнергии, на объектах, отнесенных к категории надежности I, выявлены наиболее распространенные дефекты в трансформаторах (рис. 4) [2].



Рис. 2. Карта размеров движения тяжеловесных поездов по консервативному сценарию



Рис. 3. Карта размеров движения тяжеловесных поездов по перспективному сценарию



Рис. 4. Основные дефекты трансформаторов

Процентное соотношение отказов оборудования тяговых подстанций приведено в таблице.

Отказы оборудования тяговых подстанций в год на одну подстанцию постоянного тока

Устройство	Отказы, кол-во	
	шт.	%
Преобразователи	0,03	14
Быстродействующие устройства	0,05	23
Разрядники постоянного тока	0,01	5
Сглаживающие устройства	0,02	9
Прочие	0,11	49
Всего	0,22	100

Продолжительность перерывов в движении поездов из-за отказов тяговых подстанций составляет всего 3 % общего числа задержек, вызванных неисправностями устройств электроснабжения. Это объясняется тем, что большинство оборудования имеет резерв.

С тенденцией увеличения интенсивности прохода тяжеловесных поездов можно ожидать дополнительные нагрузки на оборудование тяговых подстанций постоянного тока и увеличение числа отказов оборудования на них.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев А. А., Анализ показателей качества электроэнергии в сетях нетяговых потребителей железнодорожного транспорта / А. А. Ковалев, Т. Т. Шаюхов, С. А. Чебаков, Т. Т. Шарапов // Транспорт Урала. – 2020. – № 4 (67). – С. 86–90.
2. Ковалев А. А. Комплексная оценка способов определения поврежденного фидера в сетях 6-35 кВ / А. А. Ковалев, Т. С. Тарасовский, А. Ю. Чумаченко // Инновационный транспорт. – 2016. – № 1 (19). – С. 29–33.

УДК 621.331:778.35:620.179

## АНАЛИЗ БПЛА ДЛЯ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ ТЯГОВОЙ СЕТИ

Н. А. Исайчева, 3-й курс

М. В. Башаркин, канд. техн. наук

Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Как правило, в локомотивном хозяйстве применяются встроенные системы диагностики [1]. Для объектов инфраструктурного комплекса помимо встроенных систем диагностики, которые используют для определения технического состояния объектов системы управления движением поездов [2], применяют и мобильные диагностические комплексы. К ним относятся системы на базе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Такие комплексы активно используют для исследования состояния верхнего строения пути [3]. В хозяйстве электроснабжения используют переносные диагностические приборы и вагоны-лаборатории [4]. Некоторые разработки направлены на создание стационарных систем технического диагностирования хозяйства электроснабжения, но широкого применения до настоящего времени они не нашли [5–7].

Недостаток переносных приборов заключается в использовании оператора, следовательно, мониторинг объектов здесь не получится. Вагон-лаборатория также не позволяет с заданным интервалом производить мониторинг состояния объектов, поскольку расстояние, которое он может пройти за требуемый период, ограничено, и для мониторинга с заданным качеством следует увеличить количество передвижных комплексов.

Предлагается внедрить для этих целей БПЛА с тепловизором, работающим в инфракрасном диапазоне. Их преимущества: возможность исследования объектов тяговой сети вне зависимости от поездной ситуации; позволяют определять температуру нагрева объектов при движении поездов; повышают детализацию исследуемых объектов.

Рассмотрим два основных варианта БПЛА, находящихся в одном ценовом диапазоне; их характеристики: Autel Robotics EVO II Dual 640T [8]; DJI Mavic 3T [9].

Ключевые параметры представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ рассматриваемых типов БПЛА

Критерий	Тип БПЛА	
	Autel Robotics EVO II Dual 640T	DJI Mavic 3T
Максимальное время работы на одном заряде, мин	38	46
Дальность полета, км	15	
Максимальная дальность для передачи данных, км	9	15
Навигационная система	GPS/ГЛОНАСС/ВИО/АТТИ	GPS
Управление	По радиоканалу	
Максимальная скорость полета (нормальный режим), м/с	15	
Минимальное время зарядки, мин	90	
Диапазон рабочих температур, °С	–10–40	
Масса, г	1150	1100

БПЛА имеют схожие характеристики. Преимущество DJI Mavic 3T в максимальной дальности для передачи данных нивелируется в условиях железнодорожного транспорта.

Второй ключевой элемент – тепловая камера. Результаты сравнительного анализа приведены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ тепловых камер рассматриваемых типов БПЛА

Критерий	Тип БПЛА	
	Autel Robotics EVO II Dual 640T	DJI Mavic 3T
Тип камеры	Модуль FLIR BOSON 640*512/ 320*256	Неохлаждаемый VOx-микроболометр
Шаг пикселя, мкм	12	
Максимальное разрешение, пиксель	640×512	
Максимальное увеличение, раз	8	28
Длина волны, мкм	7,5–13,5	8–14
Максимальное поле зрения, °	34	61
Диапазон измерения температур, °С	–20–150 (высокое усиление) 0–550 (низкое усиление)	–20–150 (высокое усиление) 0–500 (низкое усиление)
Расстояние измерения, м	2–20	> 5
Погрешность измерения, °С (при температуре > 100 °С, %)	±3	±2

Неохлаждаемый VOx-микроболометр превосходит модуль FLIR BOSON 640\*512/ 320\*256 по максимальному полю зрения, за счет чего объекты тяговой сети по тепловому параметру оцениваются быстрее и точнее.

Сравнительный анализ тепловых камер показал, что здесь незначительное преимущество имеет БПЛА DJI Mavic 3T.

БПЛА можно применять для тепловизионного контроля объектов тяговой сети. Критерии, по которым БПЛА Autel Robotics EVO II Dual 640T уступает DJI Mavic 3T, некритические и при прочих равных следует оценивать их стоимостные характеристики. Дальность полета позволяет обоим БПЛА работать в междподстанционной зоне участков, электрифицированных постоянным током. Для электротяги переменного тока следует рассматривать БПЛА более высокого класса с точки зрения времени и дальности полета, что повлияет на стоимость реализации технологического процесса и потребует дополнительной оценки его экономической эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пляскин, А. К. Современные системы диагностирования локомотивов / А. К. Пляскин, А. С. Кушнирук // Вестник Института тяги и подвижного состава. – 2017. – № 13. – С. 3–5.
2. Лыков, А. А. Техническое диагностирование и мониторинг состояния устройств ЖАТ / А. А. Лыков, Д. В. Ефанов, С. В. Власенко // Транспорт Российской Федерации. – 2012. – № 5 (42). – С. 67–72.
3. Многофункциональный автономный роботизированный комплекс диагностики и контроля верхнего строения пути и элементов железнодорожной инфраструктуры : пат. 2733907 Рос. Федерации.
4. Бутенко Е. А. Совершенствование технологии эксплуатации контактной сети за счет применения распределенной автономной системы контроля и диагностики: дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Омск : ОмГУПС, 2021. 168 с. Защищена 21.12.2021.
5. Гаранин, М. А. Методика бесконтактной диагностики проводов контактной сети электрифицированных железных дорог / М. А. Гаранин, С. А. Фроленков // Вестник транспорта Поволжья. – 2020. – № 6 (84). – С. 7–14.

6. Гаранин, М. А. Методика бесконтактной диагностики положения проводов контактной сети электрифицированных железных дорог / М. А. Гаранин, С. А. Фроленков // Известия Транссиба. – 2020. – № 4 (44). – С. 48–56.
7. Фроленков, С. А. Мобильные технологии в дирекции по энергообеспечению / С. А. Фроленков, М. А. Гаранин // Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии (ПЭЭЭ-2017). – Тольятти : Тольяттинский государственный университет, 2017. – С. 306–310.
8. AutelDrones-Russia. URL: <https://auteldrones-russia.ru/shop/kvadrokopter-autel-robotics-evo-ii-dual-640t-enterprise-rugged-bundle-v2/> (дата обращения: 20.11.2023).
9. DJI RUS. URL: <https://dji-rus.ru/promyshlennye-drony/mavic-3-enterprise/dji-mavic-3-thermal/> (дата обращения: 20.11.2023).

# СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

---

УДК 621.331

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗНЫХ ФОРМ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНИКИ И СВЯЗИ»

И. Н. Максимова, канд. техн. наук; кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на ж/д транспорте»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Одним из главных требований для обеспечения эффективной, надежной и безопасной работы применяемого оборудования выступает бесперебойное энергоснабжение. Под качественным электроснабжением понимается обеспечение потребителей электрической энергией с заданными номинальными параметрами напряжения или тока, частоты и определенной, например, синусоидальной, формы кривых. Дисциплины «Электропитание устройств автоматики и телемеханики» и «Электропитание телекоммуникационных систем» играют важную роль в обучении студентов.

Хотя электропитание устройств телекоммуникаций и автоматики имеет множество отличий, общее построение курса схоже. Весь курс лекций можно разделить на несколько разделов.

1. Общая часть. Рассматриваются понятия энергетической системы, общие принципы организации электроснабжения и электропитания устройств, основные параметры. Занимает примерно 20 % от общего количества занятий.

2. Специальная часть. Рассматривается специфика электропитания конкретных устройств, параметры и конструкция аппаратов, применяемых для систем электропитания, построение систем. По наполнению эта часть для разных специальностей отличается, но сложность и количество материала схоже. Следовательно, при анализе допустимо проведения сравнения.

Для анализа эффективности разных форм проведения лекционных занятий по дисциплине «Электропитание устройств автоматики, телемеханики и связи» взяты две фокусные группы.

Применен общий алгоритм построения курса (рис. 1) [1, 2].

При дистанционной форме проведения обработка обратной связи требует времени и в большинстве случаев не может позволить провести мгновенной корректировки лекционного материала, следовательно, данная часть может быть включена в начало следующей лекции.

При очной форме проведения обратная связь мгновенна, имеет ярко выраженный характер. Проще оценить освоение материала.

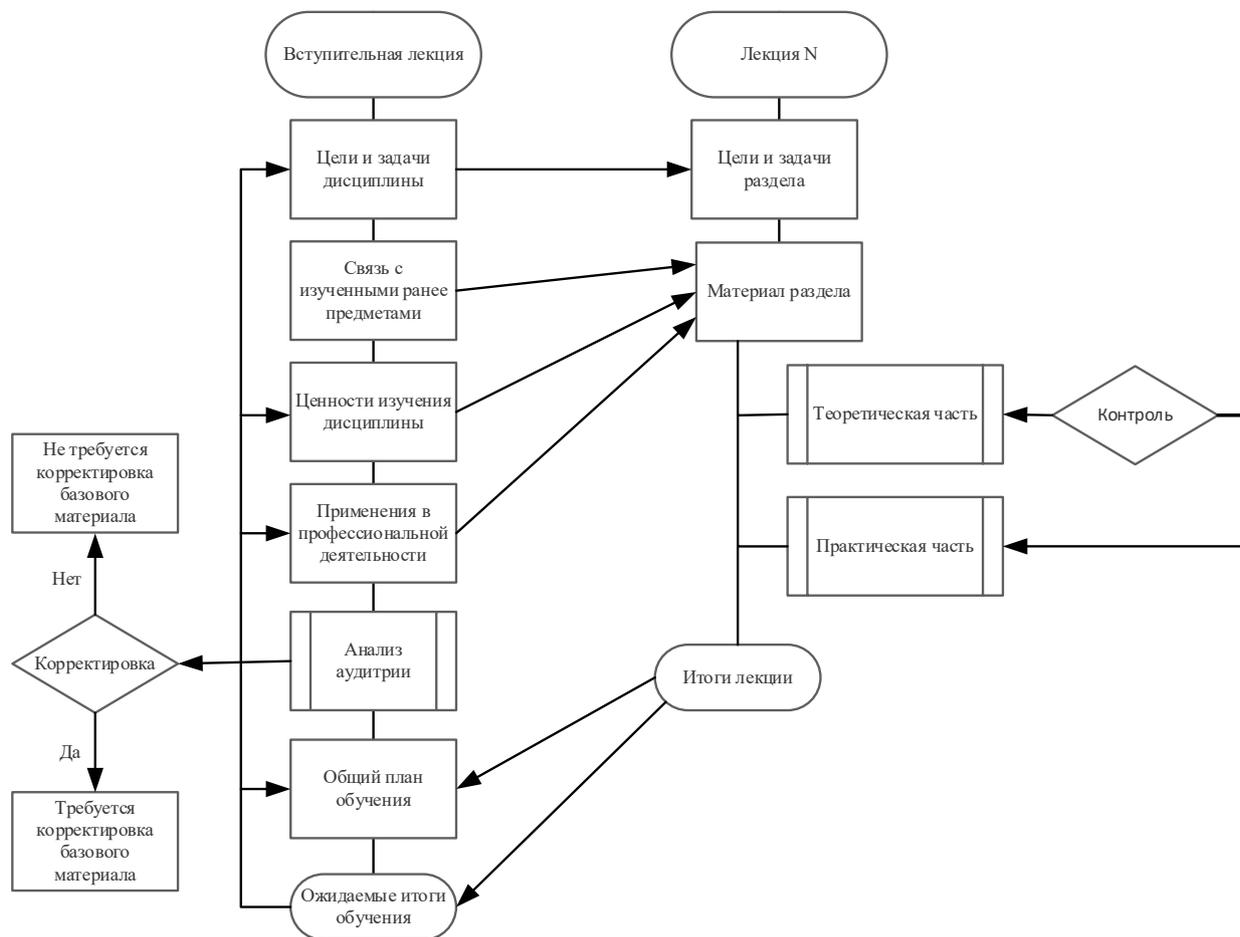


Рис. 1. Алгоритм построения лекционных занятий

Для оценки эффективности разных форм проведения лекционных занятий по дисциплине «Электропитание устройств автоматики, телемеханики и связи» после завершения курса лекций проведено тестирование. Для корректности результатов студенты допускались к тестированию только один раз, время на ответы было ограничено, выборка вопросов составлялась из большого пула, вопросы и ответы выводились в случайном порядке. Такие условия позволяют сделать ответы на вопросы при дистанционном формате максимально индивидуальными.

На рис. 2 показана статистика результатов тестирования по общей тематике, а на рис. 3 – по специальной тематике.

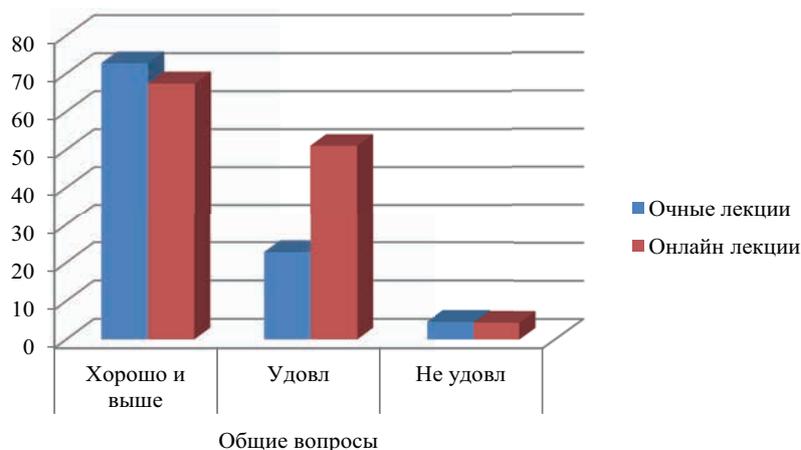


Рис. 2. Статистика результатов тестирования по общей тематике

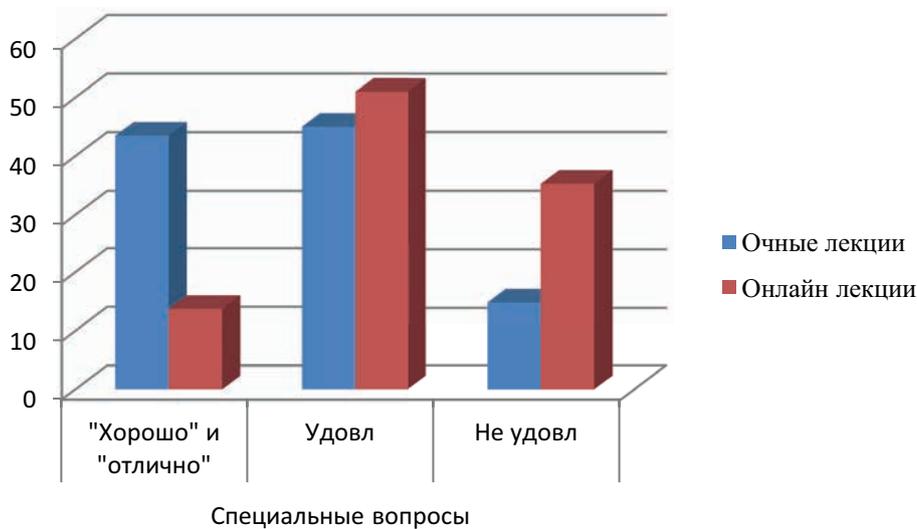


Рис. 3. Статистика результатов тестирования по специальной тематике

Итак, для освоения материала общей направленности можно проводить дистанционное обучение. Количество неудовлетворительных оценок мало и имеет приблизительно одинаковый процент – 4,5 % для очного и дистанционного формата. При проведении специальной части количество неудовлетворительных оценок составило 35 %, что говорит о недостаточном усвоении материала. При очном варианте проведения – 15 %. Повышение процента неудовлетворительных оценок можно обосновать сложностью и объемом материала.

Таким образом, часть лекционного материала, которая не требует наглядной демонстрации, более проста для освоения, например, общие понятия можно проводить в любом из обозначенных форматов. Для специальной части очная форма проведения является более эффективной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Максимова И. Н. Алгоритм построения лекционных занятий для магистров на примере дисциплины «Системная инженерия» // Железнодорожный транспорт и технологии : сб. трудов междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : УрГУПС, 2023. – С. 103–105.
2. Максимова И. Н., Никитина Е. П. Алгоритм проведения лекционных занятий в дистанционном режиме по электротехнике для студентов электрических специальностей. «Тенденции развития науки и образования». – Самара : Научный центр «LJournal», 2022. – С. 85–87.

УДК 621.395.4

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СВЯЗИ С ВРЕМЕННЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА MATLAB SIMULINK

Д. С. Плотников

И. Н. Максимова, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Мультиплексирование – это объединение нескольких потоков данных или сигналов в один, и наоборот, разделение одного сигнала на несколько. Это позволяет увеличить эффективность использования ресурсов (пропускная способность и частота) за счет более эффективного использования каналов связи. Процесс мультиплексирования включает в себя различные технологии (частотное, временное и кодовое мультиплексирование, а также пространственное мультиплексирование для передачи данных по беспроводным сетям). Понимание и правильное использование принципов мультиплексирования играет ключевую роль в оптимизации эффективности телекоммуникационных систем и сетей.

Для специалистов в области телекоммуникаций особенно важно овладеть знаниями о системах мультиплексирования, так как это является ключевым элементом оптимизации процессов передачи данных в современных коммуникационных сетях.

Существует несколько программных продуктов, позволяющих создавать электронные схемы на основании математических моделей, например, NI MultiSim, LabView и MatLAB Simulink. Для описания систем мультиплексирования мы предпочли использовать MatLAB Simulink с его возможностями моделирования различных процессов и электронных систем. В нем присутствуют так называемые блоки, которые могут выполнять разные операции, например, дискретизацию сигнала. В случае MultiSim все блоки дискретизации, квантования и других необходимо делать с помощью резисторов, конденсаторов, диодов. За счет размещения блоков с реализованными функциями обработки сигналов не нужно думать о схемотехнике этих компонентов.

Многоканальная связь является решением проблемы передачи большого количества информации между различными устройствами. Она позволяет передавать несколько сигналов одновременно, используя различные методы модуляции и кодирования. Это увеличивает пропускную способность линии связи и повышает эффективность использования ресурсов. Кроме того, многоканальная связь обеспечивает высокую надежность передачи данных благодаря использованию различных методов защиты от ошибок.

Структурная схема многоканальной связи представлена на рис. 1.

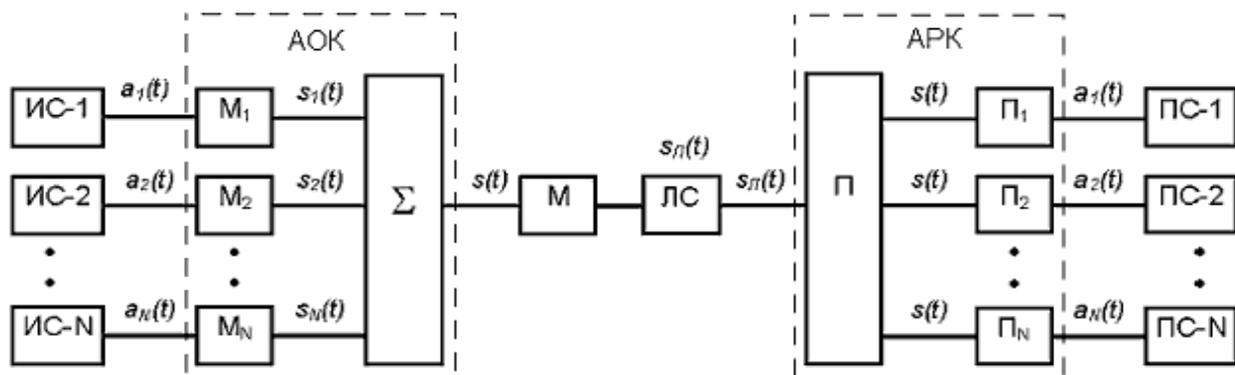


Рис. 1. Структурная схема многоканальной системы связи

Во время обработки сигналов на аппаратуре объединения каналов (АОК) формируются каналные сигналы, объединяющиеся в один групповой сигнал, который формируется по определенному правилу.

После объединения групповой сигнал, как и в классической системе передачи сигналов, подвергается модуляции несущим колебанием и дальнейшей передаче по линиям связи. На приемном конце сигнал демодулируется и разделяется обратно на аппаратуре разделения каналов (АРК) на исходные сигналы.

Два метода объединения каналов: линейное и нелинейное уплотнение. Линейное уплотнение – это простое суммирование сигналов на сумматоре, нелинейное же позволяет использовать различные функции для передачи множества сигналов по одному каналу связи.

Представителем линейного разделения каналов служит принцип временного разделения каналов (ВРК), который позволяет уплотнить сигналы от различных источников в один общий канал передачи данных. Это уменьшает избыточность и повышает эффективность использования ресурсов связи, обеспечивая передачу данных от множества источников через одну линию связи.

Принцип временного разделения каналов (ВРК) состоит в том, что групповой тракт предоставляется поочередно для передачи сигналов каждого канала многоканальной системы.

При передаче используется дискретизация во времени (импульсная модуляция). Сначала передается импульс 1-го канала, затем следующего канала и до последнего канала за номером  $M$ , после чего опять передается импульс 1-го канала и процесс повторяется периодически. На приеме устанавливается аналогичный коммутатор, который поочередно подключает групповой тракт к соответствующим приемникам. Коммутатор, как правило, реализован с помощью электронных ключей, которые подключают необходимый источник сигнала. В определенный короткий промежуток времени к групповой линии связи оказывается подключена только одна пара «приемник/передатчик».

Это означает, что для нормальной работы многоканальной системы с ВРК необходима синхронная и синфазная работа коммутаторов на приемной и передающей сторонах. Для этого один из каналов занимают под передачу специальных импульсов синхронизации.

На рис. 2 показана структурная схема МКС с временным разделением каналов, реализуемая в программном пакете MATLAB Simulink.

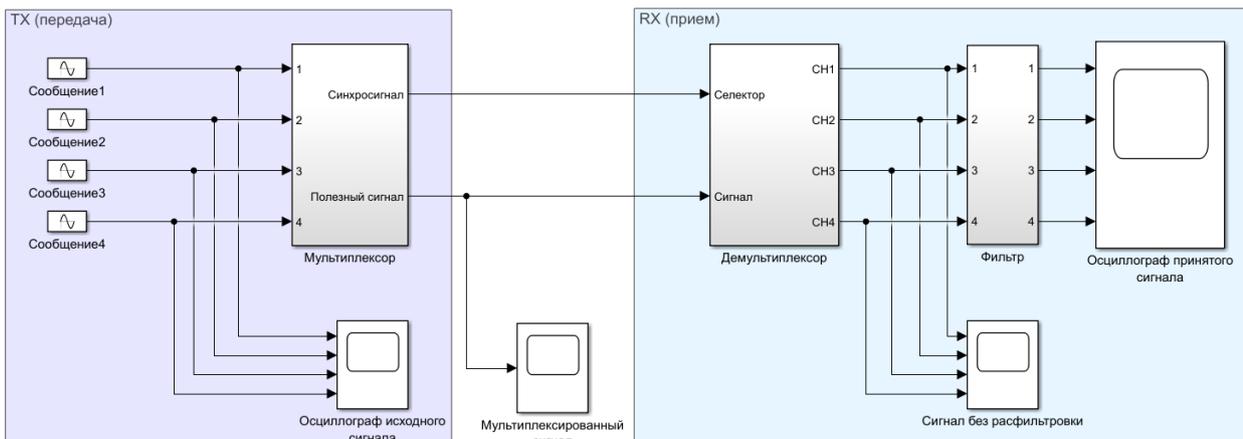


Рис. 2. Схема в MatLAB Simulink

В качестве источников сигнала в схеме установлены четыре генератора с угловыми частотами в 2, 4, 6 и 8 рад/с соответственно. На рис. 3 показаны осциллограммы генерируемых сигналов (сообщения 1–4).

Мультиплексор (рис. 4) подает сигналы в выделенный им промежуток времени. На выходе мы получаем групповой сигнал.

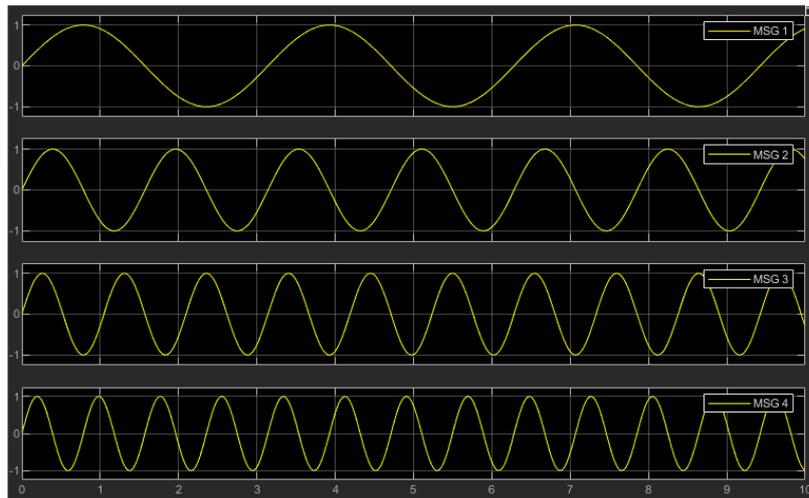


Рис. 3. Осциллограмма исходных сигналов

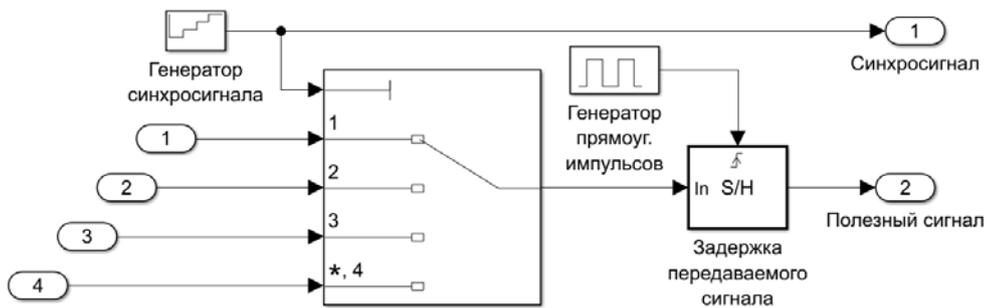


Рис. 4. Схема мультиплексора

### Состав мультиплексора

Генератор синхросигнала генерирует дискретный сигнал с уровнями [1–4] для подачи определенного сигнала в выделенный им тайм-слот (задан как 0,001 с).

Многопортовый коммутатор по сигналу от генератора тактовых импульсов подает тот сигнал, логическим уровнем которого он задается (например, если на генераторе будет создан уровень «3», то тогда на выход мультиплексора будет подан сигнал №3).

Блок задержки сигнала задерживает передачу сигналов, поступивших от коммутатора. С помощью генератора прямоугольных импульсов (CLK) задается время задержки (установлено 0,001 с).

На выход из мультиплексора в линию связи поступает мультиплексированный сигнал (рис. 5).

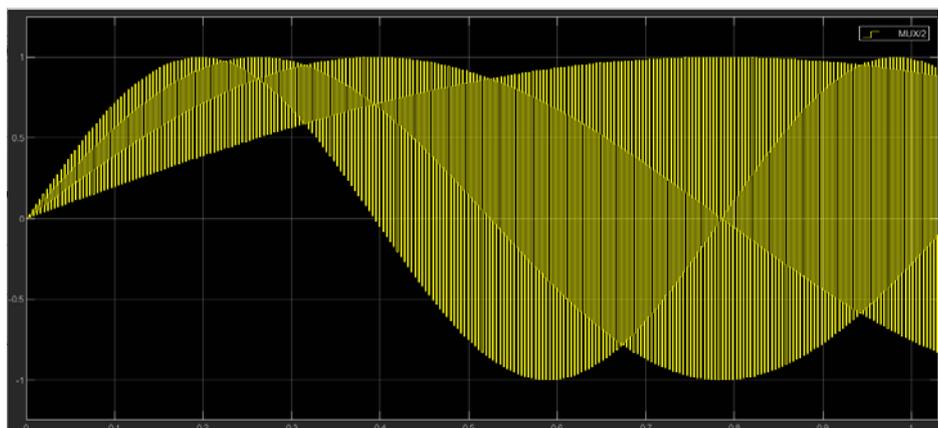


Рис. 5. Мультиплексированный сигнал

Принятый сигнал обрабатывается демультиплексором (рис. 6).

Основная работа демультиплексора заключается в том, что если на вход блока придет сигнал синхронизации со значением «N», то и пришедший сигнал будет выведен на соответствующий выход «N».

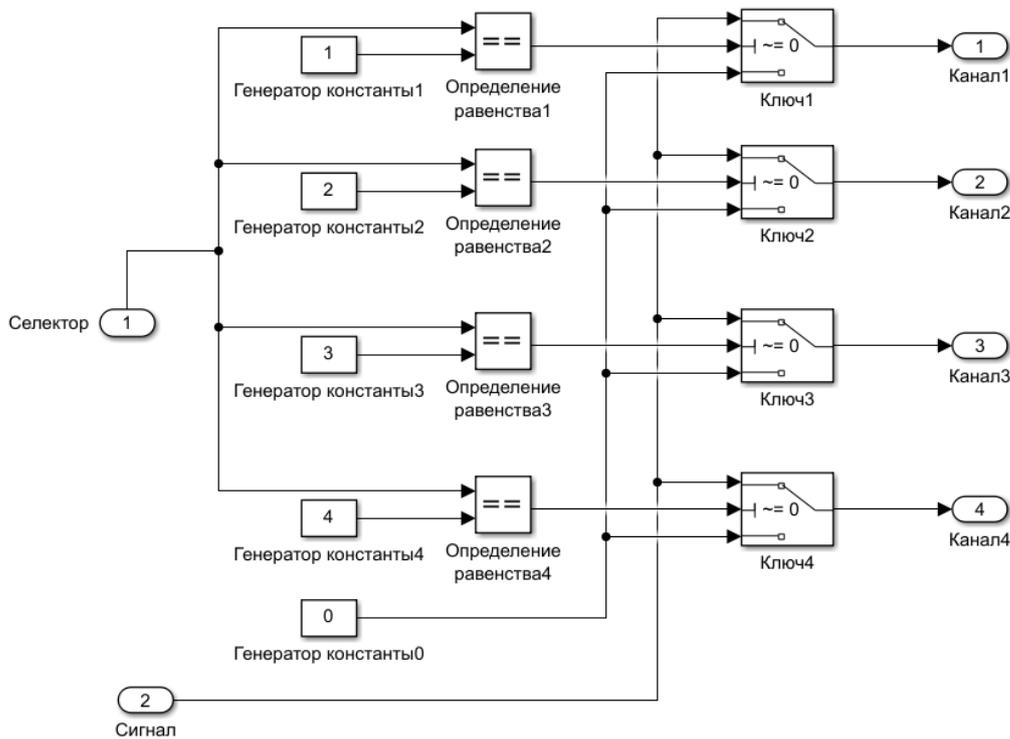


Рис. 6. Схема демультиплексора

Генераторы константы необходимы для дальнейшего сравнения с синхросигналом, сравнения пришедшего синхросигнала и константы (блок сравнивает пришедший синхросигнал с константой и подает «1», если сигналы совпадают и «0» если нет), обработкой этих сигналов занимается следующий блок; блок «ключ» подает определенный сигнал на вывод в зависимости от значения сигнала на его управляющем сигнале. Так, если на входе будет «0», то на вывод пойдет сигнал, подключенный со стороны  $F$ .

Выходной сигнал (после блока фильтра) показан на рис. 7.

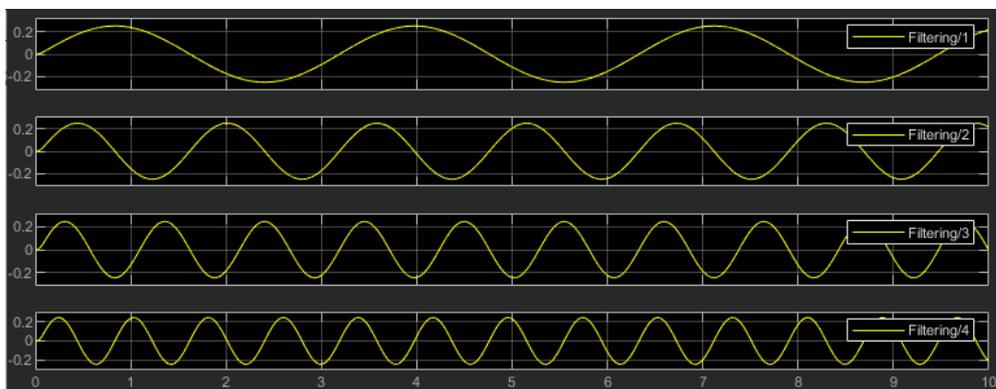


Рис. 7. Сигналы после фильтра

Временное разделение каналов – один из базовых методов мультиплексирования. Разработанная модель позволяет провести подробный анализ преобразования сигналов на всех этапах

передачи, продемонстрировать изменения сигналов во времени, может иметь практическое применение при анализе влияния помех в линии связи на полезный сигнал и проверке различных фильтров. Полученные результаты моделирования показали эффективность и применимость временного разделения каналов для оптимизации передачи данных от множества источников через один канал связи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Луцицкий В. В., Баженов Г. А. Исследование системы передачи информации с временным разделением каналов. – Минск: БГУИР, 2006. – 20 с.
2. Ломовицкий В. В., Михайлов А. И., Шестак К. В., Шекотихин В. М. Основы построения систем и сетей передачи информации / под ред. В. М. Шекотихина. – М. : Горячая линия-Телеком, 2005. – 382 с.
3. Котоусов А. С. Теоретические основы радиосистем. – М. : Радио и связь, 2002. – 224 с.
4. Курбатова Н. В., Пустовалова О. Г. Основы MatLab в примерах и задачах. – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2017. – 69 с.
5. Системы передачи информации. URL: <https://kunegin.com/> (дата обращения: 15.11.2023).

УДК 656.25

## СОВРЕМЕННЫЕ УСТРОЙСТВА, ПОВЫШАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ РОССИИ

М. Н. Катаев, аспирант (научный руководитель – А. Н. Попов, канд. техн. наук)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Для создания возможности нормальной работы переезда и снижения числа несчастных случаев на них прежде всего должны приниматься организационные и технические меры.

Правила пользования железнодорожным переездом отражены в документе «Условия эксплуатации железнодорожных переездов».

Строительство переезда начинается с выбора места. При этом стараются обеспечить максимальную дальность видимости переезда как для водителей транспортных средств (ТС), так и для машинистов поездов [1].

Все переезды должны быть оборудованы специальными табличками и знаками не только со стороны автодороги, но и со стороны железнодорожных путей.

В зависимости от интенсивности движения автомобильного и железнодорожного транспорта переезды делятся на четыре категории. Также переезды делятся на регулируемые и нерегулируемые. На регулируемых переездах безопасность движения осуществляется системами автоматической переездной сигнализации (АПС), а на нерегулируемых – водителями ТС [2].

В настоящее время переезды оборудуются дополнительными устройствами, повышающими безопасность движения. К таким устройствам относят устройства заграждения переезда (УЗП), шлагбаумы, барьеры, системы видеонаблюдения и видеофиксации, устройства, позволяющие контролировать отсутствие неподвижных механических ТС и посторонних объектов в зоне переезда.

В общем случае УЗП, барьеры и шлагбаумы относятся к устройствам, которые блокируют въезд автомобильного транспорта на переезд при следовании поезда по нему.

УЗП представляет собой уложенные в бетонированное основание сварные металлические рамы, замкнутые металлическими крышками, которые могут подниматься от земли на 30° [3].

УЗП обеспечивает автоматическое ограждение переезда с помощью подъема крышек при нахождении поезда на участке приближения к переезду, контроль ТС в зоне крышки при ограждении переезда и выезд его с переезда.

Несмотря на то, что УЗП эффективно защищает зону переезда от несанкционированного въезда автотранспорта в нее при поднятой крышке, у него есть ряд недостатков. Для его правильной работы необходима регулярная чистка от снега, грязи и посторонних предметов, организация водоотвода. У УЗП нет срывного механизма, в результате чего при повреждении крышки УЗП нужно ремонтировать.

Ведутся разработки и испытания современного заградительного устройства КЗУ, которое должно исключить недостатки физически и морально устаревшего УЗП.

Современные жесткие механические ограждения (барьеры) помимо того, что не дают возможность ТС въехать на железнодорожный путь, имеют и обратную сторону: не дают возможность автомобилю, оказавшемуся на рельсовых путях в момент ограждения переезда, покинуть его, что может привести к трагическим последствиям. Поэтому барьеры, в основном, применяются на переездах, расположенных на участках с высокоскоростным движением. При управлении работой барьера должна соблюдаться соответствующая техника безопасности.

Устройства видеонаблюдения и видеофиксации не только фиксируют и записывают регистрационные номерные знаки автомобиля, водитель которого нарушил правила дорожного движения (ПДД), но и транспортную обстановку на переезде.

Также системы видеонаблюдения побуждают водителей соблюдать ПДД, тем самым способствуя повышению безопасности движения на переезде.

Устройства контроля отсутствия неподвижных ТС решают следующие задачи: автоматическое выявление наличия неподвижных ТС и прочих объектов в зоне переезда, препятствующих движению подвижного состава; автоматическое формирование сигнала о возможной аварийной ситуации на переезде в случае обнаружения препятствия для движения поезда в зоне железнодорожных путей и габарита С при отсутствии сигнала извещения о приближении поезда к переезду; автоматическое формирование сигнала об аварийной ситуации на переезде в случае фиксации препятствия для движения поезда в зоне железнодорожных путей и габарита С и наличия сигнала извещения о приближении поезда к переезду; автоматическое включение заградительной сигнализации в сторону железнодорожного транспорта в случае формирования сигнала об аварийной ситуации.

Устройства обеспечивают автоматическую блокировку подъема или перевод в нижнее положение ранее поднятых выездных заградительных элементов УЗП (при их наличии) в случае нахождения ТС в зоне переезда; автоматическое голосовое оповещение участников дорожного движения на переезде о приближении поезда и необходимости освободить переезд при наличии сигнала извещения о приближении поезда и наличии ТС в зоне переезда; автоматическую передачу сигналов о возможной аварийной ситуации и наличии аварии на переезде устройствам поездной радиосвязи в кабину машиниста и дежурному по переезду или другому должностному лицу, под контролем которого функционирует переезд.

Для выявления неподвижного ТС в системах обычно применяют индуктивные петли, которые устанавливаются в полотно дороги [2].

Принцип работы индуктивной петли основан на простых законах физики. Устройство обнаруживает ТС в заданной зоне вследствие изменения индуктивности (появления металла над петлей).

Хотя в целом данные устройства работают удовлетворительно, все же годы эксплуатации выявили ряд недостатков. Это ограниченный срок службы (от 4 до 6 лет) и частые повреждения из-за перепадов температур или перекладки полотна дороги. Их замена сопровождается перекрытием проезжей части, что влечет за собой длительные простои железнодорожного и автомобильного транспорта.

Вышедшую из строя петлю невозможно извлечь из дорожного полотна, поэтому она исключается, что приводит к невозможности анализа ее неисправности.

Все это привело к тому, что применение индуктивных петель в качестве устройств контроля наличия/отсутствия ТС в зоне переезда устарело.

Сейчас ведутся разработки по созданию систем контроля наличия/отсутствия неподвижных ТС в зоне переезда с применением радарных и микроволновых технологий и видеоаналитики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Условия эксплуатации железнодорожных переездов. Минтранс РФ.
2. Гуревич В. Л., Щиголов С. А. Устройства заграждения на переездах без дежурного работника // Автоматика, связь, информатика. – 2015. – № 5. – С. 4–7.
3. Сапожников В. В. Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики : учеб. для вузов ж.-д. транспорта. – М. : Маршрут, 2006. – С. 173–180.

УДК 654.09

## РАЗРАБОТКА КОНТАКТ-ЦЕНТРА ДЛЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЛОЩАДОК НА БАЗЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А. А. Леонтьева, 5-й курс (научный руководитель – Е. С. Богданова, канд. техн. наук)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Контейнерный пункт – это подразделение железнодорожной станции, включающее в себя контейнерные площадки, погрузочно-разгрузочное оборудование, служебные помещения и персонал [1]. По всем видам выполняемых операций составляется ежесуточный отчет о движении контейнеров, в котором отражаются объемы работ по погрузке, выгрузке, сортировке, завозе, вывозе контейнеров, по передаче их на подъездные пути, на другие виды транспорта, на иностранные железные дороги, в ремонт и др.; выделяются типы контейнеров и их принадлежность. Данные отчета учитываются при формировании общего отчета по дороге, отделениям, станциям и затем сетевого отчета, который выдается пользователю в виде справочной информации [2].

Для оптимального функционирования контейнерных площадок необходимо так организовать информационный обмен между всеми участниками процесса, чтобы избежать задержек во времени на получение необходимой информации. Для этого предлагается усовершенствовать работу колл-центров.

Способы обслуживания заявок в контакт-центре рассмотрены в [3]. А в работе [4] отмечено, что обслуживание клиента может включать в себя три этапа: первый – получение информационного вызова или сообщения через входящий звонок, сообщение, с web-сайта, второй – идентификация пользователя и подключение к оператору, третий – получение специализированной справочной информации от консультанта, оказание услуг абоненту.

Известные контакт-центры работают на входящую и исходящую связь, возможные способы получения и обслуживания заявок (рис. 1).

Внедрение предлагаемой технологии ускоренных перевозок позволит любому грузоотправителю через Интернет подключиться к информационному серверу и получить сведения о расписании движения ускоренных грузовых поездов, о наличии в них свободных грузовых мест по интересующему его маршруту и виду упаковки [5]. Клиент может выбрать дополнительные услуги, которые он желает получить при перевозке своего груза, оплатить заказ. Клиентов может обслужить и консультант по телефону.

Однако такой подход не удобен, так как грузоотправитель

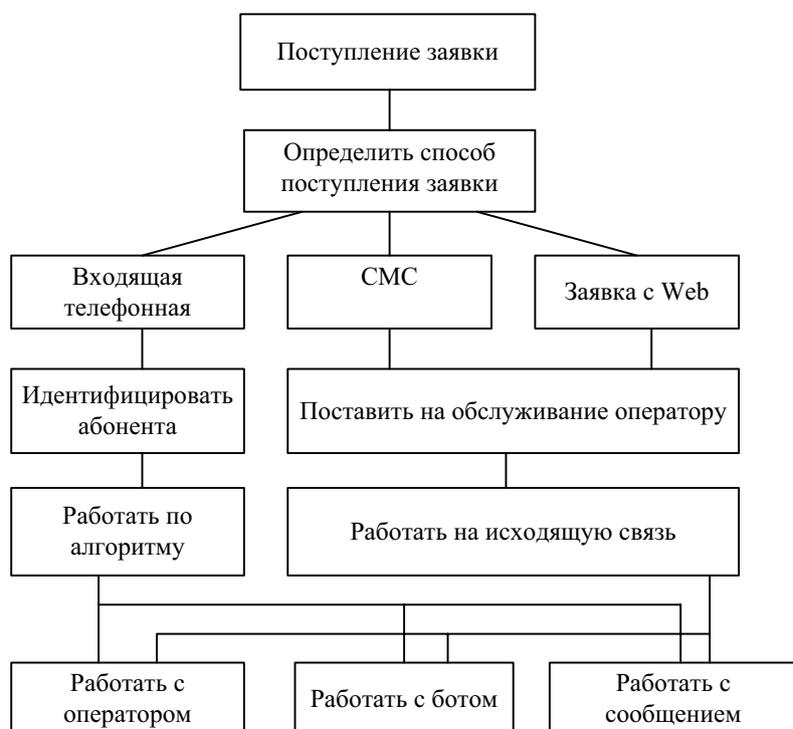


Рис. 1. Алгоритм обслуживания заявок

имеет несколько идентификаторов номеров; мы должны его идентифицировать в зависимости от способа получения информации. Современный подход в контакт-центрах позволит сформировать пользователю один аккаунт на основе множества идентификационных номеров. На рис. 2 приведена схема организации контакт-центра с омниканальной платформой с помощью программного коммутатора Softswitch.

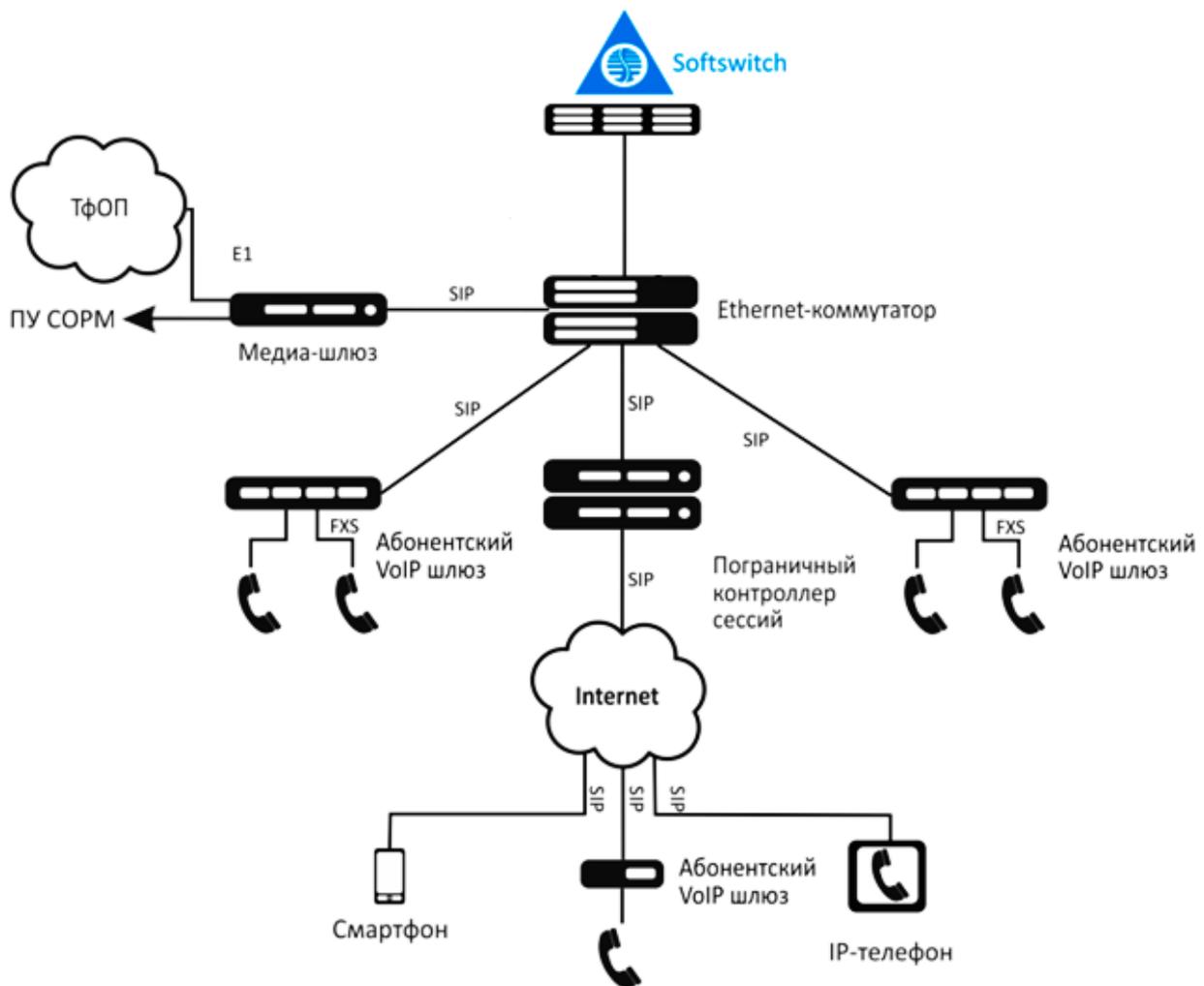


Рис. 2. Схема организации контакт-центра на базе Softswitch

Реализация контакт-центров на основе программных коммутаторов позволит сформировать принципиально новый подход к организации перевозок. Одним из новшеств которой будет цифровой оператор контакт-центра. Диалоговый бот с искусственным интеллектом хорошо понимает человеческую речь, способен корректно извлечь намерения, выстроить логику убедительного диалога и самостоятельно обработать запрос клиента. Он легко сможет распознавать нешаблонные вопросы и команды как от человека, так и от машины. Из основных преимуществ: ответ на вызов с первых гудков, круглосуточное обслуживание нескольких клиентов одновременно, способность переключать на оператора и обратно, оперативно соединить с требуемым сотрудником.

В едином интерфейсе оператора будут обрабатываться все входящие обращения по любым каналам коммуникации: e-mail, запрос на сайте, мобильное приложение, мессенджеры, социальные сети. Все обращения сохраняются в истории взаимодействий, формируется единая отчетность и контролируется выполнение, оценивается обслуживание. На рис. 3 показана обработка заявок при внедрении омниканального обслуживания [6].

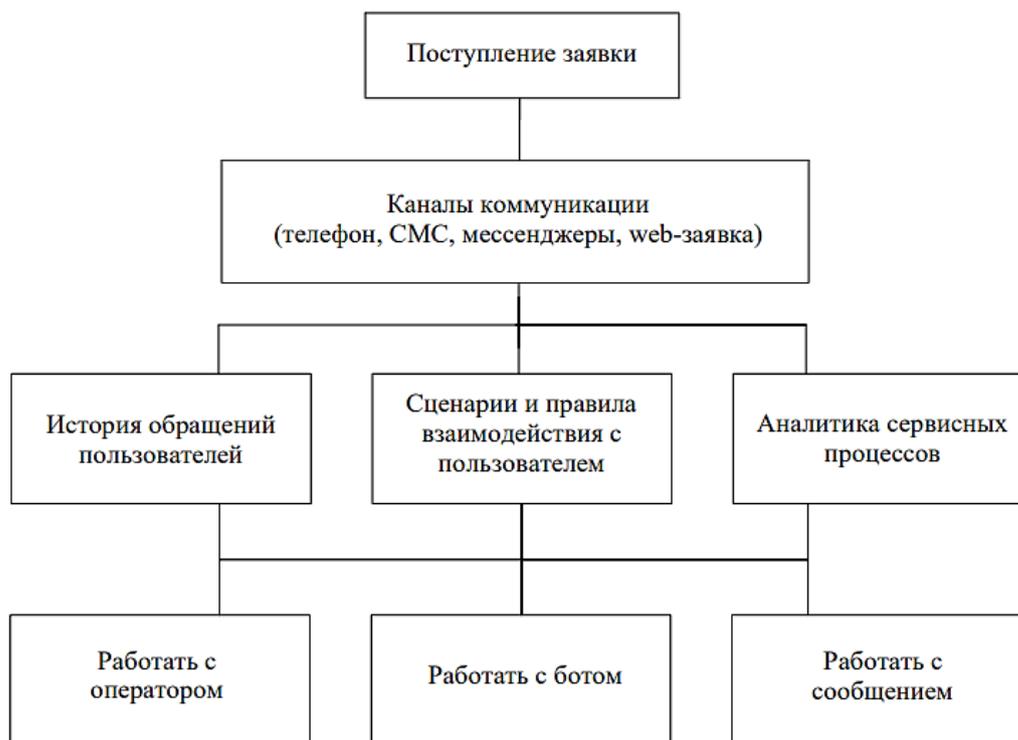


Рис. 3. Алгоритм омниканального обслуживания заявок

Очевидно, что при использовании омниканальной платформы вероятность случаев «занятость» и «неответ» исчезающе мала. Это позволит существенно повысить производительность работников и контрагентов, эффективно управлять функционированием системы, контролировать работу операторов, динамически реагировать на происходящие изменения и заявки.

Организация сервиса подобного уровня значительно сократит полный срок доставки груза и упростит для клиентов получение услуг по железнодорожным перевозкам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев, Г. С. Время ожидания услуги, как фактор влияния на производительность труда дежурного грузовой станции // Академическая наука – проблемы и достижения VIII : Материалы VIII международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 132–134.
2. Контейнерные площадки и терминалы. URL: <https://www.1520mm.ru/container/terminal.phtml> (дата обращения: 17.12.2023).
3. Богданова, Е. С. Моделирование работы двухуровневой модели центра обслуживания вызовов // Транспорт Урала. – 2007. – № 2(13). – С. 75–77.
4. Степанов, С. Н. Построение и анализ обобщенной модели контакт-центра / С. Н. Степанов, М. С. Степанов // Автоматика и телемеханика. – 2014. – № 11. – С. 55–69.
5. Вакуленко, С. П. Новая технология ускоренных грузовых перевозок железнодорожным транспортом / С. П. Вакуленко, А. В. Колин, М. Н. Прокофьев // Транспорт Российской Федерации. – 2014. – № 2 (51). – С. 47–49.
6. Прокофьев, М. Н. Совершенствование технологии ускоренных грузовых перевозок железнодорожным транспортом : дисс.... уч. ст. канд. техн. наук. – Москва, 2018. – 213 с.

УДК 621.311

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ ПРИ ИНТЕРВАЛЬНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ Поездов

В. Л. Незевак, А. П. Шатохин

Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск

Для повышения эффективности рекуперации на железных дорогах разрабатываются мероприятия организационного и технического характера, в число которых входит внедрение приемников энергии рекуперации и регулирование графика движения поездов на участках с применением рекуперативного торможения. Разработка и внедрение технологии подвижных блок-участков и виртуальных сцепок создает предпосылки для гибкого регулирования межпоездного интервала, влияющего на тяговое электропотребление, в том числе потери электроэнергии [1–4].

Технология интервального регулирования позволяет повысить пропускную способность железных дорог за счет сокращения межпоездных интервалов. В то же время растет загрузка систем тягового электроснабжения, которая ограничивает возможность сокращения межпоездного интервала. Чтобы убрать ограничивающие участки по показателям нагрузочной способности, разрабатываются мероприятия по усилению контактной подвески, цепей отсоса, увеличению мощности силового оборудования тяговых подстанций, внедрения вольтодобавочных устройств, линейных устройств контактной сети, средств компенсации реактивной мощности и других устройств, например, систем накопления электроэнергии [5]. Так как разработка мероприятий по обеспечению пропускной и провозной способности выполняется без учета рекуперации, то необходима отдельная проработка для условий изменения параметров систем тягового электроснабжения и интервального регулирования.

На сети дорог широко внедряются системы управления перевозочным процессом, позволяющие получить эффект от оптимизации графика движения, например, аппаратно-программный комплекс «Эльбрус», осуществляющий построение прогнозных суточных энергосберегающих графиков движения поездов. Формирование нормативного графика движения поездов (НГДП) с учетом энергосберегающих ниток ориентировано на снижении электропотребления по тяговым подстанциям. Формирование НГДП, реализующего принцип одновременного нахождения на межподстанционной зоне источника и приемника рекуперации, не в полной мере используется при формировании НГДП.

При построении НГДП с учетом одновременного нахождения поездов различных направлений в границах одной межподстанционной зоны могут улучшиться условия применения рекуперативного торможения за счет использования энергии рекуперации поездами встречного направления.

В границах полигонов железных дорог имеется ряд межподстанционных зон, на которых электроподвижной состав может применять рекуперативное торможение. Например, на участке Инская – Мариинск Западно-Сибирской железной дороги находится несколько межподстанционных зон, где применяют рекуперативное торможение. Как правило, границы межподстанционных зон не совпадают с границами зон применения рекуперативного торможения. При отсутствии приемников рекуперации эффективен вариант, при котором энергия рекуперации потребляется в границах той же межподстанционной зоны, где она генерируется. Особенно ярко данная картина проявляется на участках, где высока частота смены уклонов профиля пути.

В качестве примера можно привести один из участков Западно-Сибирской железной дороги, где фиксируются значительные объемы рекуперации. Профиль пути на данном участке содержит

уклоны до 14 ‰ и относится к профилям III типа. Размеры движения на участке позволяют рассмотреть вопрос регулирования межпоездных интервалов в графике движения поездов таким образом, чтобы на межподстанционной зоне одновременно находился электроподвижной состав в режиме тяги и рекуперативного торможения.

При рассмотрении фрагмента НГДП на рассматриваемом участке (рис. 1) можно выделить три характерных случая: область 1 – нечетные грузовые поезда находятся на зоне без встречных грузовых поездов, область 2 – на зоне находятся как нечетные, так и четные грузовые поезда; область 3 – четные грузовые поезда находятся на зоне без встречных грузовых поездов.

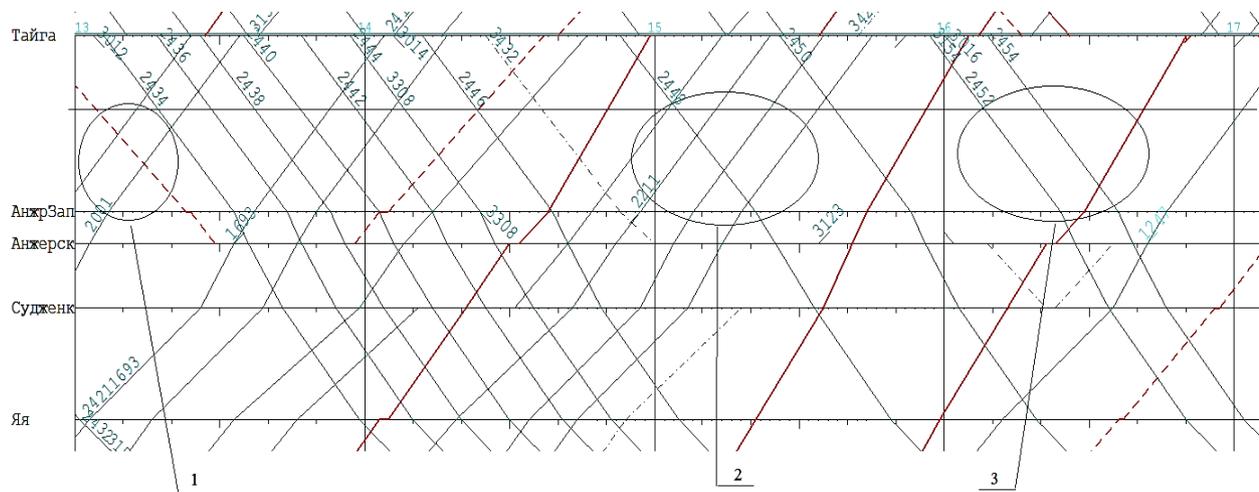


Рис. 1. Фрагмент нормативного графика движения поездов

Область 1 характеризуется благоприятными условиями приема энергии рекуперации, но потенциал не используется, зона 2 – один из примеров эффективной организации движения для обеспечения приема энергии рекуперации, зона 3 – нерациональная организация движения, при которой не обеспечивается прием энергии рекуперации. При построении НГДП или при реализации интервального регулирования в учет не принимается расположение зон применения рекуперативного торможения, границы межподстанционных зон, взаимное расположение поездов или пакетов поездов различных направлений на рассматриваемых зонах. При этом снижаются потери электроэнергии при рекуперации (за счет сокращения дистанции между поездами встречных направлений); стабилизируется напряжение в контактной сети на тех участках, где в системе тягового электроснабжения отсутствуют приемники избыточной энергии рекуперации; снижается электропотребление от тяговых подстанций за счет использования энергии рекуперативного торможения в границах межподстанционных зон.

Эффективность регулирования межпоездных интервалов на рассматриваемом участке связана с потенциалом энергии рекуперации, которым обладают межподстанционные зоны. Профиль пути обуславливает соответствующие объемы энергии рекуперации по направлениям, которые могут быть определены для заданных скоростей, масс и серий электроподвижного состава на основании тяговых расчетов. По итогам тяговых расчетов формируются информативные гистограммы с привязкой к ординатам участков, по которым потенциал энергии рекуперации накладывается на границы межподстанционных зон (рис. 2). Это позволяет сформировать НГДП для заданных размеров движения и других параметров графика с учетом энергоэффективности перевозок.

В случае интервального регулирования в условиях графика исполненного движения межпоездные интервалы при соблюдении необходимых ограничений могут быть скорректированы так, чтобы учитывать условия расположения электроподвижного состава встречных направлений на межподстанционных зонах.

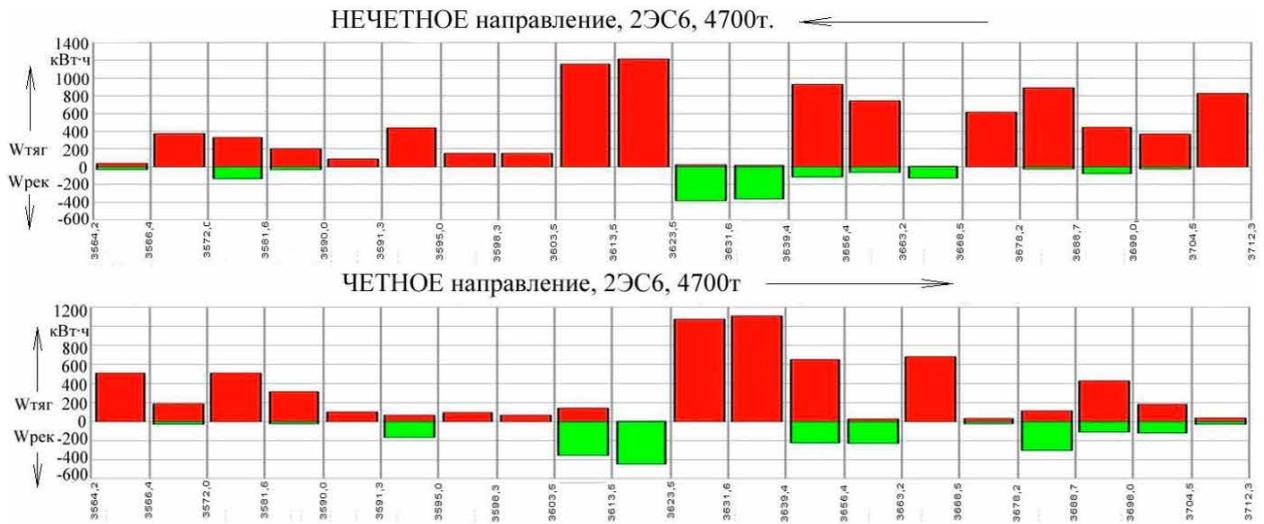


Рис. 2. Диаграммы объемов потребления и рекуперации энергии электровозом серии 2ЭС6 массой поезда 4700 т

Таким образом, формирование НГДП с учетом одновременного нахождения поездов различных направлений в границах межподстанционных зон, где интенсивно применяется рекуперативное торможение, направлено на повышение энергетической эффективности процесса перевозок. Изменения НГДП в АПК «Эльбрус» позволяют подойти к решению указанной задачи на практике. В зависимости от поездной обстановки в условиях интервального регулирования движения поездов изменение межпоездного интервала также позволяет реализовать потенциал повышения эффективности рекуперативного торможения и в целом энергетической эффективности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Филипченко, С. А. Экономические аспекты применения подвижных блок-участков и виртуальных сцепок / С. А. Филипченко, В. Л. Белозеров, П. В. Куренков // Труды II Международн. научн.-практ. конф. – Москва : ИП Сафронов Р. А. – 2021. – С. 121–127.
2. Снижение дефицита пропускных способностей железнодорожных направлений за счёт внедрения интервального регулирования движения поездов / П. В. Куренков, И. А. Солоп, Е. А. Чеботарева [и др.] // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20, № 5 (102). – С. 46–53.
3. Оленцевич, В. А. Эффективность внедрения интервального регулирования движения поездов по системе «виртуальная сцепка» на участке / В. А. Оленцевич, Р. Ю. Упырь, А. А. Антипина // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 2 (66). – С. 182–189.
4. Черемисин, В. Т. Оценка влияния пакетной организации движения на объем электроэнергии на тягу на участках постоянного тока с I типом профиля / В. Т. Черемисин, В. Л. Незевак, С. С. Саркенов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2017. – № 3 (55). – С. 135–144.
5. Незевак, В. Л. О сравнении энергетических параметров систем накопления электроэнергии для систем тягового электроснабжения постоянного и переменного тока // Вестник НИИЖТ. – 2022. – Т. 81, № 1. – С. 38–52.

УДК 654.165

## ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЕДИНОГО ЦИФРОВОГО РАДИОКАНАЛА НА СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

А. Н. Попов, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

Д. С. Романенко, аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Поездная радиосвязь (ПРС) предназначена для ведения переговоров ДСП и ДНЦ с машинистами локомотивов, машинистов между собой и с другими работниками железных дорог [1].

Аналоговая ПРС чаще всего организовывается в гектометровом диапазоне (КВ): частоты 2,13 МГц (I канал) и 2,15 МГц (II канал). Нужен высокий уровень радиосигналов на входе радиоприемников.

В диапазоне КВ используются подвешиваемые на опорах контактной сети направляющие линии – волноводы либо провода линий энергоснабжения, идущие вдоль линии железной дороги.

Аналоговая ПРС в диапазоне метровых волн (УКВ) работает на частотах 151,725–156,000 МГц и предоставляет возможность машинисту вести переговоры с начальником поезда, маневровым диспетчером, ДСП и пр.

Радиосвязь в УКВ диапазоне обладает лучшей помехозащищенностью в сравнении с КВ диапазоном, однако радиус ее действия сильно ограничен, не перекрывая длинные перегоны между станциями. В настоящее время на большинстве железных дорог установлены системы ПРС в КВ диапазоне с направляющим проводом.

Недостатки аналоговой системы ПРС: отсутствие групповых и индивидуальных вызовов, неудовлетворительное качество радиосвязи из-за высокого уровня помех в КВ диапазоне и ограниченные возможности по внедрению систем передачи данных, телесигнализации и телеуправления [2].

ОАО «РЖД» переводит аналоговую ПРС в цифровые стандарты радиосвязи, сохраняя возможности использовать существующие каналы аналоговой ПРС. Внедряются цифровые стандарты радиосвязи TETRA, CDMA, DMR и GSM-R.

Для интеграции технологических систем РЖД хорошо подходит система TETRA, однако она имеет низкие скорости передачи данных, дорога и сложна в развертывании и не обеспечивает требуемую надежность радиосвязи на высоких скоростях движения поездов.

Система GSM-R устанавливается на участках железных дорог в целях обеспечения радиосвязи на скоростях до 500 км/ч, в т.ч. на участке железной дороги Туапсе – Сочи – Альпика – Веселое (155 км).

Российские ученые предлагают использовать системы GSM-R и TETRA там, где их преимущества раскрываются наиболее широко, а недостатки не критические, поскольку ни одна из систем не может решить всех поставленных перед нею задач [4].

Система CDMA не имеет дальнейших перспектив развития, поскольку не поддерживает работу многих технологических приложений.

Преимущества системы радиосвязи DMR перед системами TETRA, CDMA и GSM-R: меньшая стоимость инфраструктуры сети связи, лучшее соотношение цена/качество, однако стандарт DMR массово не распространен в РЖД [5].

Внедрение цифровых стандартов радиосвязи требует капитальных вложений в строительство инфраструктуры, их надежность и безопасность достаточно не изучены [6].

В России «СИРДП метро» производится ОАО «НИИ приборостроения им. В. В. Тихомирова». Основная задача системы состоит в передаче от ведущего поезда информации о скорости движения и координатах головы и хвоста ведущему поезду для автоматического управления скоростью, необходимой для безопасного движения поездов. Система построена с использованием радиомодемов Dataradio ParagonG3/ GeminiG3 (производство США, УКВ диапазон).

Из-за малой распространенности на РЖД радиосвязи стандартов GSM-R и TETRA и дороговизны их внедрения, нацеленности России на импортозамещение оборудования, используемого в критически важных отраслях, ни один из вариантов СИРДП с передачей ответственной информации по радиоканалу не приемлем для внедрения на РЖД.

Целесообразным будет развитие СИРДП ВСЦ на существующей инфраструктуре и использованием российских радиомодемов.

В России проходят испытания СИРДП ВСЦ. Технология ВСЦ предполагает движение поездов, разделённых достаточным путевым интервалом для следования со скоростью, обеспечивающей безопасность движения. В результате применения ВСЦ повышается пропускная способность и сокращаются межпоездные интервалы [4].

В 2020 г. технология ВСЦ была испытана с использованием системы ИСАВП-РТ-М и радиоканала стандарта DMR-RUS. Устанавливался объем успешно доставленной информации при различных расстояниях между локомотивами. Поездки трех локомотивов доказали возможность работы системы передачи данных в ВСЦ для двух-четырёх локомотивов. Однако на границах зон действия базовых станций потерялись пакеты данных даже при достаточном уровне принимаемого сигнала от базовой станции.

Внедрению рассматриваемой технологии препятствуют недостаточное количество перегонов, оборудованных радиосвязью стандарта DMR, и малая дальность радиосвязи указанного стандарта. С учетом малой оснащённости сети железных дорог радиосвязью стандарта DMR и необходимости повсеместного внедрения ВСЦ, дальнейшее развитие этой технологии целесообразно проводить с использованием существующих сетей передачи данных.

Рациональный вариант – применение сетей связи, построенных с использованием существующей инфраструктуры.

В 2023 г. прошли испытания технологии ВСЦ, в ходе которых проверялось качество связи машинистов ведомого и ведущего поездов, измерялся интервал попутного следования по данным, получаемым по цифровому радиоканалу на частоте гектометрового диапазона 2,15 МГц, организованного с помощью цифровых радиомодемов РМЦ/2.150. Такое решение позволяет эксплуатировать существующие антенно-фидерные устройства радиостанций железнодорожной радиосвязи [7].

По результатам испытаний получена информация о наличии устойчивого обмена сообщениями при среднем значении интервала между локомотивами 3500–4500 м на тех участках пути, на которых нет связи между локомотивами.

Для определения возможности обеспечения устойчивого функционирования канала радиосвязи, построенного на радиомодемах РМЦ/2.150, необходима ревизия состояния системы волноводов на участках, где выявлено продолжительное отсутствие связи между локомотивами, следующими в интервалах радиодоступа [5].

В России развитие систем ПРС и ВСЦ происходит независимо друг от друга с капитальными затратами в построение каждой системы. Однако качество и надежность связи требуют улучшения как при передаче голоса в ПРС, так и при передаче данных в технологии ВСЦ. Необходимо объединить развитие системы радиосвязи на существующей инфраструктуре, в которой голос в ПРС и данные в технологии ВСЦ передавались бы в одном цифровом радиоканале.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Правила технической эксплуатации поездной радиосвязи ОАО «РЖД». – Москва : Центрмат, 2013. – 48 с.
2. Воронов, И. Цифровая связь для нужд РЖД / И. Воронов, Ю. Мякочин, В. Песоченко // Компоненты и технологии. – 2016. – № 11 (184). – С. 72–74.

3. Петриченко, М. Н. Анализ преимуществ сетей оперативной подвижной радиосвязи, построенных на оборудовании стандарта DMR перед сетями, построенными на аналоговом оборудовании УКВ / М. Н. Петриченко, К. П. Пономарев // Инновационная наука. – 2023. – № 3-2. – С. 41–46.
4. Маргарян, С. Радиосеть управления и сбора данных для железнодорожных приложений // Беспроводные технологии. – 2020. – № 1 (58). – С. 48–56.
5. Развитие бортовых комплексов управления и обеспечения безопасности движения поездов / Е. Н. Розенберг, Е. Е. Шухина, В. И. Астрахан [и др.] // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019) : Труды Восьмой научно-технической конференции, Москва, 21 ноября 2019 года. – Москва : АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», 2019. – С. 100–104.
6. Свичинский, Е. GSM-R – единый стандарт железнодорожной связи / Е. Свичинский // Беспроводные технологии. – 2013. – № 3 (32). – С. 32–38.
7. Гришаев, С. Ю. Инновационные технологии для создания автоматической системы управления движением / С. Ю. Гришаев, А. Н. Попов // Автоматика, связь, информатика. – 2019. – № 8. – С. 9–11.
8. Маргарян, С. Радиосеть управления и сбора данных для железнодорожных приложений // Беспроводные технологии. – 2020. – № 2 (59). – С. 48–56.

УДК 656.259 + 004.94

## ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК СТРЕЛОЧНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

А. А. Косенок, 5-й курс

В. А. Канарский, аспирант кафедры «Вычислительная техника и компьютерная графика»  
Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск

Цифровые двойники (ЦД, от англ. Digital Twins) – это виртуальные модели реальных объектов, процессов или систем. Суть ЦД заключается в том, что каждый реальный объект или процесс может иметь свою виртуальную копию. Такая модель создается на основе данных, собранных в реальном времени от датчиков, интернета вещей (от англ. Industrial Internet of things, IIoT), устройств и других источников данных. Цифровой двойник предоставляет точное отражение реального объекта или процесса, что позволяет анализировать его состояние, прогнозировать поведение и оптимизировать работу без необходимости вмешательства в реальную систему. Применяют в управлении городской инфраструктурой (ЦД моделирует трафик и инфраструктурные изменения), медицине (создание точных виртуальных моделей органов и тканей пациентов помогает в диагностике и планировании сложных операций), в промышленности они используются для мониторинга и оптимизации работы оборудования.

С развитием технологий виртуальной и дополненной реальности цифровые двойники становятся более интерактивными и адаптивными; с использованием интеллектуальных технологий они способны предсказывать поведение системы в различных условиях и адаптироваться к изменениям в окружающей среде, помогая улучшить эффективность работы, снизить затраты и повысить безопасность систем и процессов.

Концепция цифровых двойников может иметь особый интерес для объектов железнодорожной инфраструктуры, которая становится всё более сложной и технически продвинутой. Хозяйства и подразделения ОАО «РЖД» отвечают за различные сложные комплексы, строения и системы. Так, например, за обеспечение безопасности движения поездов ответственны системы железнодорожной автоматики (ЖАТ). Ими реализованы сигнализация при движении по перегону или станции посредством светофоров; возможность переезда с одного пути на другой с помощью стрелочных переводов (СП); задание, установка и отмена маршрутов пультом-манипулятором интервальное регулирование движением поездов на перегоне и т.п. [1].

Многообразие различных взаимозависимостей внутри систем ЖАТ и между собой приводят к сложностям в их техническом обслуживании (ТО), производственные процессы сопровождаются периодическими неисправностями, особенно в релейных системах. Факторов, обуславливающих ту или иную поломку или предостказ, много. Для предотвращения отказов организуются мероприятия по диагностике устройств, например, техническое обслуживание по фактическому состоянию, реализуемое системами мониторинга (СМ). По предоставляемой ими информации обслуживающий персонал может оперативно принять решение о проведении ремонта, тем самым исключая аварийные отказы. Однако ограниченное количество контролируемых параметров, слабая способность к прогнозированию и выдачи рекомендаций не способствует повышению эффективности диагностирования. Поэтому концепция цифровых двойников может оказать существенную поддержку.

Конвертация существующего непрерывного мониторинга ЖАТ в цифровые копии оборудования с последующей «живой» визуализацией процессов позволит более эффективно смоделировать различные сценарии технического обслуживания, сделает возможным детальные анализы состояния устройств без прекращения их работы, что также позволит выявить потенциальные проблемы и предотвратить аварийные ситуации. Алгоритмы машинного обучения, используемые в ЦД, способны предсказывать возможные сбои и выход из строя деталей, позволяя спланировать

ТО в удобное для работы оборудования время, тем самым предотвращая неплановые остановки и минимизируя потери в производительности.

В процессе движения подвижного состава огромную динамическую нагрузку испытывают элементы верхнего строения пути. Наиболее уязвимы стрелочные переводы. Они состоят из двух внешних рамных стационарных и двух внутренних рельсов с острьяками, стрелочного электропривода (СЭП) и тяг, которые соединяют остряки между собой. Стрелочный электропривод перемещает остряки из одного крайнего положения в другое посредством механической передачи и двигателя. Для СЭП нет возможности проведения всестороннего анализа его состояния в реальном времени, что приводит к односторонним и слабым результатам прогнозирования у существующих систем мониторинга. Однако можно в реальном времени воспроизвести взаимодействие между физическим объектом и его виртуальной копией с помощью данных мониторинга. Это будет способствовать комплексному прогнозированию состояния СЭП.

Для стрелочного привода предлагается модель цифрового двойника с использованием пяти компонентов (физический объект, виртуальная модель, сервисная интеллектуальная система, база данных и информационная шина, объединяющая предыдущие компоненты) [2] (рис. 1).

На рис. 1 в качестве физического объекта выступает стрелочный электропривод, предоставляющий параметры и данные реальной эксплуатации цифровому двойнику. База данных (БД) с помощью датчиков IoT получает статистические показатели (частота осмотров, максимальное/минимальное время перевода за период и т.п.), текущие сведения о характере тока в обмотках двигателя во время перевода и окружающей среде (температура, вибрация, напряженность и т.п.).

БД также должна обрабатывать и очищать эти данные. Шина передачи данных обеспечивает информационный обмен между всеми компонентами ЦД. Сервисная интеллектуальная система может визуально представить результаты прогнозирования обслуживающему персоналу и предложить решения проблемы. Виртуальная модель (ВМ) – ядро ЦД и ключевой элемент для визуализации и прогнозирования состояния СЭП.

ВМ формируется из двух взаимосвязанных частей.

Вначале проектируется модель поведения (от англ. behavior model) в 3D-формате на основе физических габаритов и формы элементов стрелочного привода с использованием твердотельного моделирования. После преобразования эти элементы импортируются в специальный движок (типа Unity3D), где происходит сборка деталей с учетом их взаимодействия в пространстве. Данные IoT и динамические параметры о текущем состоянии реального привода обновляют ВМ и управляют моделированием ее поведения.

Функции по прогнозированию и оценки будущего состояния СЭП выполняет модель правил (от англ. rule model), основанная на анализе данных (от англ. data mining). Методы data mining позволяют извлекать знания из обширных данных о предыдущей эксплуатации стрелочного электропривода, полученных от систем мониторинга. Это делается для выявления законов деградации СЭП и предоставления последующих прогнозов. Результаты расчетов отображаются в ВМ, тем самым предоставляя рекомендации операторам.



Рис. 1. Структурная схема ЦД СЭП

Создание цифровой копии сложной экосистемы железнодорожного транспорта становится перспективным направлением и может принести значительные преимущества: прогнозирование загрузки железнодорожных путей; определение оптимальных маршрутов; расчёт стоимости эксплуатации подвижного состава и путевого оборудования; определение оптимальных режимов эксплуатации всей транспортной сети и многое другое [3].

Основная проблема интеграции цифровых двойников заключается в недостатке данных на отечественном полигоне железных дорог. Они требуют оперативного доступа к информации из различных источников, однако не все из них обеспечивают удобную обработку данных. Условно эти источники можно систематизировать в две обширные категории: база данных проектной документации электронных моделей всех элементов инфраструктуры и информация о текущем состоянии инфраструктуры из различных систем мониторинга [4].

Создание именно «живого» объекта возможно только при наличии актуальных данных, поступающих онлайн от множества датчиков. Подобные информационные пространства создаются с использованием промышленного интернета вещей ПоТ. В ином случае цифровой двойник остаётся лишь макетом с документацией.

Дочерняя компания ООО «РЖД-Технологии» продемонстрировала успешную реализацию цифрового двойника стрелочного электропривода (рис. 2) [5]. Виртуальная 3D-модель представляет собой детальное воплощение стрелочного электропривода, включая все его компоненты и элементы. Такой подход к моделированию позволяет не только визуализировать СЭП, но и проводить его виртуальное тестирование, анализировать работу в различных условиях и предсказывать возможные изменения в процессе эксплуатации. Однако есть и проблема нехватки данных для формирования полноценной цифровой копии.

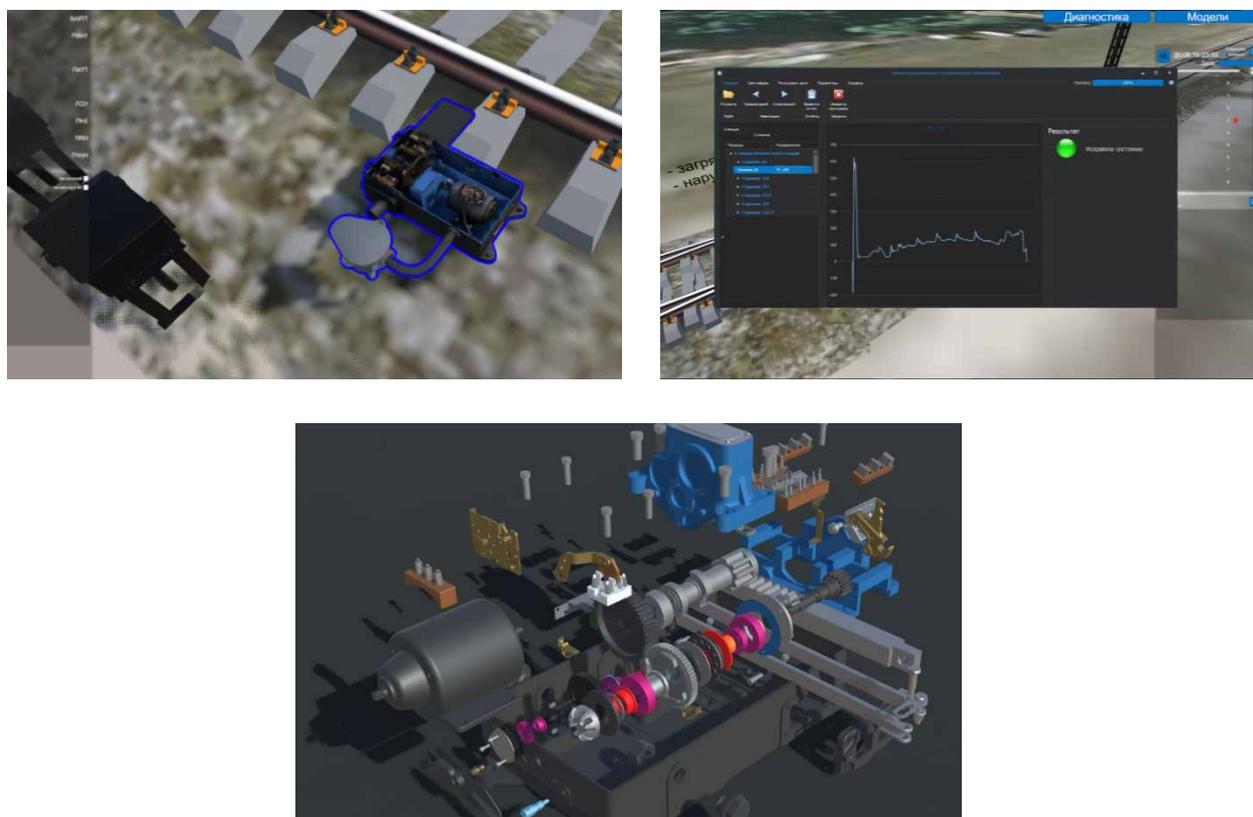


Рис. 2. Реализация цифрового двойника по версии ООО «РЖД-Технологии»

Современные отечественные системы мониторинга устройств ЖАТ используют как широко применяемые датчики и приборы промышленной автоматизации, так и унифицированные измерительные контроллеры [6]. Однако зачастую реализуемая ими диагностика ограничивается лишь

электрическими параметрами и их производными [7]. На сети железных дорог положительно зарекомендовали себя устройство мониторинга и контроля стрелочных приводов УМК СП (обеспечивает измерение и оценку значений параметров, характеризующих работу стрелочных приводов с асинхронными двигателями), контроллер диагностики усилия перевода стрелки КДУПС (предназначен для измерения линейных напряжений и токов, расчета коэффициента мощности и контроля электрических и механических параметров стрелочных электроприводов), аппаратура бесконтактного автоматического контроля стрелочных переводов АБАКС-КС (позволяет контролировать физический зазор между острием и рамным рельсом), автомат диагностики параметров стрелочного привода АДСП функционально схож с КДУПС, и помимо всего прочего, позволяет контролировать активную мощность двигателя [8].

Для формирования ЦД СЭП и описания его текущего состояния информации такого рода явно недостаточно, поэтому возникает необходимость в измерении дополнительных параметров: механических (ход ножей автопереключателя), вибрационных воздействий на стрелочный привод, состояние окружающей среды (влажности, температуры и т.д.). Техническая реализация предусмотрена в датчиках IoT, однако вопрос об их внедрении сдерживается экономическим фактором и консерватизмом железнодорожной отрасли.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 33894–2016. Система железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных станциях. Требования безопасности и методы контроля. – М. : Стандартинформ, 2019. – 32 с.
2. Yang, J. Predictive Maintenance for Switch Machine Based on Digital Twins / Yang, J., Sun, Y., Cao, Y., Hu, X. // Information, 22 November 2021. – № 11, vol. 12. – P. 485.
3. Цифровые двойники. URL: <https://rzddigital.ru/technology/tsifrovye-dvoyniki/> (дата обращения: 04.11.2023).
4. Чернышевская Ю. Атака клонов: цифровые двойники на железной дороге. URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/comments/ataka-klonov-tsifrovye-dvoyniki-na-zheleznoy-doroge/> (дата обращения: 10.11.2023).
5. Цифровизация сквозных производственных процессов. URL: [https://www.tadviser.ru/images/4/49/Семион\\_К.В.\\_v.4\\_1.pdf](https://www.tadviser.ru/images/4/49/Семион_К.В._v.4_1.pdf) (дата обращения: 14.11.2023).
6. Ефанов, Д. В. Система мониторинга устройств железнодорожной автоматики на основе промышленного «Интернета вещей» / Д. В. Ефанов // Мир транспорта. – 2020 – Т. 18, № 6 (91). – С. 118–134.
7. Котов, В. К. Диагностика стрелочных электроприводов по параметрам тока / В. К. Котов, А. А. Павловский, Е. А. Павловский // Автоматика, связь, информатика. – 2015. – № 7. – С. 12–17.
8. Хорошев В. В. Непрерывный контроль механических параметров подвижных элементов стрелочных переводов / В. В. Хорошев // Автоматика на транспорте. – 2017. – Т. 3, № 1. – С. 69–87.

УДК 656.25+62-5

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В ПРОЕКТАХ ПО РАЗВИТИЮ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

М. А. Иванов, 5-й курс

Д. А. Понявин, 5-й курс (научный руководитель – А. Н. Попов, канд. техн. наук)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

В любой высокотехнологичной системе главный «недостаток» – человек-оператор, а именно, его усталость и потеря концентрации внимания.

Машинист, воспринимая сигналы с железнодорожного светофора с помощью автоматической локомотивной сигнализации (АЛС), подбирает оптимальную скорость движения. АЛС представляет собой систему сигнализации, передающую показания светофоров на локомотив с помощью рельсовой нити. Это позволяет машинисту получать оперативную информацию о сигналах впереди. Кодовые посылки АЛС передаются по рельсовой цепи, которая под воздействием внешних факторов может функционировать неправильно. Усталость, потеря концентрации машиниста или сбой в работе аппаратуры АЛС (передатчике или приёмнике) могут создавать опасные ситуации в процессе перевозок.

Опасные ситуации нередко возникают из-за проезда на запрещающий сигнал. В некоторых случаях машинисты ссылаются на плохую видимость сигнала, иногда пренебрегают АЛС, в частности, на станциях, считая, что переключение сигнала – это сбой кодов, возникающий в случае неисправности аппаратуры АЛС или проезд по некодированной секции. Проезд запрещающего сигнала ведёт к таким последствиям, как взрез стрелок, сход поезда или столкновение, что несет за собой финансовые убытки и временные затраты на ликвидацию последствий. Функция автоматического контроля показаний светофоров способна снизить вероятность проезда запрещающего сигнала.

Вторым фактором возникновения опасных ситуаций служит внешнее воздействие на железнодорожную инфраструктуру. Появление животных, людей или прочих объектов на пути следования локомотива независимы и случайны. Машинист имеет чёткие инструкции в случае возникновения подобных ситуаций, однако возможность заблаговременного обнаружения такого препятствия снижает шанс возникновения аварийной ситуации.

Примерами систем с реализованной технологией технического зрения могут быть австралийско-британский RioTinto и немецкий Siemens TS. Они разработали автоматизированные поезда на базе системы «автомашинист» и моторный вагон CargoMover, способные отслеживать наличие на пути человека или препятствия в режиме реального времени при любой погоде. Также автоматическая система CargoMover, основываясь на своих алгоритмах, способна работать в любое время, игнорируя ограничения в ночное время суток. Система технического зрения даёт возможность уточнять цифровую модель пути следования вагона и сравнивает её с цифровой картой местности. Этот тип распознавания позволяет ускорить время обработки результатов для принятия решений системой автоведения [1, 2].

Системы автоведения предназначены для автоматизированного управления локомотивом с соблюдением норм безопасности движения в соответствии с расписанием на основе выбора энергетически рационального режима движения [3].

Выделяют четыре уровня автоматизации (УА) согласно международному стандарту МЭК 62290: УА 1 (машинист управляет поездом при контроле устройства безопасности); УА 2 (машинист находится в кабине, но действует только при нештатных ситуациях, тягой и торможением

управляет автоматика); УА 3 (допускается отсутствие машиниста в кабине); УА 4 (машинист отсутствует в кабине. Оператор дистанционно контролирует до десяти поездов).

Цель этого стандарта – ввод понятий уровней автоматизации для систем управления и контроля железнодорожного транспорта (для пассажирских перевозок в пригородном сообщении), а также установление требований, предъявляемых к функционалу указанных систем для каждого уровня автоматизации [9]. Автоведение служит вторым уровнем автоматизации.

ОАО «РЖД» активно развивает технологию беспилотного движения. Так, в 2019 г. был построен состав ЭС2Г-113, с УА 3, а в 2020 г. – состав ЭС2Г -136 с УА 3+. Оба состава оборудованы системой технического зрения с функциями распознавания сигналов и наличия посторонних объектов на пути. «Ласточка» автоматически остановилась перед установленным на пути манекеном, испытания признаны успешными [7].

Использование технического зрения в локомотивном хозяйстве выгодно с точки зрения технологического прогресса и привлечения инвестиций. В отличие от автомобильного транспорта, где траектория движения динамично меняется в разные промежутки времени, траектория движения поезда неизменна и предсказуема, что облегчает разработку систем технического зрения, позволяет чётко привлекать к определённым объектам работу таких систем на программно-аппаратном уровне.

Для повышения эффективности перевозок требуется постоянная переработка вагонопотоков и оптимальное формирование составов. Эти задачи решают сортировочные станции.

На сортировочных станциях всем процессом формирования-расформирования составов управляют люди. Это задача, требующая быстрой реакции и высокой концентрации, весь процесс усложняется ограниченностью количеством путей и их малой пропускной способностью. Большая часть потерь эффективности процесса происходит из-за человеческого фактора, а не из-за отказа технических средств. Для повышения эффективности работы сортировочных горок АО НИИАС разработан проект «Комплекс компьютерного зрения для контроля занятости сортировочных путей» (КЗСП). Он основывается на сборе информации от датчиков и камер, расположенных по периметру станции, обработке полученной информации с помощью искусственного интеллекта.

Кроме того, технологию компьютерного зрения можно использовать для анализа профилей сортировочных путей, а также для диагностики ситуаций превышения скоростей соударения вагонов, повлекших порчу вагонов. Ее планирует внедрить служба вагонного хозяйства [4, 5].

Технологии технического зрения применяются для диагностики состояния прибывающих вагонов. Так, на сортировочной станции Красноярск-Восточный прибывающий состав с помощью систем технического зрения проверяется по всем контрольным параметрам: состояние колесных пар и ходовой части, нагрев букс, повреждения клиньев, тормозных колодок, уровень продольной качки. Осмотр проходит полностью без участия человека, информация выводится на автоматизированные рабочие места (АРМ) [6].

Задача работа-манипулятора – расцепка вагонов на сортировочной горке. Проект тестируется на станции Челябинск-Главный. Перемещаясь по специальным путям, робот собирает информацию благодаря нескольким камерам, расположенным на корпусе агрегата, обрабатывает полученные данные и сравнивает их с поступившим в него заданием. После анализа робот при помощи руки-манипулятора приступает к расцепке состава, в этот момент устройство перемещается с той же скоростью, что и состав, полностью заменяя человека. Все действия робота осуществляются благодаря системе технического зрения [8].

Техническое зрение представляет собой средство восприятия, состоящее из камер и датчиков, устройства обработки информации, в котором происходит фильтрация полученного изображения и подробный анализ, получившихся результатов, как правило, с использованием свёрточных нейронных сетей (рис.).

Искусственная нейронная сеть (ИНС, НС) – это параллельно распределенная структура обработки информации, которая состоит из нейронов, связанных между собой. Модель нейронной сети в программировании – это машинная интерпретация человеческого мозга. НС обладают возможностью самообучения, выдавать результат на основе полученного опыта. Методы обучения выбираются в зависимости от поставленной задачи, и могут быть как автономными, так и с присутствием «учителя».

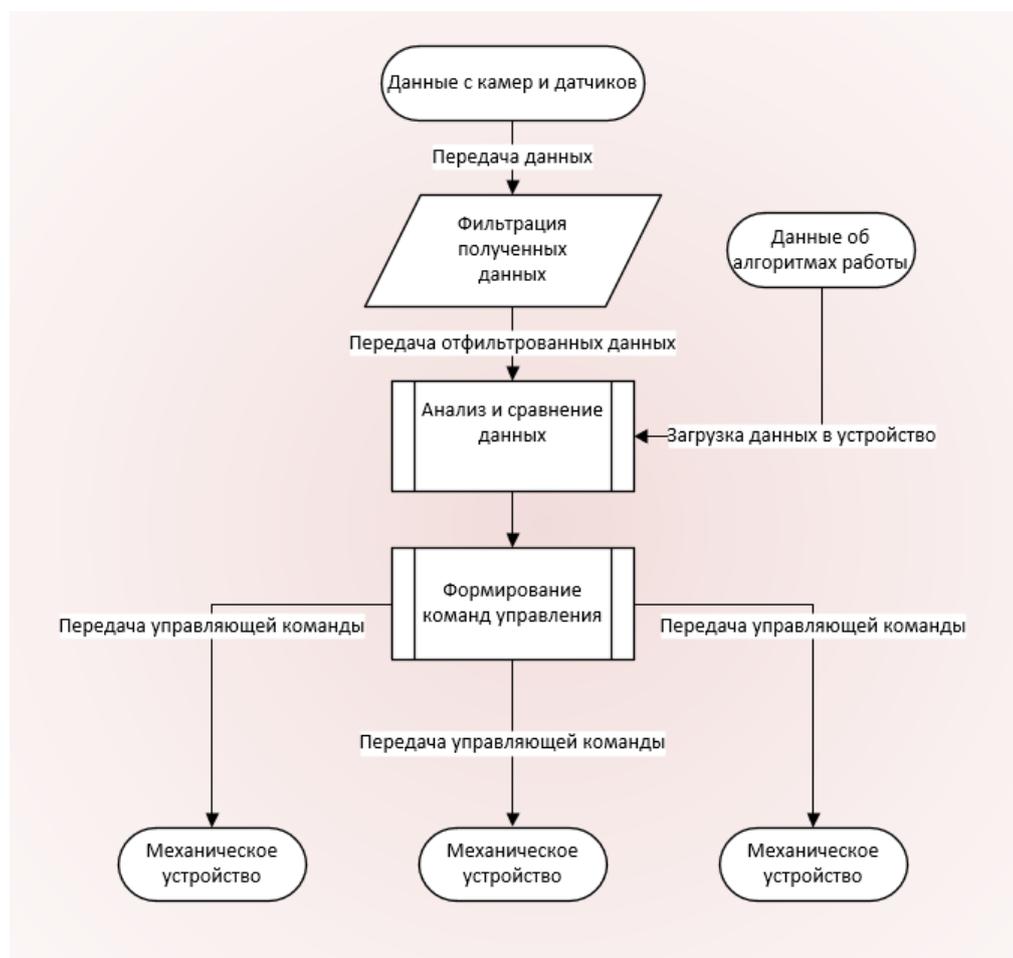


Схема работы системы технического зрения

Свёрточная нейронная сеть представляет собой архитектуру ИНС, которая входит в состав технологий глубокого обучения. Главная задача таких НС – распознавание образов, имитация работы клеток зрительной коры головного мозга [10].

Внедрение технологий технического зрения способно существенно повысить безопасность и эффективность перевозочного процесса. Основными плюсами систем с технологиями технического зрения служат их автономность и возможность обрабатывать большие массивы информации, оптимизация человеческих ресурсов, сокращение времени простоя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Ю. А. Разработка локомотивной системы технического зрения : дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – М. : МАИ, 2014. – 152 с.
2. Emil Jansson, Nils O. E. Olsson, Oskar Fröidh. Challenges of replacing train drivers in driverless and unattended railway mainline systems – A Swedish case study on delay logs descriptions // Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, № 21, 2023.
3. Тихонов, Д. А. Системы автоведения локомотивов // Техника железных дорог. – 2014. – № 3. – С. 65–71.
4. RZD.Digital: Техническое зрение поможет эффективно размещать вагоны на станциях. URL: <https://rzddigital.ru/projects/tekhnicheskoe-zrenie-pomozhet-effektivno-razmeshchat-vagony-na-stantsiyakh/> (дата обращения: 09.07.2023).
5. Заболотская Е. А. Выполнение проекта «цифровая сортировочная станция» в рамках реализации программы «Цифровая экономика российской федерации» / Е. А. Заболотская, Д. В. Изимов, Д. С. Мишинов, А. Д. Шишкович [и др.] // Modern science. – 2020. – № 12-4. – С. 82–87.

6. RZD.Digital: Объективный взгляд на подвижной состав. URL: [https://rzddigital.ru/events/obektivnyy-vzglyad-na-podvizhnoy-sostav/?sphrase\\_id=1466](https://rzddigital.ru/events/obektivnyy-vzglyad-na-podvizhnoy-sostav/?sphrase_id=1466) (дата обращения: 20.08.2023).
7. LIFE: Машинное зрение и электронный мозг. РЖД протестировали беспилотную «Ласточку». URL: <https://life.ru/p/1239093> (дата обращения: 23.08.2023)
8. IXBT: В РЖД появился робот-манипулятор, который занимается расцепкой вагонов. URL: <https://www.ixbt.com/news/2023/06/06/v-rzhd-pojavilsja-robotmanipuljator-kotoryj-zanimaetsja-rascepkoy-vagonov.html> (дата обращения: 16.09.2023).
9. Озеров А. В., Малинов В. М., Маршова А. С. Развитие систем автоматизации управления движением поездов // Железнодорожный транспорт. – 2022. – № 3. – С. 10–11.
10. Овчарик Д. С. Использование свёрточных нейронных сетей для решения задачи распознавания регистрационных автомобильных номеров : выпускная квалификационная работа. – КубГУ, 2022.

УДК 622.621

## РОЛЬ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ В РАЗВИТИИ ПОЛИГОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

**А. Б. Никитин**, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»

Петербургский государственный университет путей сообщения, Санкт-Петербург

**С. В. Бушуев**, канд. техн. наук, доцент, проректор по научной работе

**К. В. Гундырев**, заведующий НИЛ «Компьютерные системы автоматики»

**Д. В. Копытов**, заведующий отделением программного обеспечения НИЛ «Компьютерные системы автоматики», аспирант

**И. В. Швырев**, аспирант

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Полигон – это совокупность участков сети, имеющих единую технологию работы тягового подвижного состава, идентичную инфраструктуру, зарождение и завершение производственных циклов при обслуживании общих пассажиро- и грузопотоков с максимальным транспортно-логистическим эффектом [1].

Повышение пропускной и провозной способности, а также скорость обслуживания подвижного состава на узловых станциях во многом зависит от технической оснащённости как перегонов, так и самих станций. Говоря о развитии принципиально новых логистических подходах и алгоритмах управления движением, нельзя не говорить о технической модернизации и техническом перевооружении действующих систем и строительстве новых.

Для полигона управления очень важна идентичная инфраструктура. Здесь прежде всего следует понимать оснащённость участков современными станционными и перегонными системами управления движением поездов. Очевидно, что далеко не на всём протяжении полигона и не на всех критически важных ключевых маршрутах движения по нему присутствуют технологически современные технические решения на перегонах и станциях. Наиболее подходящий и распространённый модернизации инфраструктуры – внедрение современных микропроцессорных (МПЦ) и релейно-процессорных (РПЦ) систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ). К сожалению, на сети дорог ОАО «РЖД» уровень оснащения микропроцессорными системами ЖАТ довольно низкий. На сети ОАО «РЖД» насчитывается 5094 станций, имеющих электрическую централизацию. Из них 665 станций оборудованы системами микропроцессорной или релейно-процессорной централизации, что составляет чуть более 13 % от общего количества. Распространение систем МПЦ, РПЦ по сети дорог представлено на рис. 1, 2.

Благодаря возможностям сопряжения со смежными информационными системами, гибкому подходу к проектированию программно-аппаратных средств и разработке программного обеспечения существующие микропроцессорные и релейно-процессорные системы можно применять не только как самостоятельные объекты с необходимым уровнем интеграции с существующими системами диспетчерского управления, диагностики и мониторинга, а также для объединения между собой нескольких станций и участков с управлением с опорной станции, проводить техническое перевооружение и модернизацию морально и физически устаревшего оборудования на станциях, и самое главное – комбинирование между собой перечисленных возможностей в зависимости от поставленной задачи. Полностью отказаться от территориального подхода к управлению ОАО «РЖД» нельзя, например, из-за концентрации основных грузоотправителей на одной территории. И здесь задача регионального управления движением состоит в том, чтобы благодаря

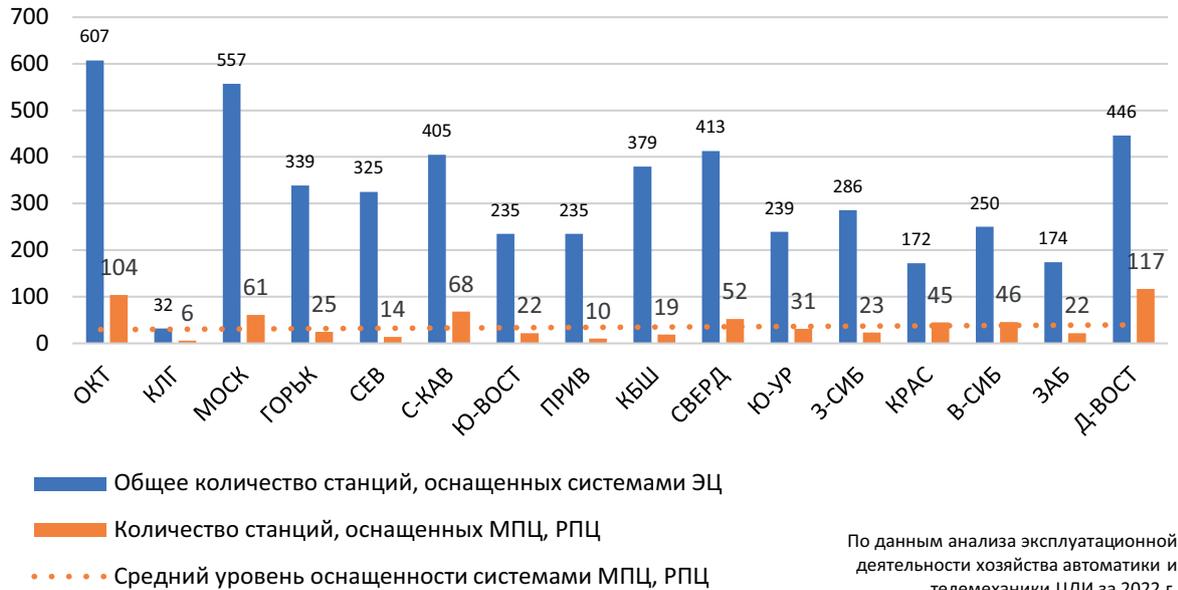


Рис. 1. Уровень оснащенности станций современными системами управления движением поездов по отдельным дорогам ОАО «РЖД»

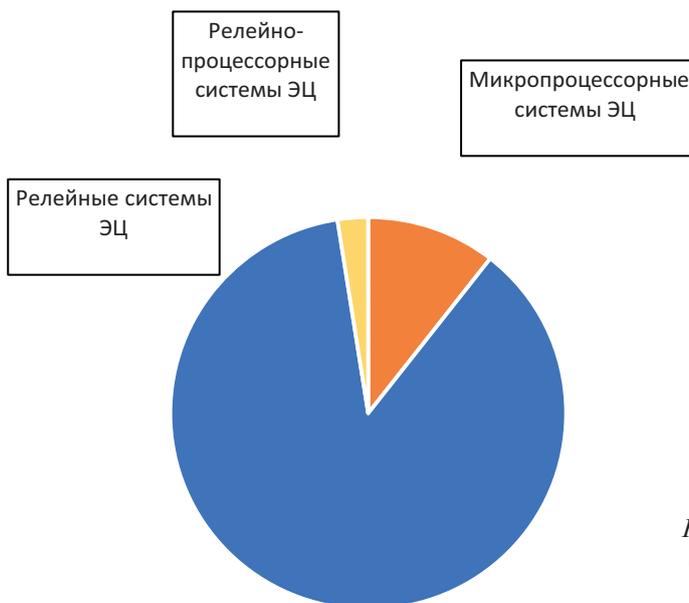


Рис. 2. Средний общий показатель оснащенности современных системами управления движением поездов на сети дорог ОАО «РЖД», %

широким возможностям современных программно-аппаратных средств, систем связи и передачи данных предложить различные варианты организации управления движением поездов и железнодорожной инфраструктурой, начиная от локального применения систем диспетчерской централизации на релейных системах, заканчивая частичной реконструкцией и новым строительством релейно-процессорных, микропроцессорных систем, в том числе с распределенной инфраструктурой, что позволяет впоследствии объединять управление станциями, районами в локальные полигоны управления в зависимости от требуемых логистических и эксплуатационных условий, забрав на себя все технические и технологические функции по пропуску и обслуживанию поездов, высвободив при этом Центр управления перевозками, отвечающим в целом за управление движением в границах полигона.

Один из традиционных и эффективных способов повышения безопасности движения, эффективности производства и увеличения пропускной способности – строительство и ввод в эксплуатацию новой железнодорожной инфраструктуры, оснащенной микропроцессорными или

релейно-процессорными системами управления движением. Это эффективно в случае комплексного подхода к обновлению инфраструктуры, которая должна быть максимально идентична по своим эксплуатационным качествам.

В границах Свердловской железной дороги примерами такого подхода к модернизации инфраструктуры и регионального принципа управления движением могут служить участки Тобольск – Сургут – Коротчаево (рис. 3) и Яйва – Соликамск, построенный в обход техногенной аварии (рис. 4).

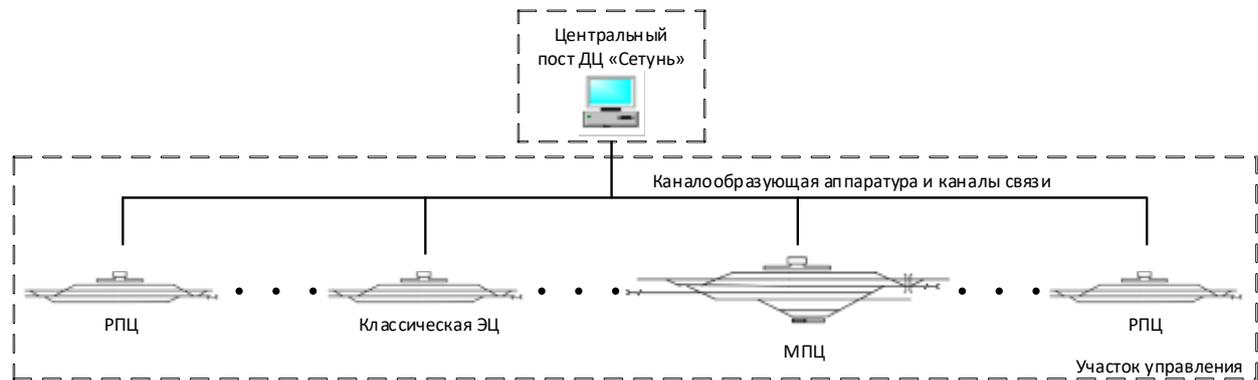


Рис. 3. Структурная схема организации диспетчерского управления на участке Тобольск – Сургут – Коротчаево

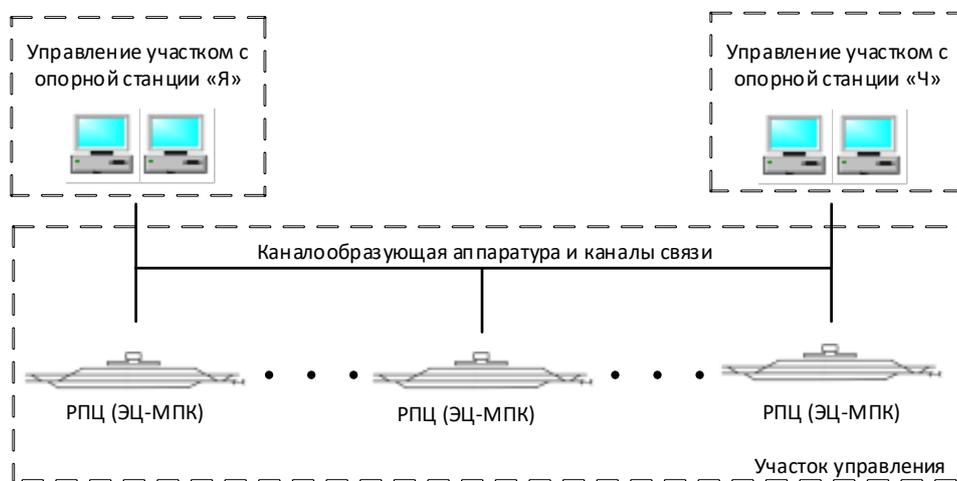


Рис. 4. Структурная схема организации управления на участке Яйва – Соликамск

В обоих примерах в результате строительства новой или обновления существующей железнодорожной инфраструктуры введены в эксплуатацию микропроцессорные и релейно-процессорные системы управления движением поездов, системы электропитания, технической диагностики и мониторинга. Очень важно, что подавляющее большинство новых станций участков имеет идентичные или близкие по своему построению и эксплуатационным характеристикам системы централизации. Это позволяет одинаково эффективно работать одному и тому же эксплуатационному персоналу на той или иной станции участков, а ремонтной дистанции иметь необходимые запасные части и материалы. Благодаря функционалу систем и возможностям каналообразующей аппаратуры можно объединить контроль и управление станциями участка в единый диспетчерский центр, из которого в настоящий момент осуществляется управление движением по участку Тобольск – Сургут – Каратчаево. Что касается участка Яйва – Соликамск, то там все введенные в эксплуатацию станции оборудованы одинаковыми системами централизации, что дает возможность образовать так называемую мини-ДЦ, управляя всем участком с одной из опорных станций участка.

Эти два примера существенно отличаются по своей протяженности, объемами движения и инфраструктурой, однако их можно рассматривать в качестве участков железной дороги, уже готовых быть частью большого полигона управления при дальнейшем развитии соответствующей инфраструктуры.

Подавляющее большинство станций в границах предполагаемого полигона управления движением оснащены релейными системами. Системы надежны, однако их возможности с точки зрения модернизации весьма ограничены. Одним из серьезных ограничений служит значительное увеличение числа реле, приходящихся на одну централизованную стрелку [5]. Увеличение числа реле на стрелку влечет удорожание системы и при сохранении существующего темпа строительства ЭЦ требует ввода в действие дополнительных мощностей для их производства. Кроме того, высокие показатели материалоемкости новых релейных систем не позволяют выполнить модернизацию устройств на существующих площадях и в большинстве случаев требуют строительства новых зданий постов централизации. Рост показателя числа реле на стрелку отражает ситуацию, когда классические релейные системы практически исчерпали себя для расширения функциональных возможностей. Начавшееся внедрение на железнодорожном транспорте цифровых технологий предъявляет повышенные требования и к системам ЭЦ в части интеграции в составе технологических моделей перевозочного процесса. Из-за ограниченности объема данных релейные системы не удовлетворяют тому функциональному набору, который определяет эффективность работы транспорта в свете развития информационных технологий.

Способ, позволяющий модернизировать инфраструктуру управления движением с наименьшими капитальными затратами, – частичная реконструкция существующей инфраструктуры (рис. 5).



Рис. 5. Структурная схема частичной модернизации релейных ЭЦ

Этот метод предусматривает или полную замену наборной группы существующих систем ЭЦ на резервируемые программно-аппаратные средства, или «наложение» программно-аппаратных средств управления на наборную группу существующей системы ЭЦ. В любом из этих вариантов исключаются из работы традиционные пульт-табло дежурного по станции и заменяются на автоматизированные, взаимно резервируемые рабочие места АРМ ДСП. Это решение расширяет возможности по управлению движением, позволяет увязывать систему ЭЦ с другими информационными и диагностическими системами автоматики и телемеханики. Появляются возможности создания необходимой конфигурации управления движением по станциям и участкам с необходимыми требованиями (организация мини-ДЦ, неограниченное количество рабочих мест и т.д.). Пример модернизации – ст. Кольцово (Свердловская железная дорога).

Построение распределенных систем управления возможно только на основе микропроцессорных решений. Несмотря на их давнее появление, количество микропроцессорных систем ЭЦ на железных дорогах относительно невелико. Основной причиной медленного темпа обновления устройств стала высокая стоимость МПЦ, которая в разы превышает аналогичные релейные ЭЦ [5], что обусловлено прежде всего сложностью реализации безопасных технологий на вычислительной платформе [4]. Это предопределяет актуальность поиска новых эффективных путей применения современных технических средств в станционных системах управления. В [2] такой подход был рассмотрен в отношении расширения функциональных возможностей и интеграции функций нескольких систем в единых вычислительных средствах. Еще одним из подходов служит применение рациональных схем и конфигураций

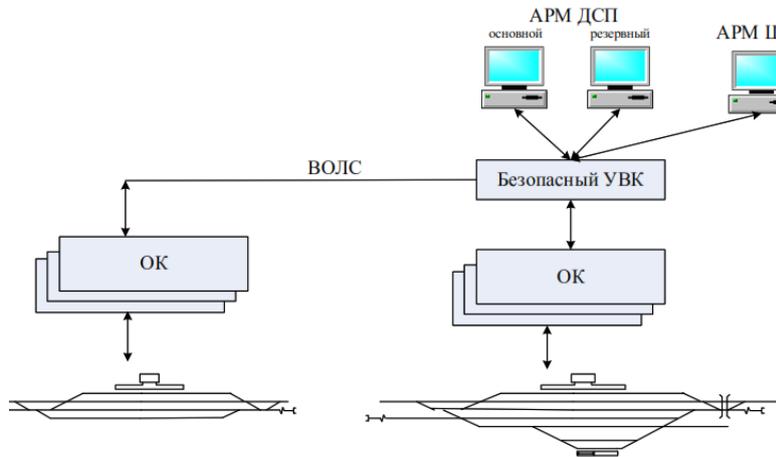


Рис. 6. Мультистанционная архитектура технических средств МПЦ

передачи данных в МПЦ с распределенной архитектурой впервые позволили рассматривать эффективность не только для крупных станций, но и на расширенном полигоне управления с небольшими отдельными пунктами. Наибольший интерес и экономическую целесообразность представляют интегрированные распределенные архитектуры.

На рис. 7 показана схема интегрированной системы комплекса распределенной архитектуры. Здесь распределение программно-аппаратных средств системы выполняется в пределах полигона управления, включающего несколько станций, а суть интеграции состоит в комплексировании с МПЦ других СЖАТ участка. Благодаря высокой производительности современных вычислительных средств и высокоскоростных цифровых систем передачи данных по ВОЛС обслуживание полигона осуществляется одним УВК (управляющим вычислительным комплексом), который

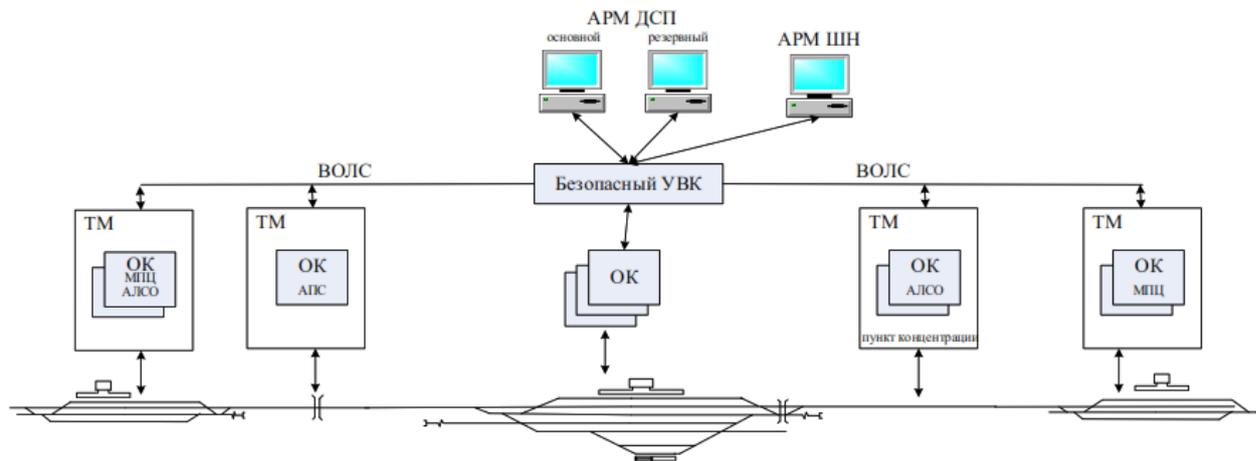


Рис. 7. Интегрированная структура комплексной распределенной архитектуры  
АЛСО – автоматическая система локомотивной сигнализации как самостоятельное средство сигнализации и связи; АПС – автоматическая поездопоездная сигнализация

располагается на опорной станции. В этом варианте опорной станцией служит, как правило, наибольшая из них по количеству объектов управления. Критерий выбора опорной станции – наличие на ней квалифицированного обслуживающего персонала. На станциях, которые находятся на управлении с опорной станции, размещаются только конструктивы с устройствами сопряжения с объектами. Информационный обмен между опорной станцией и соподчиненными отдельными пунктами, которые находятся на управлении, осуществляется по оптоволоконным каналам связи. Исключение сменного дежурства на отдельных пунктах зоны опорной станции позволяет отказаться на них от устройства стационарных АРМ ДСП; предусматривается подключение мобильного АРМ для обеспечения функции станционного (резервного) управления. По сравнению с классическими системами интегрированная распределенная архитектура позволяет одним УВК решать не только задачи станционных систем, но и существенно расширяет его функциональные возможности.

Для эффективной организации и эксплуатации полигонов управления должна предусматриваться идентичная инфраструктура в его границах. Это должно затрагивать технические средства обеспечения безопасности движения поездов – системы электрической централизации и интервального регулирования.

Для создания или модернизации существующей инфраструктуры целесообразно внедрение релейно-процессорных и микропроцессорных систем электрической централизации и интервального регулирования ввиду широких возможностей их интеграции с существующими системами диспетчерской централизации, диагностики и мониторинга. Особое внимание заслуживает внедрение мультистанционных распределенных систем управления железнодорожной инфраструктурой на базе МПЦ.

Сегодня по ряду направлений движения грузо- и пассажиропотоков уже созданы условия для дальнейшего развития и формирования управления движением на основе полигонов. Подготавливается необходимая инфраструктура. Одновременно с этим стоит задача научных и инженерных расчетов, показывающих эффективность инфраструктуры для формирования и выделения участков железных дорог для объединения их в единый полигон управления.

В условиях ограниченного бюджета следует рассматривать внедрение релейно-процессорных систем методом частичной модернизации. Это позволяет избежать дополнительных капитальных вложений, одновременно повышая безопасность и эффективность работы существующих систем, выводя их использование на качественно новый уровень эксплуатации с использованием интеллектуальных функций управления.

Существует возможность выделения в рамках полигона отдельных районов, станций, участков с возможностью управления ими из любого места, будь то опорная станция или пост диспетчерской централизации. Конфигурация и оснащение рабочего места дежурного или диспетчера может быть любой, в зависимости от технологических требований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шаров В. А., Вавилов Н. Е., Тенденции развития системы управления железнодорожными перевозками с учетом полигонных технологий.
2. Никитин А. Б., Наседкин О. А., Лыков А. А., Журавлева Н. А. [и др.]. Интеллектуальные функции управления в микропроцессорных системах централизации // Автоматика на транспорте. – 2023. – № 1. – С. 63–71.
3. Никитин А. Б., Наседкин О. А., Лыков А. А., Журавлева Н. А. [и др.]. Построение распределенных микропроцессорных систем управления движением поездов // Автоматика на транспорте. – 2023. – № 2. – С. 153–161.
4. Системы микропроцессорной централизации // Железные дороги мира. – 1997. – № 8. – С. 8–17.
5. Сапожников Вл. В. Анализ компьютерных систем оперативного управления устройствами ЭЦ / Вл. В. Сапожников, А. Б. Никитин // Автоматика, связь, информатика. – 2006. – № 6. – С. 6–8.
6. Гавзов Д. В. Релейно-процессорная централизация ЭЦ-МПК / Д. В. Гавзов, А. Б. Никитин // Автоматика, связь, информатика. – 2002. – № 4. – С. 12–15.
7. Долгий И. Д. Возможности релейных и процессорных систем управления станцией / И. Д. Долгий // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 5. – С. 25–27.
8. Полигонные технологии – новый уровень управления // Гудок. – 2017. – № 49.

# СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

---

УДК 624.139

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В НАСЫПЯХ ПРИ ИХ ПРОМЕРЗАНИИ

**В. И. Коннов**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительство железных дорог»

**О. В. Благоразумова**, ст. преподаватель кафедры «Строительство железных дорог»

**В. А. Лемехова**, ст. преподаватель кафедры «Строительство железных дорог»

Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», г. Чита.

Невозможно прогнозировать просадки и подъемку пути при проектировании железных дорог без достаточно полного знания теплофизических свойств данных капиллярнопористых сред, определяемых с помощью объемной эффективной теплоемкости, удельной теплопроводности и эффективного коэффициента температуропроводности [1–2]. Величины теплофизических коэффициентов и характер изменения для мерзлых и талых почв и горных пород хорошо известны (Иванов, Гаврильев, 1965; Чудновский, 1962, Василик, 1975). Теплофизические коэффициенты изучены недостаточно при температуре исследуемых сред, очень близкой к температуре начала замерзания порового раствора, где теплофизические свойства влажных почв и тонкодисперсных горных пород испытывают резкие изменения.

Экспериментальные трудности, возникающие при определении значений коэффициентов в области интенсивных фазовых переходов поровой влаги, объясняют недостаточность изученности этих вопросов. Многие исследователи, изучавшие температурную зависимость теплофизических коэффициентов почв и горных пород, область фазовых переходов, очень близкую к температуре начала замерзания, исключали вообще из рассмотрения (Гаврильев, 1970) или принимали допущение, что в данной области значения эффективных теплофизических коэффициентов изменяются монотонно (Иванов, 1969).

В работе (Василик, 1974) показано, что при температуре начала замерзания влаги в почвах и грунтах значение эффективного коэффициента температуропроводности  $a_{эф}$  равно нулю. Полученный результат принят с допущением, что выделение теплоты кристаллизации влаги в промерзающей среде происходит полностью при температуре 0 °С. Принятое допущение ограничивает общность этого явления для переноса тепла в промерзающих почвах и горных породах и исключает возможность сравнить полученный результат с функциональной зависимостью эффективного коэффициента температуропроводности от температуры  $a_{эф}(U) = 0$ .

Василик И. Н. предложил следующую зависимость эффективного коэффициента температуропроводности при температуре начала замерзания:

$$a_{\text{эф}}(U)_{\text{нз}} = \frac{\lambda_m}{dQ / vdU + 0,5(C_M + C_T)}, \quad (1)$$

где  $a_{\text{эф}}(U)_{\text{нз}}$  – эффективный коэффициент температуропроводности при температуре начала замерзания;  $\lambda_m$  – коэффициент теплопроводности талой зоны;  $C_M, C_T$  – объемные теплоемкости среды в мерзлом и талом состояниях;  $C_0$  – максимальная объемная эффективная теплоемкость, выраженная в дифференциальной форме.

$$C_0 = dQ / vdU. \quad (2)$$

Максимальная теплота кристаллизации влаги выделяется изотермически при температуре начала замерзания ( $dU = 0$ ), а при температуре  $U = U_{\text{нз}}$ ,  $C_0 = \infty$ . Тогда из выражения (1) следует, что значение функции  $a_{\text{эф}}(U)$  при температуре  $U = U_{\text{нз}}$  равно нулю. Максимальная теплота фазовых переходов в почвах и горных породах выделяется изотермически в достаточно широком интервале отрицательных температур начала замерзания поровой влаги (Иванов и др., 1966). Поэтому влажность, минерализация и величина удельной поверхности среды, определяющие температуру начала замерзания почв и горных пород, не налагают ограничений на существование точки разрыва для функции  $a_{\text{эф}}(U)$  при температуре  $U = U_{\text{нз}}$ . Это указывает на общность данного явления (нулевая завеса) для процессов переноса тепла в промерзающих почвах и горных породах и позволяет определять границу между талой и промерзающей зонами (Василик, 1975).

Авторы работы (Воронин, Ванин, 1974) предлагают отказаться от рассмотрения нулевой завесы, но, как следует из выражения (1), существование точки разрыва для функции  $a_{\text{эф}}(U)$  очевидно и является результатом изменения внутренней энергии среды.

Если учесть, что эффективный коэффициент температуропроводности является пространственной теплофизической характеристикой физической среды, то равенство нулю  $a_{\text{эф}}(U)$  приводит к невозможности дальнейшего промерзания среды. Однако в действительности в природе этого не происходит, так как  $a_{\text{эф}}(U)$  определяет пространственно-временную теплофизическую характеристику промерзающей капиллярно-пористой среды. Такая зависимость для эффективного коэффициента температуропроводности была предложена Василик (1975). Она основывается на существовании предельных значений теплофизических коэффициентов в элементарном объеме промерзающей среды и зависит от длительности нулевой завесы, определяемой как промежуток времени ( $\tau_2 - \tau_1$ ), в течение которого в элементарном объеме среды происходит изотермическое ( $dU = 0$ ) выделение теплоты кристаллизации влаги;  $\tau_1$  является началом замерзания порового раствора в элементарном объеме, а  $\tau_2$  – замерзанием порового раствора. С момента времени  $\tau_2$  продолжается дальнейшее промерзание среды, скорость распространения температурной волны принимает отличное от нуля значение и изотермическая поверхность с температурой начала замерзания сместится в пространстве на определенное расстояние, величина которого определяется теплофизическими свойствами и условиями промерзания среды [3].

Таким образом, при промерзании влажных капиллярно-пористых сред (почв и горных пород) величины теплофизических коэффициентов эффективной объемной теплоемкости и  $a_{\text{эф}}(U)$  при температуре начала замерзания поровой влаги принимают предельные значения и равны соответственно бесконечности и нулю.

Эффективная объемная теплоемкость и эффективный коэффициент температуропроводности определяют пространственно-временную характеристику капиллярно-пористой среды. Это значит, что в данном элементарном объеме промерзающей среды равенство бесконечности и нулю данных теплофизических коэффициентов зависит от длительности нулевой завесы.

Существование предельных значений для эффективной объемной теплоемкости и эффективного коэффициента температуропроводности капиллярно-пористых сред определяет периодический характер изменения скорости перемещения изотермической поверхности с температурой начала замерзания порового раствора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коннов В. И. Экологическая оценка и мероприятия по защите от загрязнения малых рек Восточного Забайкалья. – Чита : ЧитГУ, 2006. – 126 с.
2. Дашинимаев З. Б., Сигачев Н. П., Кирпичников К. А. Устройство дренажных сооружений в районах вечной мерзлоты // Образование – наука – производство. – Чита. – 2018. – С. 96–101.
3. Василик И. Н. Физическая природа нулевой завесы. В сб. : Почвенный криогенез. – М. : Наука, 1974. – 243 с.

УДК 625.1

# ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

А. А. Платунов, аспирант, 4-й курс

С. Г. Аккерман, канд. техн. наук

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Для разработки стратегий и концепций освоения применения беспилотных воздушных судов (БВС) в процессах железнодорожной инфраструктуры очень важно исследование технических задач (аэро-, фото- и видеосъемки на территории железных дорог и линейных объектов). Собираемые достоверные и локализованные под особенности расположения железных дорог данные позволяют изучать и раскрывать технологический потенциал для решения наибольшего количества задач при единоразовом пролете БВС вдоль железнодорожных путей.

Для картографирования с использованием БВС применяется фотограмметрия, которая заключается в создании трехмерных моделей местности на основе серии перекрывающихся аэрофотоснимков. Фотограмметрические модели могут быть использованы для извлечения различных типов геометрической и семантической информации о земной поверхности (высота, уклон, классификация объектов). При моделировании местности мы получаем большие массивы данных с параметром точности, распределенным по всей модели. Геодезическая точность определяет достоверность собираемых массивов для дальнейшего применения в качестве цифровой модели или плотного облака в технических процессах и представляет из себя меру отклонения полученных результатов измерений от истинных значений координат и высот объектов на земной поверхности [1]. Для обработки фотограмметрических данных используются специализированные программные продукты, которые позволяют выполнять выравнивание фотоснимков, построение облака точек, генерацию цифровых моделей поверхности (ЦМП) и цифровых ортофотопланов (ЦОП).

В отечественной научной литературе по данной теме можно выделить несколько работ, в которых рассматриваются различные аспекты применения беспилотных воздушных судов для картографирования местности. Оценка точности цифровой модели местности (ЦММ), полученной на основе данных беспилотного воздушного аппарата, оснащенного GNSS-приемником, работающим в режиме РРК, и анализ расхождений с данными наземного многочастотного спутникового приемника на контрольных точках представлен в [7]. Цель исследования – возможность использования БВС для составления топографических карт масштаба 1:500 1:1000 1:5000. Точность ЦММ, полученной с БПЛА, составляет от 0,05 до 0,15 м в зависимости от используемых методов привязки аэрофотоснимков. Полученный в исследовании результат удовлетворяет требованиям к топографическим картам масштаба 1:1000 [7].

Эффективность использования БВС для ведения топографической съемки рассмотрена в [4]. Там же проведен сравнительный анализ методики геодезических работ с применением наземного лазерного сканирования и БВС. Для этого использовался беспилотный аппарат самолетного типа Gatewing x100. Установлено, что точность ЦММ, полученной с БВС, имеет отклонения от ЦММ по результатам наземного лазерного сканирования, принимаемой за эталонную, до 0,181 м; минимальное значение равнялось 0,088 м.

Влияние распределения контрольных точек на точность фотограмметрического картографирования с БВС оценено в [5]; проведены эксперименты на разных типах местности и проанализированы различные сценарии расположения контрольных точек. Установлено, что расположение контрольных точек по краям изучаемой местности не является оптимальным. Они должны

размещаться внутри территории со стратифицированным распределением по мере увеличения плотности облака точек.

Оценка точности фотограмметрии с БВС для создания топографических карт дана в [6]; ученые использовали легкий БВС самолетного типа с GNSS модулем, работающим в режиме RTK для получения точных координат аэрофотоснимков. На участке 1,5 км<sup>2</sup> установлено восемь контрольных точек, позиционированных спутниковым приемником. По результатам обработки ошибка позиционирования на контрольных точках составила до 0,032 м по высоте и до 0,015 м в плане. Проводился анализ более 50 точек поверхности земли, позиционированных на участке работ. Отклонение данных ЦММ полученной БВС от результатов наземного GNSS оборудования составили до 0,075 м по вертикали и до 0,020 м в горизонтальной плоскости.

Производственные процессы на территории железных дорог предполагают работу БВС на всей протяженности железнодорожных путей общего пользования инфраструктуры ОАО «РЖД». Запланированная цикличность процессов по осмотру объектов инфраструктуры позволяет определить технологическую возможность применения БВС для составления обновляемых цифровых моделей участков железнодорожного пути для отслеживания технического состояния инженерных сооружений на протяжении всего жизненного цикла до технического состояния требующего проведения ремонтных мероприятий.

Ценность обновляемых цифровых моделей зависит от точности сопоставления собираемых массивов данных в разные периоды и от допусков технологически установленных к этим видам работ. Точность сопоставляемых моделей, получаемых с использованием БВС, зависит от качества опорной сети, наличия и распределения опорных точек на местности (ОТМ) во время проведения авиационных работ, точности навигационного оборудования БВС, параметров полета (высота, скорость, угол наклона), условий освещения и атмосферы, методов обработки и анализа данных.

Таким образом распределенная ошибка точности между пунктами опорной сети будет влиять на последующие работы по сопоставлению цифровых моделей, как и вероятные плановые и высотные сдвиги опорных пунктов этой сети, в особенности на местности с нестабильными грунтовыми основаниями.

Атмосферные условия (облачность, туман, дождь и снег) могут помешать получению четких изображений земной поверхности [2]. По результатам постобработки на модели будут заметны ошибочные точки, появившиеся из-за производства работ во время осадков, тумана и т.п.

На большей высоте полета уменьшается разрешение фотографий, что снижает детализацию аэрофотосъемки. При применении сканирующего подвесного оборудования на большей высоте уменьшается объем собираемой информации на единицу площади. На меньшей высоте полета увеличиваются время полета и трудозатраты на картографирование из-за необходимости сбора большего количества изображений для покрытия одной и той же площади, но повышается детализация. Оптимальная высота полета зависит от конкретных задач и требований к геодезической точности [3].

К наиболее востребованными направлениями, повышающими безопасность движения поездов путём своевременного обнаружения неисправности путей и инженерных сооружений с применением БВС, можно отнести контроль положения ремонтируемого пути для определения отклонений геометрических параметров железнодорожного пути относительно проектных; мониторинг железнодорожных мостов, земляного полотна, железнодорожных планов и профилей станций, оползневых тел (оконтуривание границ, появление новых морфологических элементов, развитие оползневых трещин, оценка динамики растительности), защитных сооружений (селеспусков, селепропусков, водопропускных сооружений, направляющих дамб и стен), потенциально опасных геологических проявлений в районе распространения многолетнемерзлых пород, мониторинг лавиноопасных участков (оценка снегонакопления, определение образования на снежном покрове склонов козырьков, трещин).

Аэрофотосъемка при соблюдении требований к оборудованию и технологии проведения работ достаточно точна для выполнения работ на территории железных дорог.

Цикличность процессов по осмотру объектов инфраструктуры технологически позволяет применять БВС для составления обновляемых цифровых моделей участков железнодорожного пути

с точностью распределенной общей ошибки, полученной по результатам исследования. Это позволит получать высокодетализированные цифровые модели объектов железнодорожной инфраструктуры, отслеживать геометрические изменения в результате деформаций, ремонтных работ, реконструкций на всех этапах жизни объекта мониторинга. Такая интеграция БВС также позволит контролировать геометрические очертания земляного полотна, водоотводных сооружений по ежегодно собираемым и обрабатываемым достоверным метаданным. Применение БВС позволит вычислять требуемую величину кадастровых границ полосы отвода в местах нетипового поперечного разреза, позволит учитывать ширину с учетом требуемого устройства водоотводных сооружений вдоль пути.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79–97.
2. Turner, D., Lucieer, A., & Wallace, L. (2014). Direct georeferencing of ultrahigh-resolution UAV imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52(5), 2738–2745.
3. Harwin, S., & Lucieer, A. (2012). Assessing the accuracy of georeferenced point clouds produced via multi-view stereopsis from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery. *Remote Sensing*, 4(6), 1573–1599.
4. Хан В. Д., Кугаевский В. И. Сравнительный анализ точности геодезических работ при их выполнении с помощью БПЛА «Gatewing x100» и наземной сканирующей установки «Riegl vz-1000», 2013.
5. Assessment of UAV-photogrammetric mapping accuracy based on variation of ground control points // Patricio Martínez-Carricondo, Francisco Agüera-Vega, Fernando Carvajal-Ramírez, Francisco-Javier Mesas-Carrascosa, Alfonso García-Ferrer, Fernando-Juan Pérez-Porras // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* Volume 72, October 2018, Pages 1–10.
6. Rojgar Q. Ismael, Qubad Z. Henari. Accuracy Assessment of UAV photogrammetry for Large Scale Topographic Mapping // *Fifth International Engineering Conference on Developments in Civil & Computer Engineering Applications* 2019.
7. Ожигин, Д. С., Кубайдуллина, У. А., Шарипова, К. Д., Долгоносов В. Н. Оценка точности цифровой модели местности, полученной на основе данных беспилотных летательных аппаратов масштабе 1:1000 // *Тенденции развития науки и образования*. 72. 108–112.

УДК 656.222.3

## ВЫБОР МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПАРКА ОТСТОЯ НА УГЛЕПОГРУЗОЧНОЙ СТАНЦИИ

А. А. Конюхова, 4 курс (научный руководитель – О. О. Гренкевич, канд. техн. наук)  
Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

При высокой геополитической напряженности активно реализуются проекты по созданию (строительству) и совершенствованию (реконструкции, переустройству и модернизации) объектов транспортной инфраструктуры для увеличения пропускной и провозной способности участков стратегических направлений [1–3]. Однако существует еще проблема несоответствия уровня инфраструктуры и путевого развития железных дорог Дальнего Востока и Восточной Сибири предъявляемому грузопотоку в условиях переориентации экономических связей на мировые рынки.

Для увеличения пропускной способности железнодорожных участков стратегических направлений разработана и внедрена пока на двух участках Восточного полигона железных дорог система интервального регулирования движения поездов – подвижных блок-участков и «виртуальной сцепки». Дальнейшие этапы внедрения новой технологии определены исходя из приоритетного порядка экспортных отправок высокодоходных грузов – нефтепродуктов, руды, удобрений, а также угля из основных добывающих регионов на восток.

60 % добычи каменных углей в России приходится на долю угольных компаний Кузбасса. Согласно плану экспортных перевозок угольной продукции грузоотправителей Кемеровской области железнодорожным транспортом, объем перевозок угля со станций отправления в восточном направлении в терминалы (порты) и железнодорожные пункты пропуска составили до 892 вагонов в сутки (по сост. на 08.2023).

Внеклассная углепогрузочная железнодорожная станция Е обслуживает три пути необщего пользования (ООО «Т», ОАО «К» и ст. Стб), объем погрузки которых представлен в диаграмме на рис. 1.



Рис. 1. Диаграмма количества погруженных вагонов по станции Е

Расположение трех путей необщего пользования, примыкающих к разным стрелочным горловинам (четная, нечетная), и по разные стороны от главных путей (рис. 2) затрудняет подачу и уборку вагонов из-за враждебности с другими маршрутами организованных поездов в объеме, соответствующем внеклассной станции. Среднесуточные поездопотоки, проходящие через станцию Е, представлены на рис. 3.

Путевое развитие станции включает в себя два приемоотправочных парка А и Б, расположенных последовательно.

На 1.06.2023 выявлены 280 груженых вагонов, отставленных от движения на станции из-за ограниченной емкости перегонов на восток. Такие вагоны занимают приемоотправочные пути, что отрицательно влияет на пропускную способность станции, объемные и качественные показатели эксплуатационной работы станции.

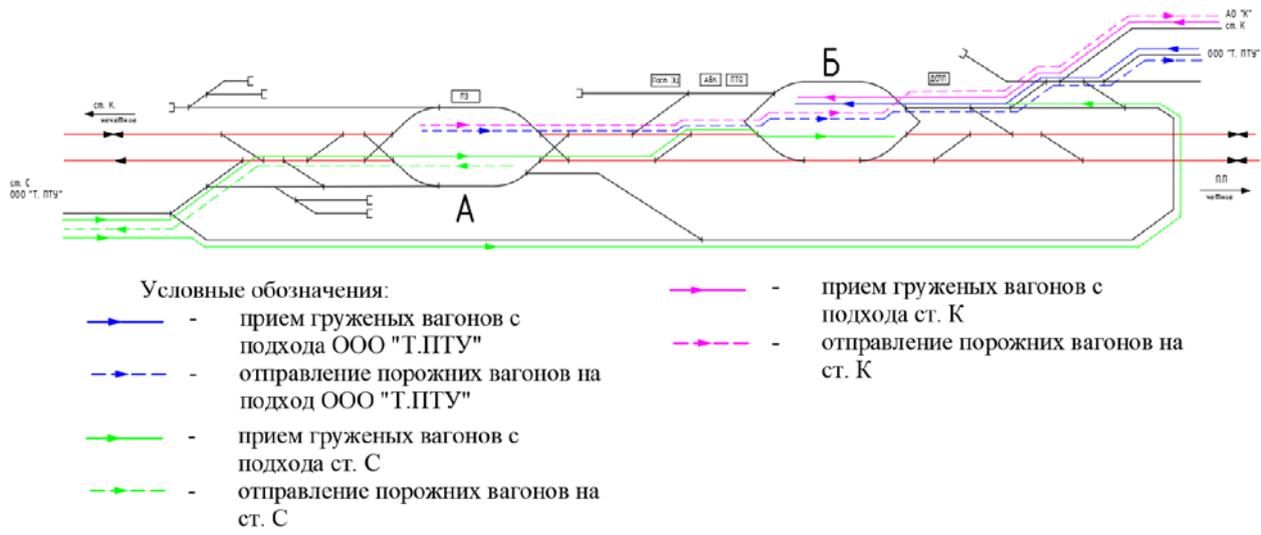
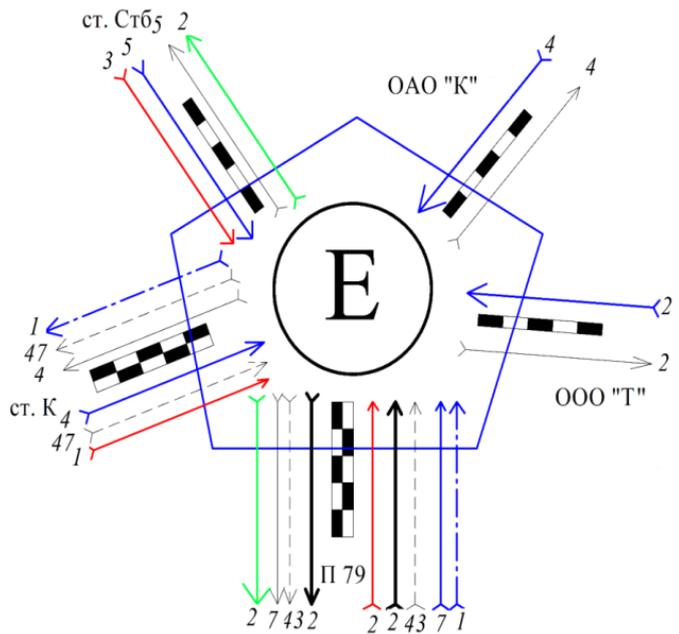


Рис. 2. Схема технологических линий местного вагонопотока станции



- Условные обозначения:
- поезда прибывшие в расформирование;
  - поезда своего формирования;
  - транзитные без переработки;
  - - - транзитные с изменением массы и длины;
  - пригородные;
  - сборные поезда, прибывшие в расформирование;
  - сборные своего формирования.

Рис. 3. Диаграмма среднесуточных поездопотоков станции

В результате анализа путевого развития станции и исследования местных условий станционной площадки разработаны два варианта местоположения путей для отставленных от движения вагонов с углем. Вариант 1 – парк отстоя параллелен приемоотправочному парку А (рис. 4). Вариант 2 – парк отстоя параллелен приемоотправочному парку Б (рис. 5).

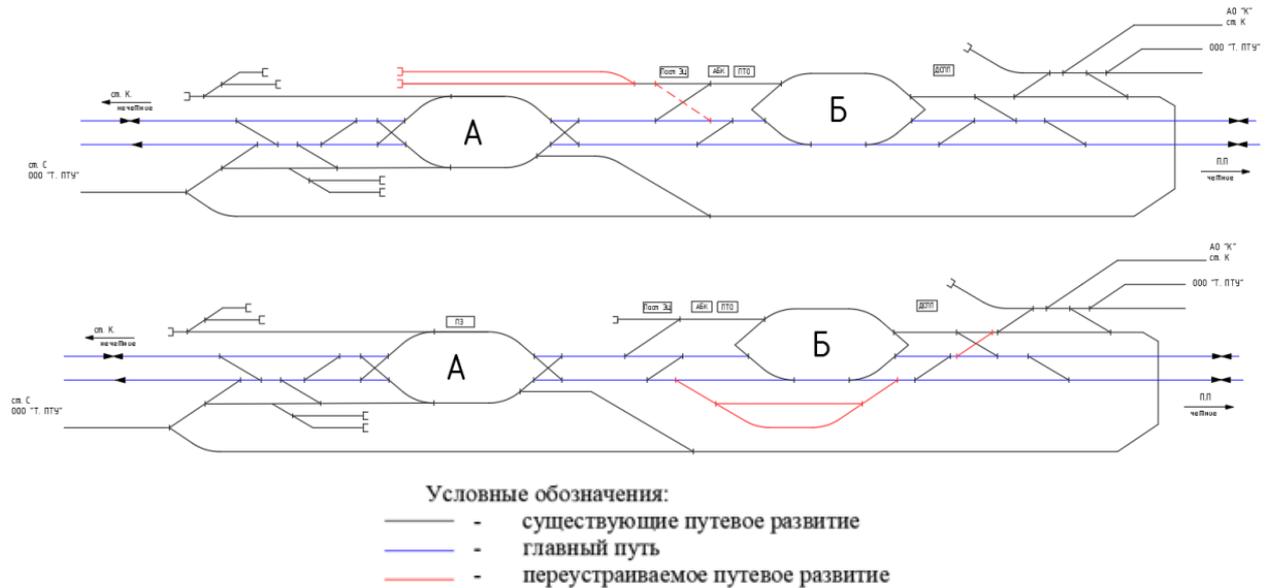


Рис. 4. Схема местоположения путей отстоя (вариант 1)

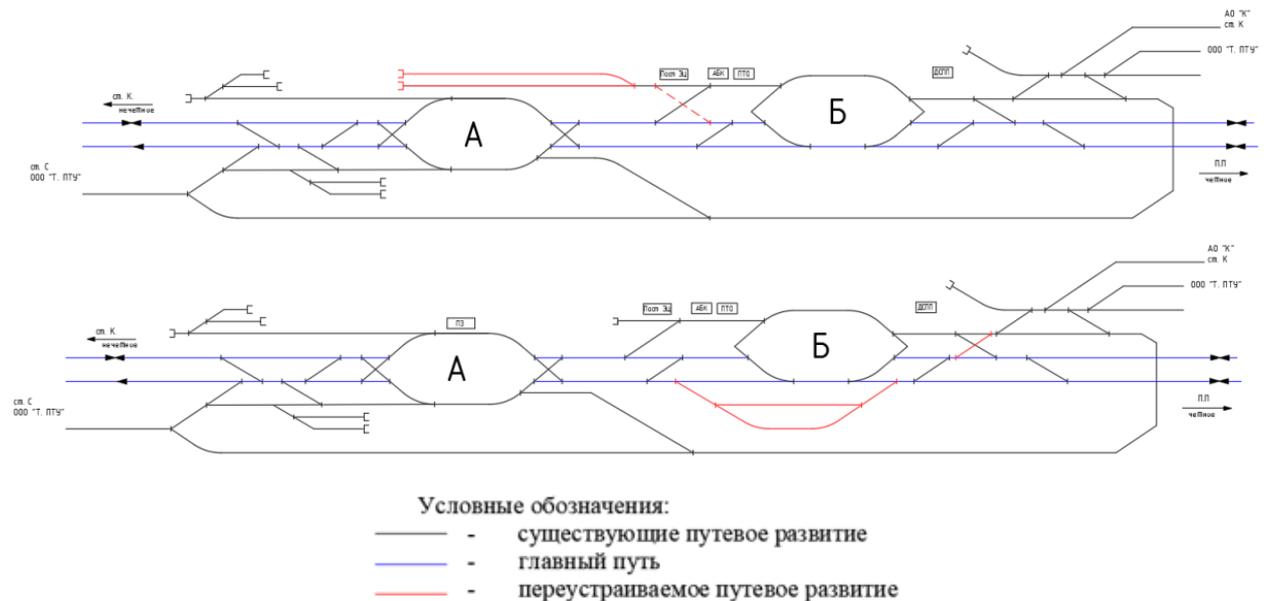


Рис. 5. Схема местоположения путей отстоя (вариант 2)

Из-за переустройства изменятся технологии работы с местным вагонопотоком и по отправлению угольных маршрутов на восток по стрелочным горловинам станции. Выполнена проверка работоспособности станции после переустройства путем расчета загрузки центральной и нечетной стрелочных горловин [4]. Исходные данные: суточный объем работы по маршрутам передвижений поездов и вагонов различных категорий согласно технологии работы станции (рис. 6, 7).

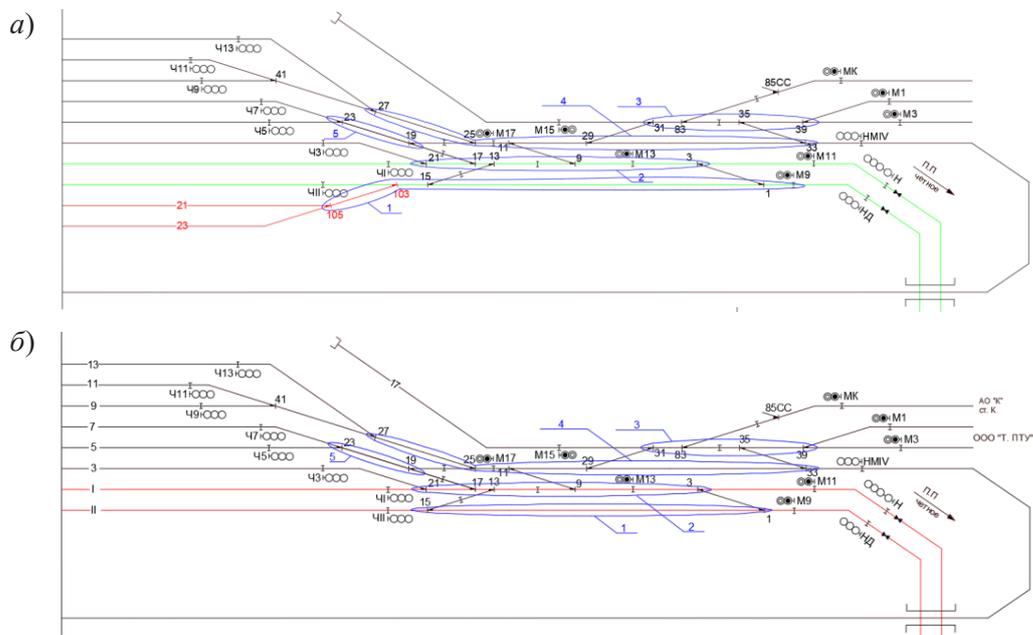


Рис. 6. Схема нечетной горловины с делением на элементы  
а – до переустройства; б – после переустройства

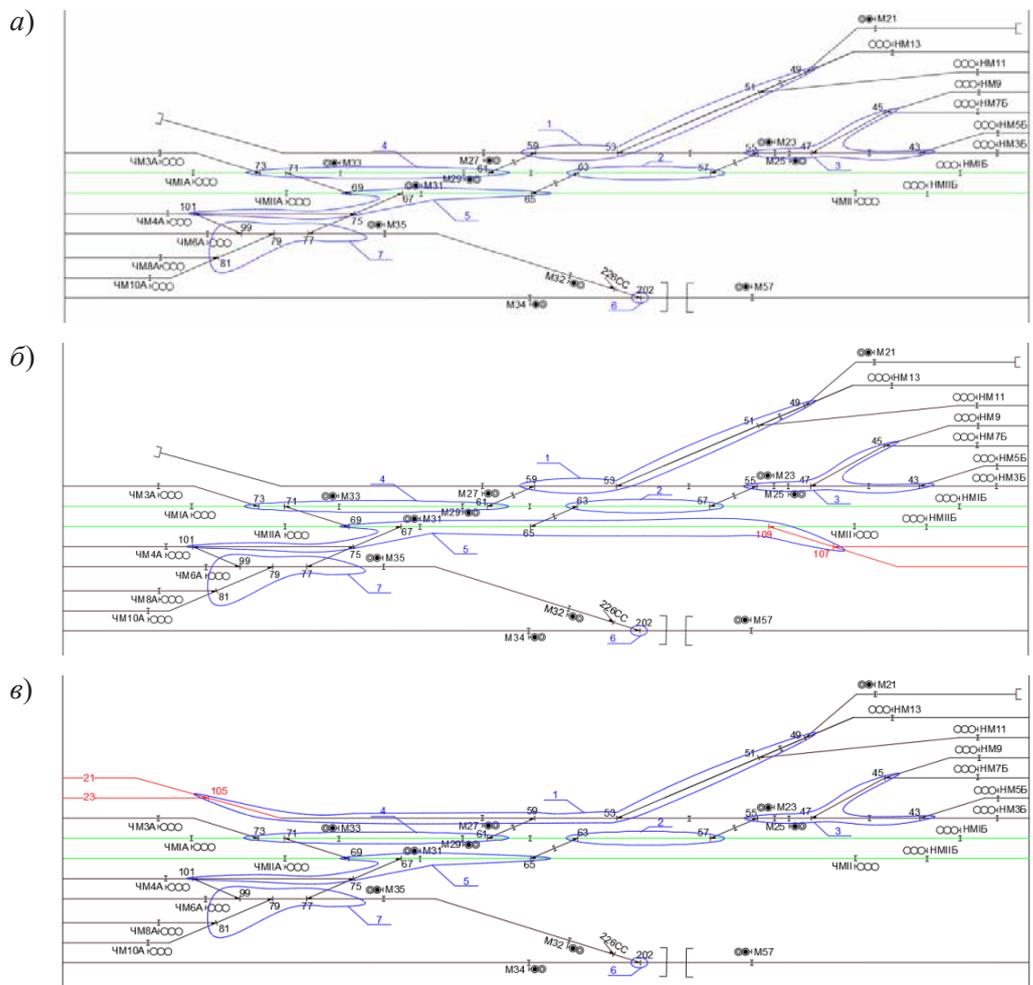


Рис. 7. Схема центральной горловины с делением на элементы  
а – до переустройства по варианту 2; б – после переустройства по варианту 2;  
в – после переустройства по варианту 1

По результатам загрузки элементов стрелочных горловин определены максимальные величины, задействованные в дальнейших расчетах пропускной способности станции до и после переустройства.

Расчет пропускной способности стрелочных горловин до и после переустройства по вариантам сведен в таблицы 1, 2.

Таблица 1

Расчет пропускной способности нечетной горловины до и после переустройства

Показатель	До	После
Номер расчетного элемента	2	1
Загрузка расчетного элемента, %	65,75	70,11
Коэффициент загрузки горловины	0,75	0,82
Пропускная способность в нечетном направлении, поездов в сутки	71	65
Пропускная способность в четном направлении, поездов в сутки	71	65

Таблица 2

Расчет пропускной способности центральной горловины до и после переустройства

Показатель	До	После	
		по вар. 1	по вар. 2
Номер расчетного элемента	5	5	5
Загрузка расчетного элемента, %	41,31	41,53	56,81
Коэффициент загрузки горловины	0,78	0,81	0,84
Пропускная способность в нечетном направлении, поездов в сутки	68	66	65
Пропускная способность в четном направлении, поездов в сутки	68	66	65

Таким образом, пропускная способность центральной горловины меньше (на три поезда в сутки) после переустройства по варианту 1. Пропускная способность нечетной горловины после переустройства по варианту 2 значительно сократилась (на шесть поездов в сутки). По результатам выполненных исследований определен целесообразный вариант расположения парка для отставленных от движения вагонов на реальной углепогрузочной станции: вариант 1 (расположение парка отстоя параллельно приемоотправочному парку А).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гренкевич О. О. Проблемы железнодорожных грузовых станций в связи с изменением структуры поездопотоков // Проблема антикризисного управления и экономического развития. – 2017. – С. 54–58.
2. Гренкевич О. О. Мероприятия по увеличению перерабатывающей способности железнодорожной станции К – С // Традиционная и инновационная наука. – 2018. – № 3. – С. 27–31.
3. Гренкевич О. О. Путевое развитие углесборочной станции // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2019. – С. 24–27.
4. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог. – М., 2010. – 180 с.

УДК 625.04

## ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ГЕОМЕТРИИ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ

В.О. Шарова  
АО «ВНИИЖТ», Москва

Различные процессы, происходящие в железнодорожном пути, отражаются на качестве и скорости перевозочных процессов. При управлении качеством крайне важна информационная поддержка принятия решений, основанная на использовании статистических методов обработки информации, которые, в свою очередь, основываются на современных методах математического анализа.

Эффективность автоматизированных информационных систем снижается из-за недостаточно проработанных методов системного анализа показателей. Поэтому необходимы исследования взаимосвязей и закономерностей функционирования и последующего оптимального развития железнодорожного транспорта, в том числе железнодорожного пути [1].

Для качественного содержания пути важно понимать, какие деградационные процессы происходят на пути, определить и проанализировать их причины, разработать эффективные меры.

Корреляционный анализ основан на проверке гипотез о связях между переменными с применением коэффициентов корреляции. Он также позволяет обнаружить линейные (прямые и обратные) связи между двумя переменными.

Случайные величины  $X$  и  $Y$  могут быть либо зависимыми, либо независимыми. Если зависимы эти величины, то изменение значений одной или нескольких из этих величин ведут к изменению значений другой или других величин.

Допустим, даны две случайные величины  $X$  и  $Y$ , где  $X = x_1, x_2, \dots, x_n$  и  $Y = y_1, y_2, \dots, y_n$ .

Имеется гипотеза о наличии взаимной линейной связи между этими случайными величинами. Тогда коэффициент корреляции Пирсона вычисляется по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}$$

Величина коэффициента линейной корреляции всегда ограничена, то есть

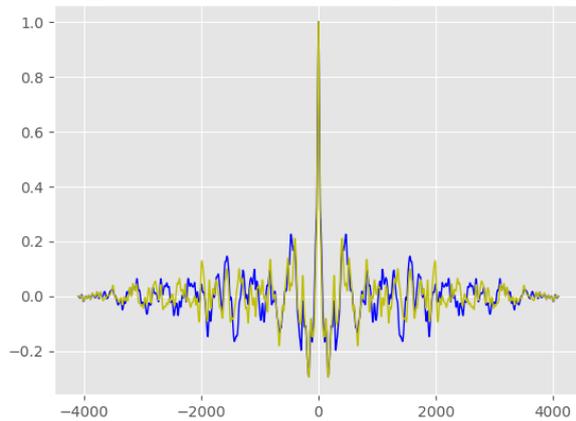
$$-1 < r_{xy} < 1.$$

Значение коэффициента корреляции интерпретируются следующим образом:  $0 < |r| < 0,2$  – линейной связи нет;  $0,2 < |r| < 0,4$  – линейная связь слабая;  $0,4 < |r| < 0,7$  – линейная связь средняя;  $0,7 < |r| < 1$  – линейная связь сильная. Также при  $r > 0$  линейная связь прямая или положительная;  $r < 0$  – линейная связь обратная или отрицательная [2].

Использование этого метода позволяет оценить связь показателей геометрии рельсовой колеи, их взаимное влияние, выявить закономерности. По отсутствию очевидных закономерностей можно оценить достоверность исходных данных. На разных участках пути возможно наличие или отсутствие связей параметров с различной их интерпретацией.

Примеры рассчитанных автокорреляционных (АКФ) и взаимной корреляционной (ВКФ) функций по параметрам продольного профиля демонстрируются на рис. 1. Рассчитанные функции построены по данным путеизмерителя, полученным на 148 км 1 пути Октябрьской железной дороги. Видно, что значения коэффициентов линейной корреляции не превышают 0,3, значит, можно констатировать отсутствие какой-либо линейной связи между неровностями на правой и левой рельсовых нитях, а также линейных взаимосвязей неровностей на каждой из нитей в отдельности. Такой результат может быть интерпретирован следующим образом: наличие случайных

Автокорреляции левой(синяя) и правой(жёлтая) рельс



Взаимная корреляция левой и правой рельсы

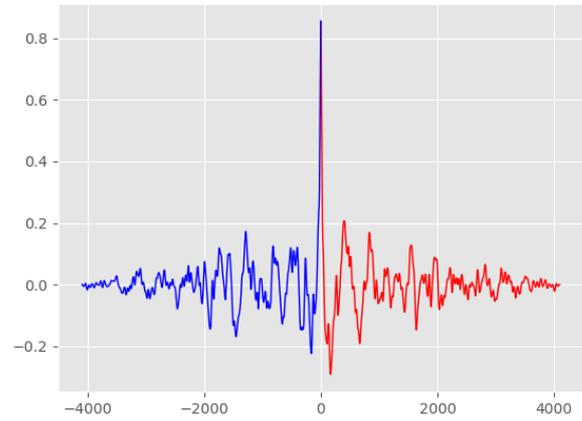
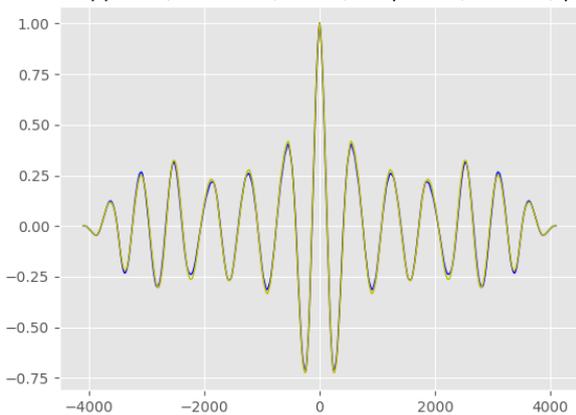


Рис. 1. Автокорреляционные и взаимная корреляционная функции (отсутствие взаимосвязей)

деградационных процессов на участке пути и необходимость проведения локальных выправочных работ.

Рассмотрим пример наличия связи параметров продольного профиля. Были произведены расчеты АКФ и ВКФ на Малошуйской дистанции Северной железной дороги. Для примера был выбран 298 км. На рис. 2 демонстрируются примеры рассчитанных АКФ и ВКФ по параметрам вертикальных неровностей. Рассчитанные функции построены по данным путеизмерителя, полученным на 298 км Северной железной дороги. Значения коэффициентов линейной корреляции превышают 0,7, значит, можно констатировать наличие сильной взаимосвязи между неровностями на правой и левой рельсовой нитях, а также неровностей на каждой из нитей в отдельности. Такая связь периодическая, значит, происходит воздействие на путь с определённым периодом. В таком случае нужны соответствующие выправочные работы.

Автокорреляции левой(синяя) и правой(жёлтая) рельс



Взаимная корреляция левой и правой рельсы

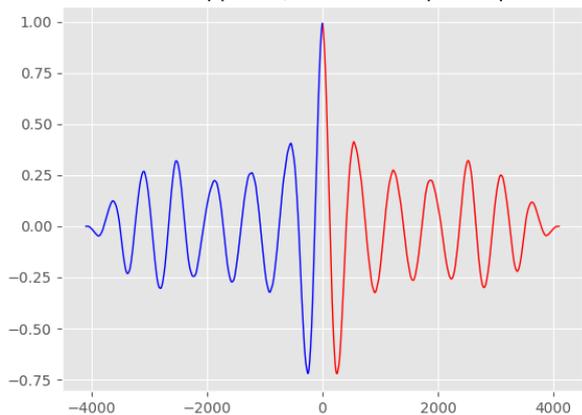


Рис. 2. Автокорреляционные и взаимная корреляционная функции (наличие взаимосвязей)

Приведенные примеры АКФ и ВКФ показывают наличие различных деградационных процессов пути и могут быть дополнительным инструментом при оценке текущего содержания пути. Также на основе результатов, показывающих сильную взаимосвязь в АКФ, можно построить прогнозные модели, например, авторегрессионные или VAR-модели.

Выявленные корреляционные зависимости можно использовать в качестве исходных данных для реинжиниринга систем управления железнодорожным путем, делая акцент в соответствии с выявленными тенденциями и зависимостями. Использование такого подхода в комплексе с другими позволяет анализировать наличие деградационных процессов на пути, а также прогнозировать

изменения на будущее, своевременно устраняя неисправности и экономя ресурсы для повышения безопасности и надежности железнодорожного пути.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лакин И. К. Анализ основных показателей работы железнодорожного транспорта // Наука и транспорт. – 2007. – Т. 1, № 1. – С. 60–63.
2. Корреляционный анализ. URL: <https://www.matematicus.ru/matematiceskaya-statistika/korrelyatsionnyj-analiz> (дата обращения: 27.08.2023).

УДК 625.03

## РАБОТА ПУТИ НА УЧАСТКАХ ОБРАЩЕНИЯ ЛОКОМОТИВОВ С АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

В. О. Певзнер, д-р техн. наук

И. Б. Петропавловская

Р. А. Баронайте

Т. И. Громова

В. О. Шарова

АО «ВНИИЖТ», Москва

С 2015 г. на сеть отечественных железных дорог поступают вагоны, рассчитанные на осевую нагрузку 25 тс, увеличивается и масса поездов (здесь в качестве ограничения выступает длина станционных путей).

Для вождения поездов стандартной длины (70–71 усл. вагон) по пересеченной местности/горам необходима усиленная тяга. Поэтому применяют многосекционные локомотивы либо создают локомотивы повышенной мощности.

Увеличение тяги за счет вождения поездов многосекционными локомотивами при постоянной длине станционных путей уменьшает полезную массу поезда – каждая двухсекционная сплотка требует сокращения длины поезда на два вагона, то есть снижения массы поезда на 200 т.

Одно из основных направлений повышения силы тяги – создание локомотивов с асинхронными тяговыми двигателями<sup>1</sup>.

Ученые АО ВНИИЖТ и УрГУПС считают, что массовое повреждение поверхности катания головок рельсов объясняется работой локомотивов на пределе по сцеплению с контролируемым проскальзыванием колес при ограничении скорости относительно скольжения от 0,5 до 4 % и при скорости движения, близкой к продолжительному режиму, но с возможностью допущения длительных процессов скольжения колесных пар [2]. Основные поверхностные дефекты – импульсные неровности.

Первый этап исследований – сравнительный анализ повреждаемости рельсов импульсными неровностями на направлении Екатеринбург – Усть-Луга по первому пути с грузонапряженностью более 140 млн т · км бр/км в год. На Горьковской и Северной железных дорогах работают электровазы ВЛ80, а на Свердловской – 2ЭС10 и 2ЭС10 с бустерной секцией [1].

Результаты анализа показали, что на Северной железной дороге удельное количество импульсных неровностей составило 15,5 шт./км, на Горьковской – 21,5, а на Свердловской, где обращаются локомотивы 2ЭС10, – 44,2. Наибольшее количество импульсных неровностей (более 400 шт./км) выявлено на перевальных участках с уклонами более 10 ‰.

Анализ расстояний между импульсными неровностями показал, что явно выраженной периодичности нет. Для уточнения характеристик импульсных неровностей на участках их массового появления проведены ручные промеры. Установлено, что длина отдельных импульсных неровностей в 75 % случаев составляет менее 0,3 м, а амплитуда – 0,06–0,33 мм по средним значениями и 0,3–1,3 мм по максимальным [2].

Для изучения степени влияния различных факторов на повреждаемость рельсов импульсными неровностями использовались методы многофакторного анализа [1]. Проанализирована степень влияния четырех факторов на интенсивность повреждаемости рельсов – уклонов продольного профиля, радиусов кривых, отступлений в геометрии пути, величины наработанного тоннажа.

Диапазоны изменения факторов: уклон профиля  $i = 0–11 ‰$ , радиусы кривых  $R = 500–2200$  м, количество отступлений геометрии рельсовой колеи второй степени в профиле (перекосы, просадки, уровень)  $N_{отст} = 0–29$  шт./км, величина наработанного тоннажа  $T = 80–800$  млн т [2].

<sup>1</sup> В 2020–2021 гг. специалисты АО ВНИИЖТ и УрГУПС исследовали влияние работы локомотива 2ЭС10 с асинхронными тяговыми двигателями на состояние пути (Свердловская железная дорога).

Качественная оценка степени влияния отдельных факторов на количество импульсных неровностей проводилась с использованием коэффициента детерминации  $R^2$ , характеризующего тесноту связи изучаемых показателей.

Для определения коэффициента детерминации были построены зависимости между количеством импульсных неровностей и указанными выше факторами.

Основной фактор, влияющий на образование поверхностных дефектов рельсов (импульсных неровностей), – уклон продольного профиля; степень его влияния составила 42 % (рис.). Следующий – показатель фактического состояния геометрии пути (т.е. количество расстройств второй степени): 30 %.

Влияние кривых участков с различными радиусами и величины наработанного тоннажа – 10 и 18 % соответственно.

Итак, в сложных условиях эксплуатации (на затяжных подъемах, при наработке сверхнормативного тоннажа, наличии кривых малого радиуса и отступлений второй степени более 25 шт./км) средняя интенсивность возникновения импульсных неровностей на поверхности катания рельсов значительно возрастает [1].

Для снижения интенсивности повреждаемости рельсов импульсными неровностями на участках обращения электровозов с асинхронными двигателями (2ЭС10, 2ЭС10 с бустерной секцией) нужны дополнительные смены рельсов<sup>1</sup>, профилактическая выправка пути в сочетании со шлифовкой рельсов при появлении 20 шт./км (без учета отступлений по ширине колеи) отступлений второй степени; в случае запесочивания балластной призмы – внеплановый средний ремонт [2].

Для участков обращения локомотивов 2ЭС10, находящихся в сложных условиях, необходимо разработать специальные СТУ на работу пути, регламентирующие пороговые значения количества импульсных неровностей на пикете, при которых назначается шлифовка рельсов или их смена, а также работы по дополнительной плано-предупредительной выправке и среднему ремонту пути [1].

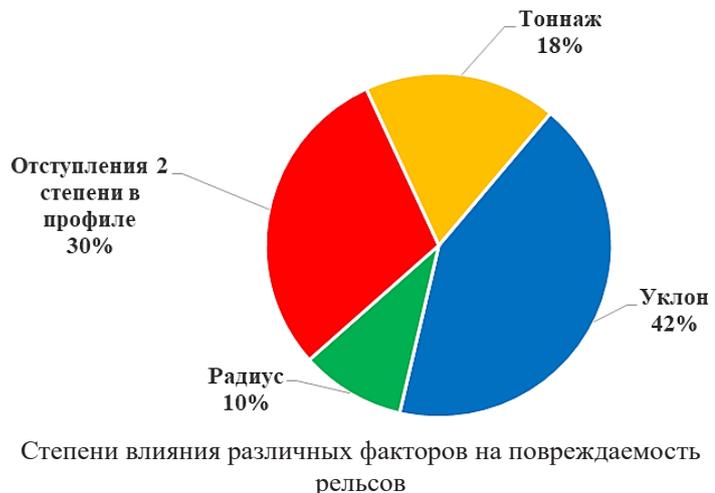
Вопросы работы электровозов с тяговыми асинхронными двигателями 2ЭС10 на Верецагинской дистанции пути Свердловской железной дороги отражены в [2].

Снизить количество импульсных неровностей можно, если увеличивать скорость движения перед подъемом с использованием кинетической энергии, не снижать скорость ниже 50 км/ч и вынужденно использовать бустерный режим.

Рекомендуется доработать методику определения нормы массы грузовых поездов с ведением их электровозами с асинхронными тяговыми электродвигателями, в которой не определены критерии проскальзывания для электровозов с асинхронными тяговыми электродвигателями.

1. Применение асинхронных двигателей с работой на пределе по сцеплению за счет контролируемого проскальзывания колес с ограничением скорости относительного скольжения до 4 % при скорости движения электровоза, близкой к продолжительному режиму, позволяет существенно – до 25 % – повысить массы поездов [2].

2. Допущение длительных процессов скольжения колесных пар приводит к появлению на рельсах импульсных неровностей, ухудшающих контролепригодность рельсов и условия их работы [2].



<sup>1</sup> Методика предложена АО ВНИИЖТ и включена в «Правила назначения ремонтов железнодорожного пути» (утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 17.12.2021, № 2888р).

3. Импульсные неровности особенно интенсивно образуются при снижении скорости движения ниже 50 км/ч, особенно перед подъемами, и вынужденном использовании бустерного режима с максимальной величиной скорости относительного скольжения [2].

4. Для минимизации интенсивности повреждаемости рельсов необходима разработка специальной системы оптимизации весовой нормы поездов для обеспечения устойчивого движения со скоростями более 50 км/ч, в том числе за счет перевода части уклонов в инерционные [2].

5. Требуется разработка специальной системы организации технического обслуживания пути, которая исключит появление ограничений скорости перед инерционными подъемами за счет профилактического устранения расстройств пути на базе прогноза состояния пути и потребности в ремонтных работах [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасов В. И. Многофакторный эксперимент. Планирование и обработка результатов: учеб. пособие. – Курган : Изд.-во Курганского гос. ун-та, 1998. – С. 146.
2. Певзнер В. О., Баронайте Р. А., Кочергин В. В., Худорожко М. В. [и др.]. Исследование причин повреждаемости рельсов поверхностными дефектами на участках обращения электропоездов ЭС10 // Техника железных дорог. – 2023. – № 1-2.

УДК 625.031

## РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПУТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ

**В. М. Прохоров**, канд. техн. наук, технический эксперт  
**К. В. Шапетько**, канд. техн. наук, руководитель отдела  
ООО «Синара Алгоритм», Екатеринбург

В ОАО «РЖД» ведутся работы по интеграции информационных технологий и цифровой трансформации основных технологических и эксплуатационных процессов в соответствии с [1]. Также предполагается воплощение многих проектов (беспилотники для пассажиров и грузов, «зеленый цифровой коридор» пассажира, бесшовная грузовая логистика, цифровое управление транспортной системой РФ, цифровизация для транспортной безопасности, цифровые двойники объектов транспортной инфраструктуры) [2].

Всем этим занимается ООО «Синара Алгоритм» с учетом следующего «цифрового» вектора: цифровой железнодорожный путь → цифровой подвижной состав → цифровые путевые машины → цифровые технологии.

Железнодорожный путь – сложная многоэлементная система, которая за счет технологий ремонтов и текущего содержания поддерживается в работоспособном состоянии.

Подвижной состав – вторая основная часть перевозочного процесса, обеспечивающая грузовое и пассажирское сообщение. Его функционирование должно быть полностью безопасным, эффективным, а в части перевозки пассажиров еще и комфортным.

По состоянию на 1.01.2023 протяженность пути с просроченным капитальным ремонтом составила 22,5 тыс. км, или 17,9 % от общей протяженности главных путей [3].

Предусмотрено увеличение провозной способности БАМа и Транссибирской железнодорожной магистрали до 180 млн т [1]. Анализируя цифры 2022 г. (148,9 млн т) и 2023 г. (161,3 млн т), можно ожидать достижения поставленной цели (180 млн т) к середине 2024 г.

За счет внедрения безлюдных технологий, эффективного использования рабочего времени, объединения структур и принципа совмещения профессий по дирекции инфраструктуры планируется сократить 33029 сотрудников [4].

Перед путейцами снова встает задача: при полном соблюдении безопасности движения и наличии просроченных ремонтов участков железнодорожного пути обеспечить заданные параметры технического состояния пути (например, по балльности) при ограничении людскими, материально-техническими и финансовыми ресурсами.

Можно предположить, что устранение отступлений геометрии рельсовой колеи (ГРК) будет возложено на механизированную выправку, что потребует значительного усиления эксплуатируемого парка путевых машин не только в части его наращивания, но и необходимости создания более современных, производительных и эффективных единиц. Другими словами, мы снова возвращаемся к актуальности внедрения «цифрового» вектора на всех этапах технического обслуживания железнодорожного пути, начиная от его оценки и его прогнозного состояния и изменения, через контроль и анализ выполняемых ремонтно-путевых работ, к оптимизации процессов взаимодействия в интерфейсе колесо-рельс.

Железнодорожный путь должен стать полностью цифровым, т.е. все элементы должны быть сориентированы в пространстве глобальной навигационной системы («привязаны»), в т.ч. отдельно левый и правый рельсы [5]. Это, в свою очередь, позволит поставить железнодорожный путь в проектное положение или, по крайней мере, оценивать положение существующего пути относительно его проектного положения; железнодорожный путь на контрольных участках должен быть оборудован программно-аппаратным комплексом оценки нагруженности его работы. Информация о грузонапряженности участка должна учитывать все особенности ее формирования (количество осей, осевые нагрузки, интервал движения, скорость прохождения подвижного состава); единую

корпоративную автоматизированную систему управления инфраструктурой (ЕК АСУИ) [6] необходимо дополнить подробной информацией по всем объектам и элементам пути (в т.ч. технические требования, конструкторская документация, физико-механические параметры, стоимость, срок укладки, дефектность, данные повторного использования или переукладки и т.д.) для последующего мониторинга и учета при оценке стоимости жизненного цикла.

Железнодорожный путь, являясь элементом системы взаимодействия с подвижным составом, участвует во взаимодействии в процессе. Другими словами, недостатки конструктивных особенностей и отступления ГРК вызывают дополнительные динамические силы на обращающемся подвижном составе, что ведет к появлению в нем износов и дефектов. Одновременно с этим происходит аналогичный процесс: в силу конструктивных особенностей и наличия дефектов подвижной состав передает на путь повышенное воздействие, приводящее к износу, неисправностям, дефектам и т.п.

Соответственно, целесообразно оценивать события, происходящие в пути и подвижном составе с момента зарождения отступлений, с последующим мониторингом их изменения и оценкой влияния друг на друга. Это уже реализуется ООО «Синара Алгоритм» в виде установленной системы расширенной диагностики технического состояния подвижного состава, параметров его движения и верхнего строения пути – система DTscan [7].

DTscan предназначена для регистрации показаний датчиков, установленных на элементах подвижного состава, обработки и анализа данных и информирования.

Система позволяет оценивать вертикальные и горизонтальные поперечные ускорения буксовых узлов, ускорения рамы тележки, продольные ускорения кузова, текущую скорость движения, токовые характеристики тягового привода, сигналы акустоэмиссионных датчиков и т.д.

Результаты работы системы DTscan в части взаимодействия колеса-рельса позволяют определять участки пути с повышенным воздействием в интерфейсе, оценить эти участки по показателям «безопасность» и «комфорт проезда пассажиров».

Результаты записи виброускорений и расчет комфорта в кузове, выполненные на 42 км II главного пути Октябрьской железной дороги направления Санкт-Петербург – Москва, представлены на рис. 1.

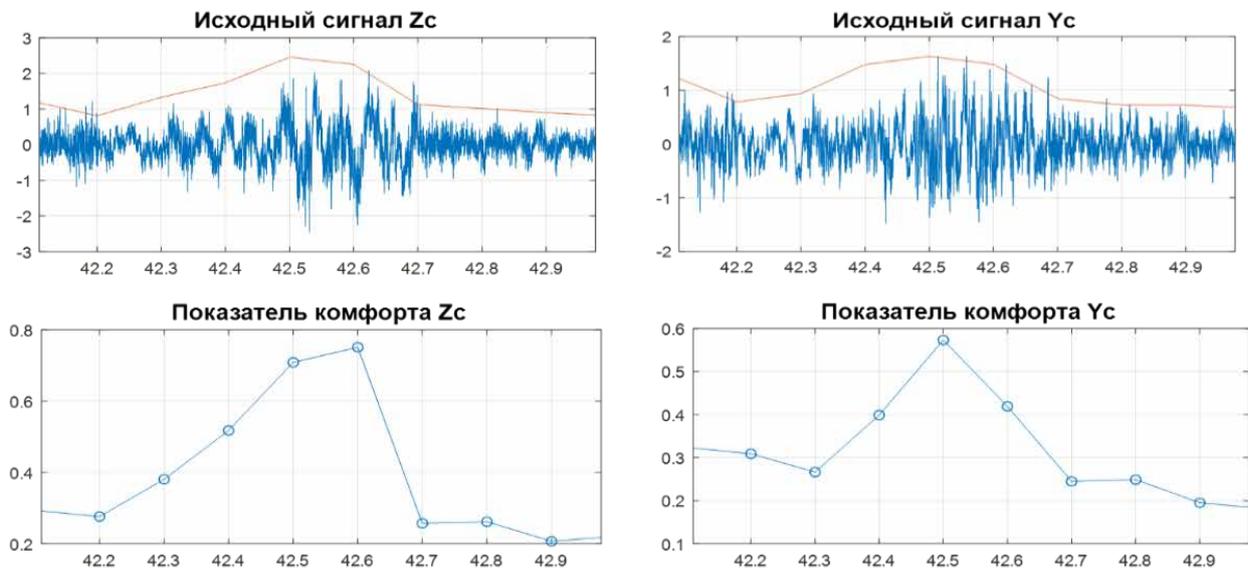


Рис. 1. Показатели виброускорений и комфорта в кузове

Конструктивные недостатки, изменяющие равновесностные параметры железнодорожного пути (точка 42.4 – подход к стрелочному переводу, точка 42.5 – стрелочный перевод, точка 42.6 – подход к уравнильному прибору, изолирующий стык), нарушают показатели комфорта и вызывают повышенный уровень вибраций.

Система DTscan позволяет оценивать нарушения параметров пути, не входящих в число контролируемых мобильными средствами диагностики, но приобретающих особую актуальность для скоростного и высокоскоростного сообщения. Длинные неровности, выявленные по записи виброускорений на буксе в вертикальной плоскости, представлены на рис. 2.

На одной из рельсовых нитей (исходный сигнал Zab 1l) имеются волнообразные возмущения (выделено красным) между точками 68.6 – 68.8, волна длиной около 100 м; между точками 69 – 69.2 длина волна примерно 150 м. Прохождение поезда по второму рельсу (исходный сигнал Zab 2r) колебаний не вызывает.

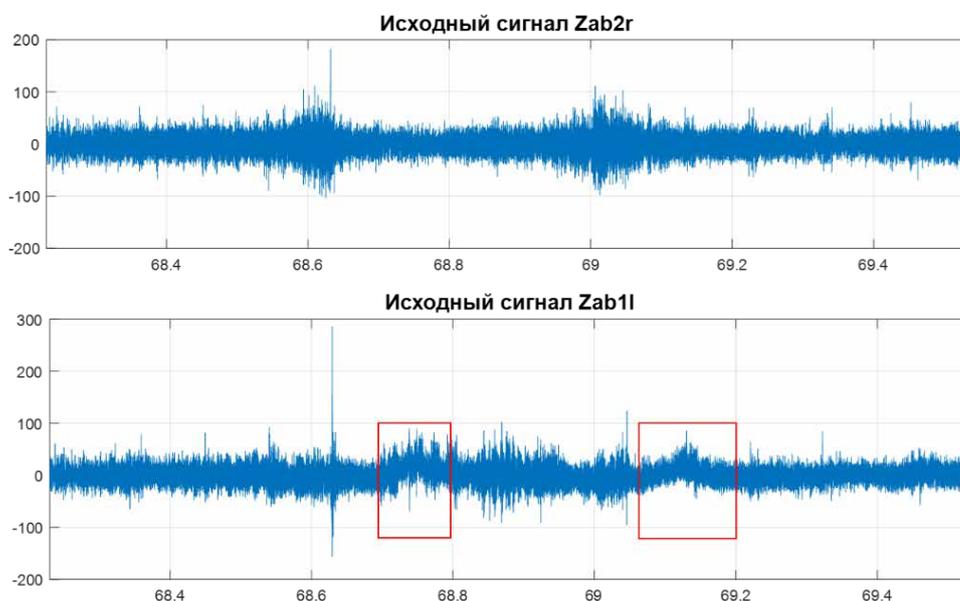


Рис. 2. Параметры виброускорений по вертикали на буксе

Система DTscan может стать перспективным штатным диагностическим средством взаимодействия пути и подвижного состава и дополнить существующую систему оценки состояния пути.

Перспективная путевая техника должна содержать цифровые технологии, которые должны объединяться с применением следующих систем: диагностики основных подсистем машины, в том числе электрику, гидравлику, пневматику, топливную; высокоточного позиционирования для эксплуатации, обеспечения планово-предупредительных выправочных работ и выправки на стадиях ремонта и реконструкции пути; унифицированного измерения состояния инфраструктуры; управления и контроля качества проводимых работ.

Специалисты ООО «Синара Алгоритм» разработали и установили на некоторых образцах путевой техники микропроцессорную систему управления и диагностики (МПСУиД), которая уже эксплуатируется на тяговом подвижном составе (группа «Синара»). Система способна выполнять контроль не только основных рабочих подсистем машины, включая электрическую, гидравлическую, тормозную, тяговую схемы, но и отдельно снимать выборочные показания с интересующих блоков, узлов и т.д., в т.ч. рабочих органов машин (рис. 3).



Рис. 3. Пример интерфейса приборной панели МПСУиД

В рамках разработки отечественного рельсошлифовального поезда нового поколения систему планируется установить и на РШП 2.0.

Одна из перспективных разработок в этой области – контрольно-измерительная система для рельсошлифовального поезда DTgrinding, которая предназначена для проведения первичной съемки параметров неровностей поверхности катания железнодорожных рельсов (измерений поперечного и продольного профилей рельсов), их предобработки и последующей передачи в систему адаптивного управления шлифованием (подготовка задания для шлифования рельсов, контроль выполнения), визуализации результатов измерений на мониторе оператора и хранения результатов измерений.

Особенность контрольно-измерительной системы заключается в получении полного профиля каждого рельса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Долгосрочная программа развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 г.
2. Паспорт Стратегии цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации // Мир дорог. – 2021. – № 139. – С. 74–76.
3. РЖД опровергли сообщения о ненормативном состоянии путей. URL: <https://1prime.ru> (дата обращения: 15.11.2023).
4. В ОАО РЖД разработали программу повышения эффективности и оптимизации расходов до 2025 года. URL: <https://npktrans.ru> (дата обращения: 16.11.2023).
5. Устинова, Л. Н. Особенности развития промышленности в условиях цифровизации. – Санкт-Петербург : Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2018. – С. 176–197.
6. Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой (ЕК АСУИ). Концепция : распоряжение ОАО «РЖД».
7. Шапетько, К. В. Комфорт проезда пассажиров как показатель взаимодействия пути и подвижного состава / К. В. Шапетько, В. В. Третьяков, И. Н. Максимов // Известия Транссиба. – 2022. – № 4(52). – С. 115–123.

УДК 625.113:625.033.36

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ БИКАДИОИДНЫХ КРИВЫХ

А. В. Чонка, аспирант кафедры «Путь и железнодорожное строительство»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Высокоскоростные магистрали – приоритет в развитии железных дорог (Стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 года. № 877-р., 2008). Опыт содержания и эксплуатации железных дорог указывает на необходимость повышения плавности движения с целью снижения энергетических и экономических затрат [1–3]. Высокие скорости движения обостряют необходимость в пересмотре геометрии трассы железнодорожного пути с целью снижения силового воздействия на путь и состав, однако вопрос недостатка плавности геометрии, связанного с линейным характером кривизны клотоид, остается нерешенным.

Имеющиеся на данный момент исследования на железных дорогах указывают на преимущества применения биклотоидных кривых. На автодорогах при рассмотрении вопроса плавности движения создан новый вид переходной кривой – кадиоида [4, 5]. При сравнительном анализе проявляется превосходство кадиоиды над клотоидой, а также ее потенциальная применимость в геометрии железнодорожного пути [6].

В настоящей работе бикадиоидная кривая получена путем соединения «встык». Аналитический вывод уравнений геометрических характеристик кадиоиды типа II оказался достаточно трудоемкой и объемной задачей; расчет характеристик кривых производился численными методами.

Бикадиоидная кривая выстроена из двух кадиоид типа I, описываемых параметрической системой уравнений [4, 5]:

$$\begin{cases} x(\tau) = R_{\text{кк}} \alpha \int_0^\tau \cos\left(\alpha \cdot \left(\tau^3 - \frac{1}{2}\tau^4\right)\right) d\tau \\ y(\tau) = R_{\text{кк}} \alpha \int_0^\tau \sin\left(\alpha \cdot \left(\tau^3 - \frac{1}{2}\tau^4\right)\right) d\tau \end{cases},$$

где  $R_{\text{кк}}$  – радиус круговой кривой (КК);  $\tau = \frac{s}{L_{\text{пк}}} \in [0; 1]$  – доля прохождения ПК;  $\alpha = \frac{L_{\text{пк}}}{R_{\text{кк}}}$  – угол поворота ПК;  $s$  – пройденный путь вдоль ПК;  $L_{\text{пк}}$  – длина ПК.

Кдиоида типа II, которую можно использовать в качестве самостоятельной кривой [4, 5]:

$$\begin{cases} x(\tau) = \frac{15}{8} R_{\text{кк}} \alpha \int_0^\tau \cos(\alpha \cdot \tau^3 (10 - 15\tau + 6\tau^2)) d\tau, \\ y(\tau) = \frac{15}{8} R_{\text{кк}} \alpha \int_0^\tau \sin(\alpha \cdot \tau^3 (10 - 15\tau + 6\tau^2)) d\tau. \end{cases}$$

При том  $\frac{15}{8} R_{\text{кк}} \alpha = L$  – длина всей кривой.

Формула кривизны параметрической функции:

$$K(\tau) = \frac{\frac{dx(\tau)}{d\tau} \cdot \frac{d^2y(\tau)}{d\tau^2} - \frac{d^2x(\tau)}{d\tau^2} \cdot \frac{dy(\tau)}{d\tau}}{\left(\left(\frac{dx(\tau)}{d\tau}\right)^2 + \left(\frac{dy(\tau)}{d\tau}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}.$$

Функция непогашенного ускорения [7–9] от доли пути:

$$a_{\text{нп}}(\tau) = \frac{v^2}{R(\tau)} - g \cdot \frac{h(\tau)}{S} = v^2 \cdot K(\tau) - g \cdot \frac{h(\tau)}{S},$$

где  $h(\tau)$  – функция возвышения наружного рельса;  $g$  – ускорение свободного падения;  $v = \text{const}$  – скорость движения;  $S$  – расстояние между осями рельсов.

Функция изменения непогашенного ускорения (рывка):

$$j_{\text{нп}}(\tau) = \frac{v}{L_{\text{пк}}} \cdot \frac{da_{\text{нп}}(\tau)}{d\tau}.$$

Применение прямолинейного отвода возвышения с переходными кривыми, имеющими нелинейную кривизну, нерационально, так как приводит пере- и недовозвышению на отдельных участках пути (рис.1).

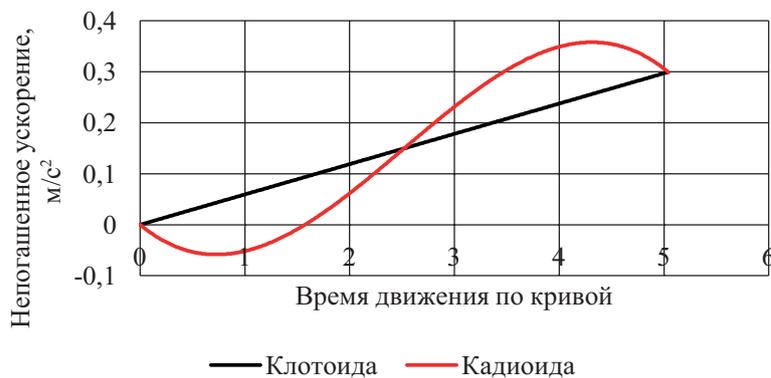


Рис. 1. Графики непогашенного ускорения для кадиоидной и клотоидной кривых при прямолинейном отводе возвышения

Примем привязку характера отвода возвышения к изменению непогашенного ускорения в качестве рационального решения. В свою очередь, непогашенное ускорение пропорционально кривизне кривой, отсюда следует:

$$h(\tau) \propto a_{\text{нп}}(\tau) \propto K(\tau) \Rightarrow h(\tau) = h_{\text{кк}} \cdot \frac{K(\tau)}{K_{\text{кк}}},$$

где  $h_{\text{кк}}$  – возвышение наружного рельса в КК;  $K_{\text{кк}} = \frac{1}{R_{\text{кк}}}$  – кривизна КК.

Формула скорости подъема колеса по возвышению наружного рельса:

$$h'(\tau) = \frac{v}{L_{\text{пк}}} \cdot \frac{dh(\tau)}{d\tau}.$$

#### Состав расчета

1. Платформа: программная среда Octave (MatLAB).
2. Алгоритм расчета, основанный на обобщенных уравнениях (2)–(7).
3. Входные данные – массив уникальных комбинаций параметров (более 14 000 вариантов): скорость движения – 50, 100 ... 400 км/ч; радиус круговой кривой – 300, 500 ... 10000 м; угол поворота переходной кривой – 5, 10 ... 45°; длина разбивки – 12,5, 25, 50, 100 м.
4. Выходные данные отсеивались [10], в том числе для ВСМ [11].

5. Образец для подтверждения корректной работы программы – клотоида, описываемая интегралами Эйлера, адаптированными для данного расчета:

$$\begin{cases} x(\tau) = \frac{1}{a} \cdot \int_0^s \cos(s^2) ds, \\ y(\tau) = \frac{1}{a} \cdot \int_0^s \sin(s^2) ds, \\ a = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot R_{\text{кк}} \cdot L_{\text{пк}}}}, \\ s = L_{\text{пк}} \cdot a \cdot \tau \end{cases}$$

где  $a$  – фактор нормализации.

Условие для упрощенной разбивки кривых:

$$\sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \approx \Delta l,$$

где  $x_i, y_i$  – координаты предшествующей точки;  $x_j, y_j$  – координаты последующей точки;  $\Delta l$  – длина отрезков разбивки.

Графики отображают некоторые результаты для кадиоид типа II, бикадиоид (тип I) и биклотоид с одинаковыми параметрами. Графики снабжены аннотациями с характеристиками рассмотренных кривых: радиус, длина, длина разбивки, возвышение наружного рельса, угол поворота кривой, расчетная скорость движения и погрешность разбивки соответственно. Величина погрешности определяется долей предельного отклонения непогашенного ускорения от максимального его значения.

Результаты расчета (рис. 2, 3) указывают на необходимость соблюдения низкого отношения длины разбивки кривой к ее общей длине с целью сохранения геометрических особенностей кривых. График, приведенный на рис. 4, показывает разброс погрешностей выходного массива данных, из которого видно, что поддержание соотношения ниже 0,2 позволяет получить погрешность разбивки до 12 %.

Результаты расчетов позволили увидеть разницу между кадиоидами типов I и II, а также сравнить их с биклотоидной кривой. Оба типа кадиоид могут применяться на железных дорогах. В отношении плавности геометрии кадиоиды имеют неоспоримое преимущество [12].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 года. N 877-р. – Минтранс РФ, 2008.
2. СП 119.13330.2017. Железные дороги колеи 1520 мм. – М. : Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2017.
3. Специальные технические условия. Проектирование участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч, № 14574-ЛС/03. – Минстрой РФ, 2017.
4. Аккерман, Г. Л., Аккерман, С. Г. (2014). Энергетика криволинейных участков железнодорожного пути // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 2 (22). – С. 47–52.
5. Аккерман, Г. Л., Кравченко, О. А. Сравнительный анализ переходных кривых с прямым и S-образным отводом возвышения // Вестник СГУПС. – 2010. – № 22. – С. 82–86.
6. Железнодорожный путь : учебник. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013.

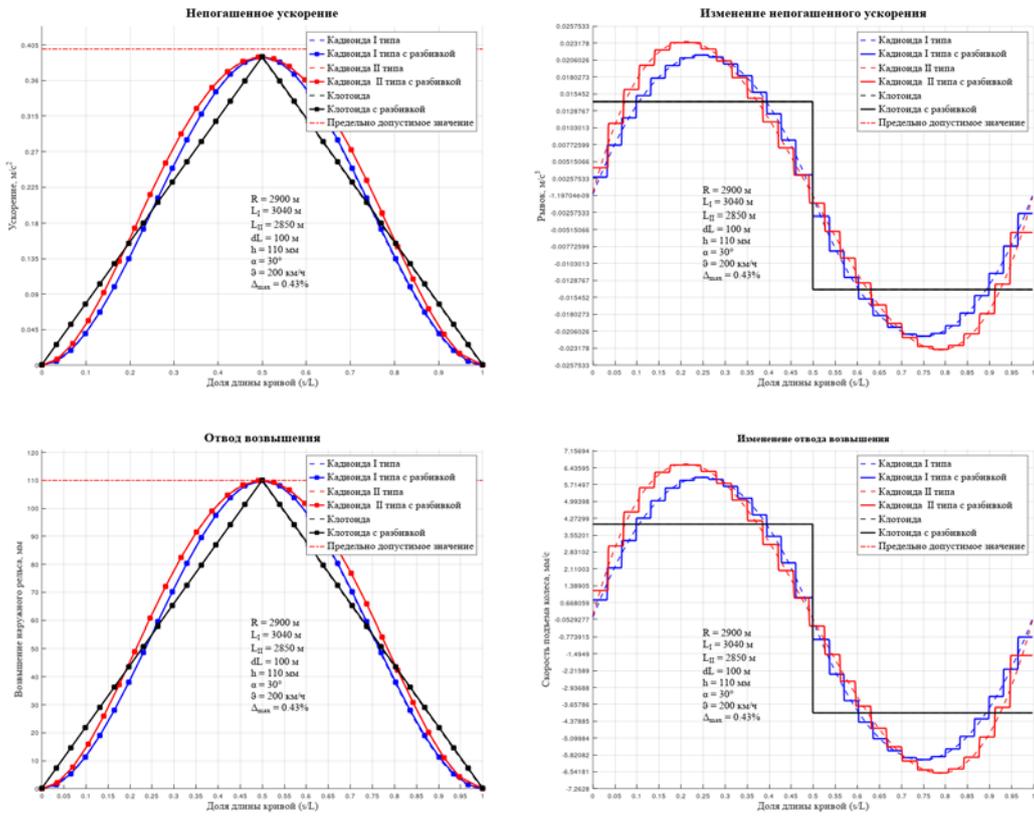


Рис. 2. Пример приемлемого результата расчета

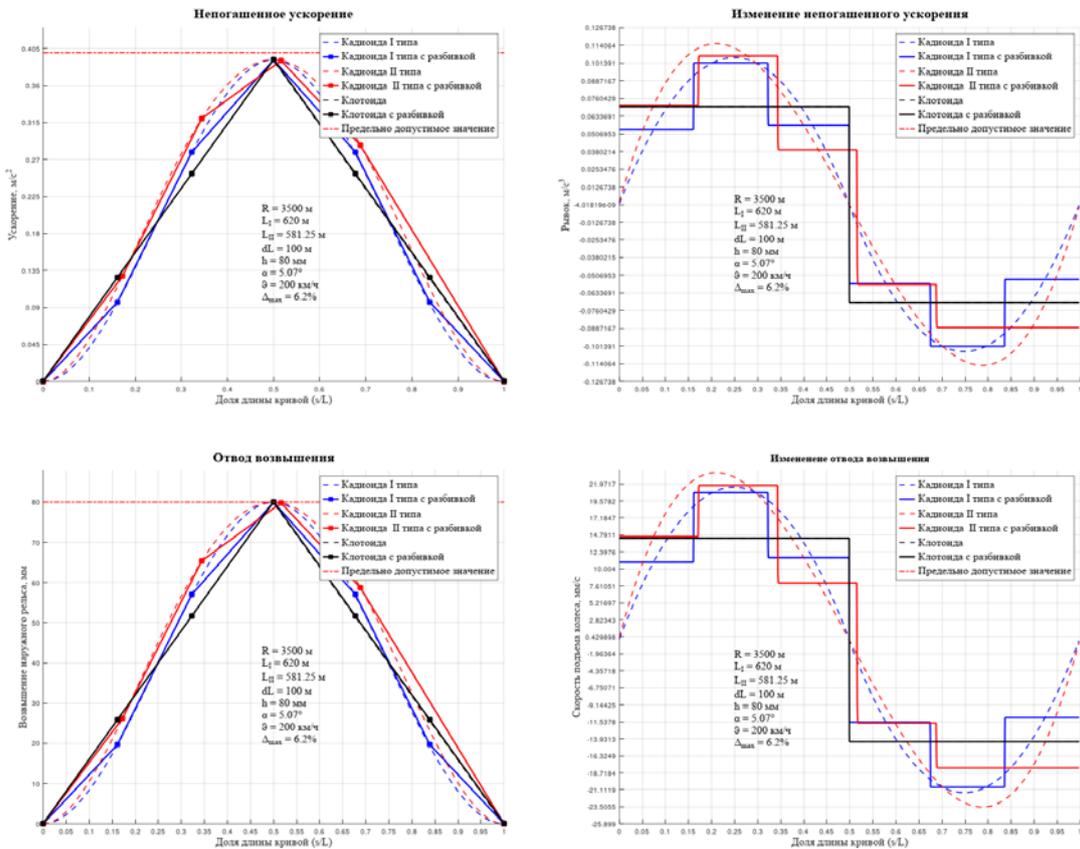


Рис. 3. Пример неприемлемого результата расчета

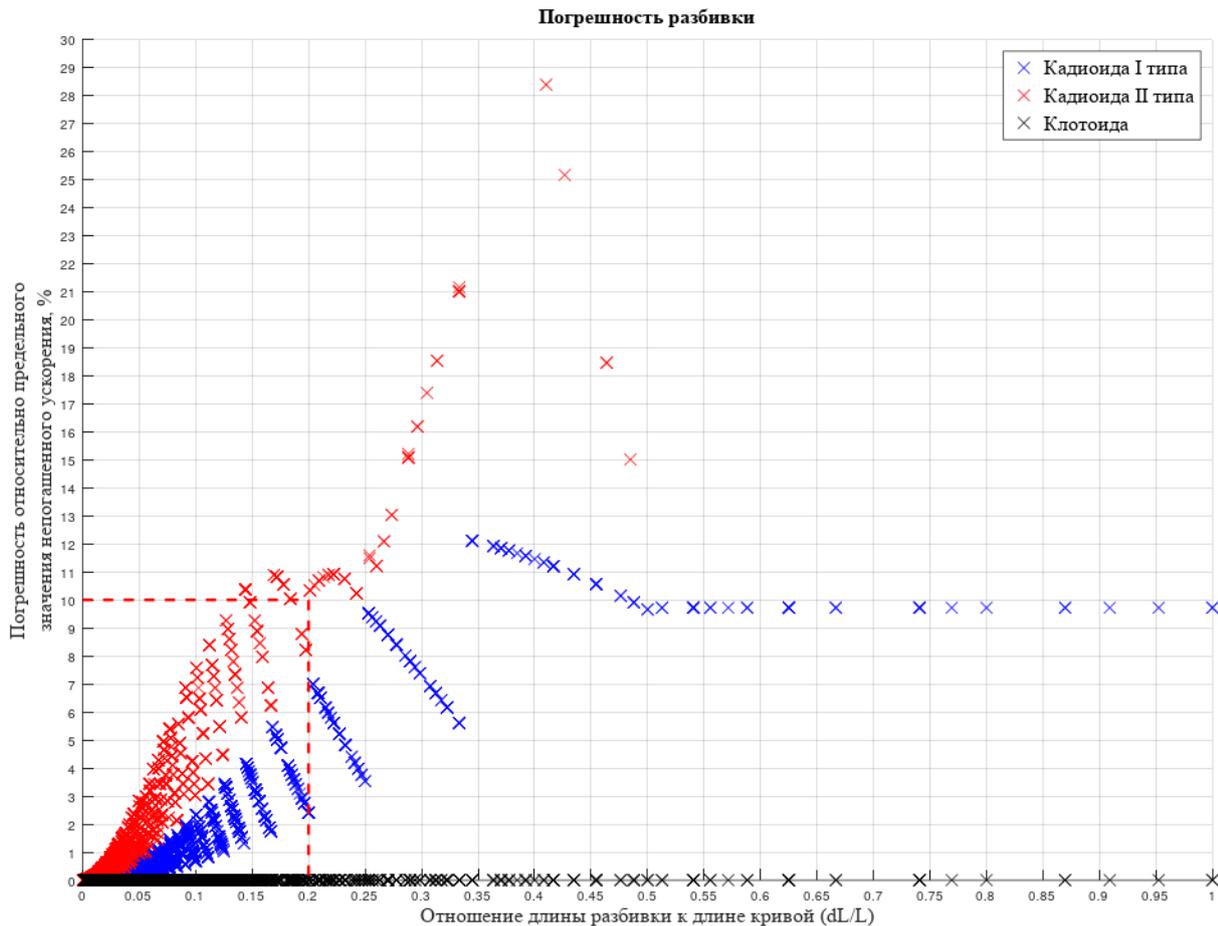


Рис. 4. График разброса погрешностей массива результатов

7. Белятынский, А. А., Таранов, А. М. Проектирование кривых при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. – Киев : Выща школа, 1988.
8. Белятынский, А. А., Чешуйко, В. Н. Проектирование переходных кривых при реконструкции автомобильных дорог // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. 2007. – № 2 (25). – С. 34–36.
9. Величко, Г. В., Филиппов, В. В. (б.д.). Сравнительные свойства переходных кривых. URL: <http://www.credo-dialogue.com/getattachment/28ba3ec2-3d4d-4087-b8d8-a24a7de6296a>
10. Виноградов, В. В., Никонов, А. М., Яковлева, Т. Г., и др. Расчеты и проектирование железнодорожного пути : учебное пособие для студентов вузов ж.-д. трансп. – М. : Маршрут, 2003.
11. Кантор, И. И., Копыленко, В. А., Козлов, В. Ю., Элькина, Л. В. Проектирование высокоскоростных специализированных железнодорожных магистралей : пособие по курсовому и дипломному проектированию. – М. : МИИТ, 1996.
12. Прокопьева, О. А., Журавская, М. А. К вопросу создания энергосберегающих элементов транспортно-логистической инфраструктуры на примере биклотоидного проектирования // Инновационный транспорт. – 2017. – № 1. – С. 3–7.

УДК 625.122

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Д. О. Туманов, аспирант кафедры «Путь и путевое хозяйство»

Д. А. Ковенькин, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Путь и путевое хозяйство»  
Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск

Сложные условия работы грунтов основной площадки провоцируют распространение дефектов и деформаций этого элемента на сети железных дорог, что требует повышенных затрат на содержание пути.

Для основной площадки характерны балластные углубления, связанные с недостаточной прочностью слагающих ее грунтов, что вызывает проникновение мелких частиц грунта в балласт и его интенсивное загрязнение, а также деформации морозного пучения при промерзании и весенние просадки при оттаивании [1–8].

Предотвратить деформации морозного пучения можно покрытиями из пенополистирола. В теории это действительно так, однако, как показывает практика, есть ряд недостатков в технологии укладки пенополистирольных плит. Это все приводит к низкой эффективности в этих материалах.

Учеными Забайкальского института железнодорожного транспорта Иркутского государственного университета путей сообщения разработаны композиционные материалы на основе крупнотоннажных отходов горно-перерабатывающего комплекса и теплоэлектростанций с улучшенными функциональными свойствами, что позволяет использовать этот материал для повышения устойчивости и несущей способности земляного полотна [9–15] (рис. 1).

Для проверки теплоизоляционных свойств материала выполнены теплотехнические расчеты с применением программного комплекса Frost 3D Universal (ООО «Симмэйкерс»).

Рассмотрена модель теплового режима железнодорожной насыпи с теплоизоляцией под балластной призмой (рис. 2). Толщина теплоизоляции равна 0,3 м, ширина плиты (размер поперек оси земляного полотна) – 5 м.



Рис. 1. Образцы полученных композиционных материалов

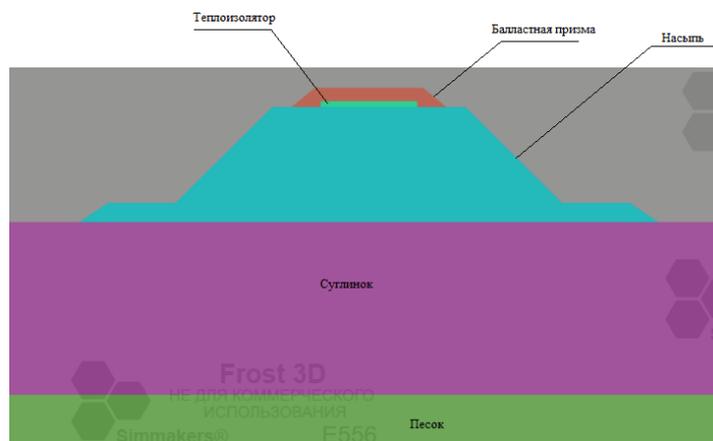


Рис. 2. Схема поперечного сечения насыпи

Теплотехнический расчет проводился с прогнозом эффективности действия разработанных проектных мероприятий сроком на пять лет (рис. 3).

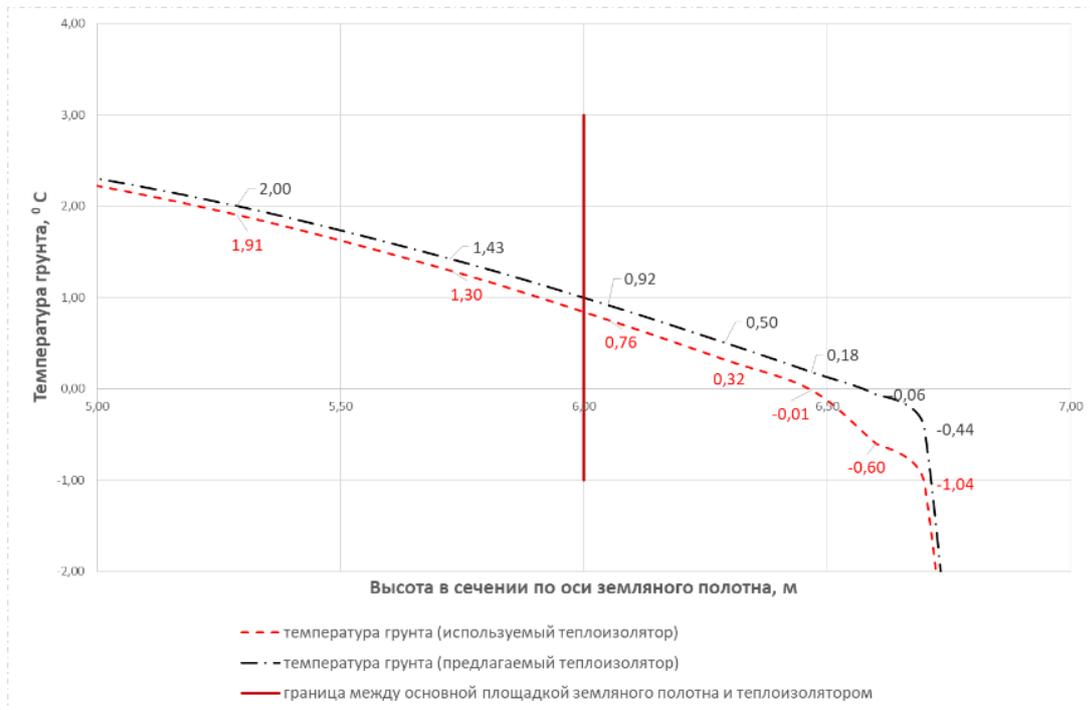


Рис. 3. Температура грунта на границе основной площадки земляного полотна и теплоизолятора с прогнозом на 15.12.2027

Расчеты показали, что применение предлагаемых композитов может быть целесообразно при необходимости полного выведения зоны промерзания-оттаивания из пучинистых грунтов, предлагаемый материал позволяет исключить ряд недостатков существующих теплоизоляционных материалов.

Рассмотрим возможность укладки композитного материала на основе золошлаковых отходов совместно с работой щебнеочистительной машины.

Укладка разделительного слоя из материала на основе золошлаковых отходов при очистке загрязненного щебня без снятия рельсошпальной решетки будет относиться к капитальным работам по ремонту пути, выполняться в составе комплексного технологического процесса реконструкции (модернизации), капитального и среднего ремонта пути.



Рис. 4. Работа щебнеочистительной машины

Работы будут выполняться по технологии, близкой к укладке плит пенополистирола; во время ремонта пути при работе машины ЩОМ между нерабочей поверхностью баровой цепи и очищенным балластом, возвращенным в путь, образуется рабочее пространство для укладки плит на основе золошлаковых отходов (рис.4).

На бесстыковом пути работа выполняется при температуре рельсовой плети, не превышающей температуру их последнего закрепления на величину, установленную инструкцией по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути. Применяется щебнеочистительный комплекс ЩОМ-1200, объем работы – 60 м пути.

По фронту работ плиты развозятся автотранспортом или на железнодорожной платформе. Все

операции по перемещению грузов должны выполняться только по команде руководителя работ или монтера пути, выполняющего обязанности стропальщика, а при работе двух и более стропальщиков – одного из них, назначенного старшим.

По мере продвижения щебнеочистительной машины по фронту работ монтеры пути раскладывают плиты на основную площадку земляного полотна.

Затраты труда рассчитаны с коэффициентом технологического добавочного времени, равным 1,45 (подготовительные) и 1,25 (основные) (таблица).

Вид работ	Измеритель	Объем работ	Норма оперативного времени, мин		Затраты труда, мин		Кол-во исполнителей, чел.	Продолжительность, мин
			рабочих	машин	на объем работ	на объем работ с учетом к-та добавочным		
Выгрузка плит на основе золошлаковых отходов	Упаковка	10	1,16	1	11,6	16,8	4	4,2
Распечатка упаковок	Упаковка	10	0,55		5,5	8,0	2	4,0
Раскладка плит на основе золошлаковых отходов	Упаковка	10	2,66		26,6	38,6	4	9,6
Очистка щебня машиной ЩОМ-1200 с одновременной укладкой плит на основе золошлаковых отходов	м	60	14,024	0,319	841,44	1051,8	11	95,6
Всего					885	1115		113

Для сравнения приведены технико-экономическими показатели при укладке плит пенополистирола согласно ТК-ПМС-181-163-2020.

Продолжительность выполнения работ – 32 мин, затраты труда – 292 чел.-мин, в т.ч. монтеров пути – 292 чел.-мин.

Норма оперативного времени для плит на основе золошлаковых отходов:

выгрузка плит на основе золошлаковых отходов = норма выгрузки плит пенополистирола × 2;  
 норма раскладки плит на основе золошлаковых отходов = норма раскладки плит пенополистирола × 4;

укладка плит на основе золошлаковых отходов = укладка плит пенополистирола × 4.

Несмотря на улучшенные функциональные свойства материала, у него большой недостаток: это вес самого материала, что существенно увеличивает технико-экономические показатели по его укладке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьев В. Г. Активные способы укрепления основания земляного полотна на вечномерзлых грунтах. – Чита : Заб-транс, 2001. – 100 с.
2. Кондратьев В. Г. Стабилизация земляного полотна на вечномерзлых грунтах. – Чита : Полиграф-Ресурс, 2011. – 176 с.
3. Ковенькин Д. А., Валиев Н. А. Защита от деградации многолетнемерзлых грунтов на снеготранспортируемых участках // Путь и путевое хозяйство. – 2021. – № 11. – С. 23–26.
4. Принятие решений при выборе конструкций и параметров сезонных охлаждающих устройств / В. А. Подвербный, А. А. Перельгина, Л. Ю. Гагарин [и др.] // Образование – наука – производство : м-лы Всерос. науч.-практ. конф. – Чита, 2019. – С. 147–160.

5. Кирпичников К. А., Дашинамаев З. Б., Баклаженко А. Г. Способ стабилизации земляного полотна в районах распространения вечной мерзлоты с применением инновационных материалов // Образование – наука – производство : м-лы Всерос. науч.-практ. конф. – Чита, 2018. – Т. 1. – С. 92–96.
6. Валиев Н. А., Кондратьев В. Г. Эксперименты по стабилизации земляного полотна на центральном участке Байкало-Амурской магистрали с помощью солнцесадкозащитных навесов // Инженерная геология. – 2015. – № 4. – С. 56–63.
7. Валиев Н. А., Кондратьев В. Г. Результаты опытно-экспериментальных работ по охлаждению многолетнемерзлых грунтов в основании железнодорожного пути на центральном участке БАМа / М-лы Пятой конференции геокриологов России. – М., 2016. – Т. 1. – С. 168–175.
8. Валиев Н. А. Термокомплекс, защита от деградации оснований земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : м-лы Десятой Международн. научн.-практ. конф. – Иркутск, 2019. – Т. 1. – С. 538–541.
9. Road soil concrete based on stone grinder waste and wood waste modified with environmentally safe stabilizing additive / N. Konovalova, P. Pankov, D. Bespolitov et al. // Case Studies in Construction Materials. 2023. Vol. 19. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509523004989?via%3Dihub> (accessed: 30.08.2023).
10. Structural Formation of Soil Concretes Based on Loam and Fly Ash, Modified with a Stabilizing Polymer Additive / N. Konovalova, P. Pankov, V. Petukhov et al. // Materials. 2022. Vol. 15. URL : <https://doi.org/10.3390/ma15144893> (accessed: 30.08.2023).
11. Overburden Recycling in Manufacture of Composite Materials for Road Construction at Mines / D. V. Bespolitov, N. A. Konovalova, P. P. Pankov et al. // Journal of Mining Science. 2023. Vol. 59. № 1. P. 167–175.
12. Повышение реакционной способности золошлаковых отходов с целью их утилизации в дорожном строительстве / Д. В. Бесполитов, П. П. Панков, Н. А. Коновалова, Т. А. Гороян // Молодая наука Сибири. – 2023. – № 1 (19). – С. 242–247.
13. Оценка пригодности золошлаковых отходов Забайкальского края для производства дорожно-строительных материалов / П. П. Панков, Н. Д. Шаванов, Д. В. Бесполитов и др. // Экология и промышленность России. – 2023. – Т. 27, № 5. – С. 15–21.
14. Коновалова Н. А. Научное и практическое обоснование получения экологически безопасных строительных материалов на основе крупнотоннажных отходов производства : специальность 15.15.00 : дисс. ... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук / Коновалова Наталия Анатольевна, 2022. – 373 с.
15. Панков П. П. Разработка экологически безопасных дорожно-строительных материалов на основе крупнотоннажных отходов производства : дис. ... канд. техн. наук. – Иркутск, 2021. – 166 с.

УДК 625.031

## ДИНАМИКА КОЛЕБАНИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ОТ «ГОЛОВЫ» К «ХВОСТУ»

А. Ю. Сластенин, ведущий научный сотрудник  
В. В. Третьяков, канд. техн. наук, технический эксперт  
ООО «Синара Алгоритм», Екатеринбург.

Внедрение и эксплуатация подвижного состава на скоростных и высокоскоростных участках служит одной из приоритетных тенденций, связанных с развитием как крупнейших городских агломераций, так и страны в целом [1]. В ходе проведения исследований [2] на скоростных участках Санкт-Петербург – Москва выявлены сочетания периодик малых отклонений в геометрии рельсовой колеи (ГРК), негативно воздействующие как на подвижной состав, так и на железнодорожную инфраструктуру.

Сложность в контроле и диагностике извилистого движения некоторым образом обусловлена отсутствием в современных нормах по текущему содержанию пути [3] параметров и критериев оценки по обеспечению плавности хода поезда. При эксплуатации инновационного подвижного состава наличие на участках пути сочетаний малых периодик отклонения ГРК может приводить к повышенному воздействию подвижного состава на верхнее строение пути [4–7]. В свою очередь, необходимость контроля положения двух рельсовых нитей в пространстве, в том числе из-за изменения подуклонки по длине пути требует актуализации норм под новые условия эксплуатации железнодорожного транспорта [7–11].

На основе проведенного анализа данных по фактическим нарушениям плавности хода, а также по замечаниям машинистов и данным по величинам ускорений с систем диагностики, с учетом фактически реализуемых скоростей движения, анализа постоянных и временных ограничений (скоростей движения) получены зависимости влияния конструктивных особенностей подвижного состава, в том числе профилей колес [10, 12] и влияния путевой инфраструктуры на основе конструктивных особенностей пути в плане и профиле типа верхнего строения пути и пропущенного тоннажа [2, 4–9, 11].

Для исследования извилистого движения и изменения боковых сил на прямых участках скоростного движения применяется методика математического маятника, учитывающая сочетания малых отклонений в ГРК, где увеличение плеча силы тяжести реализуется посредством разности подуклонок и длины подвеса в момент времени  $t$  [8, 11].

Неровности пути, дающие отклонение вектора силы тяги даже на небольшой угол, приводят к несимметричному относительно продольной оси пути движению [13]. Смещение в горизонтальной плоскости происходит из-за конической формы бандажей колес, зазора в колее между рельсом и гребнем колесной пары. Изменение кругов катания левого и правого колес, имеющих жесткую связь посредством оси, приводит к проскальзыванию на полную разницу кругов катания или к смещению траектории движения поезда. Поэтому поезд не находится в устойчивом равновесном движении, а центр тяжести вагона движется в горизонтальной плоскости по волнообразной линии. Повышение жесткости между вагонами (система жесткой сцепки) повышает стабильность движения, удерживая вагоны от боковых колебаний, при этом волнообразное движение становится более явным на хвостовых вагонах [14].

В ходе анализа данных по ускорениям, полученным на буксовом узле поезда «Сапсан» линии Санкт-Петербург – Москва, выявлены закономерности, показывающие более высокие значения ускорений в хвостовом вагоне (рис. 1).

Из рис. 1 ясно, что плавность хода хвостового вагона по сравнению с головным снижается в 1,34 раза. Это наблюдается на всем протяжении участка пути Москва – Санкт-Петербург.

На практике это проявляется в большом разбросе величины подуклонки рельсов из-за больших допусков по износу подрельсовых подкладок, отклонениях на поверхности опоры рельса на

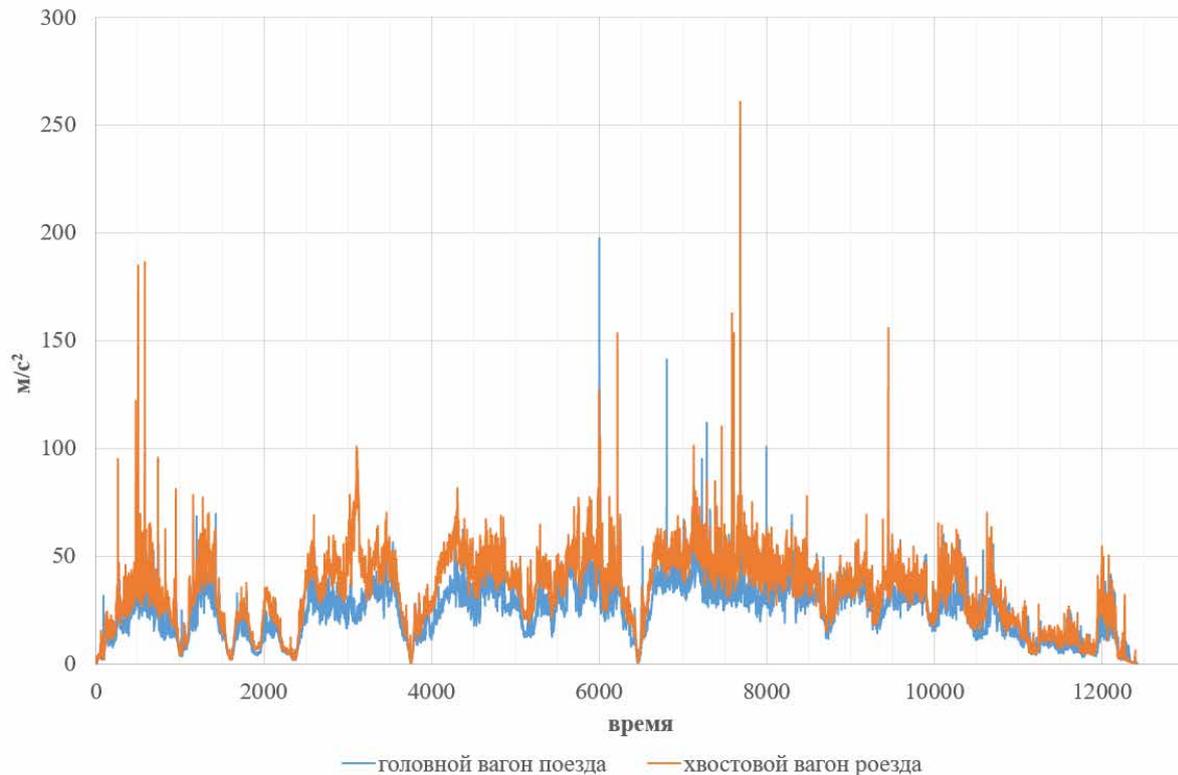


Рис. 1. График средних квадратичных отклонений с периодом 5 с поезда «Сапсан» при движении по второму пути линии Санкт-Петербург – Москва

шпале в сочетании с местами переходов различных типов креплений и местами простых и сварных стыков [4, 5, 7, 9, 14].

Упругие отжатия головки рельсов могут достигать 4–8 мм и более, что сопоставимо с изменением ГРК под действием сил тяжести и момента силы в горизонтальной плоскости [14]. Так как положение рельсовых нитей в пространстве имеет слабую связь, то отжатие рельсов происходит неравномерно, а смещение центра тяжести вагона происходит на левую или правую сторону.

Физически процесс виляния можно описать в виде случайных вынужденных колебаний под действием силы инерции движущегося по рельсам поезда. Предположим, что посредством автосцепки вагоны имеют жесткую связку, следовательно, два соседних вагона образуют упругую замкнутую связь (рис. 2) [15].

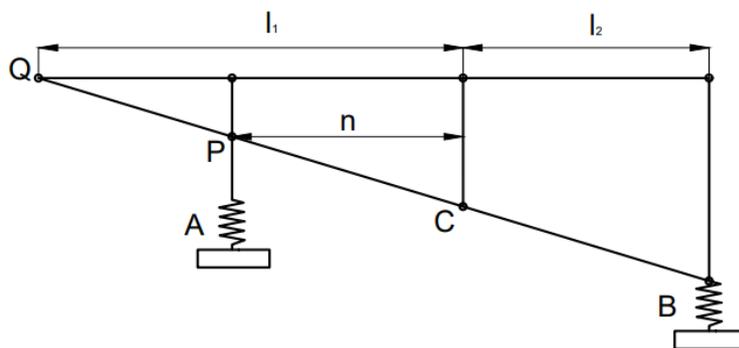


Рис. 2. Схема колебаний двух жестко связанных вагонов со смещением центра тяжести  $Q$  – вершина точки подвеса;  $l_1, l_2$  – расстояния между центрами тяжести вагонов  $A, B$ ;  $P, C$  – смещение общего центра тяжести при отклонении от оси пути, упругие (жесткостные) свойства вагонов;  $n$  – длина смещения общего центра тяжести

По схеме рис. 2 можно выделить два центра масс с моментом сил, полученным в результате отклонения от оси пути. Из этого следует, что малые отклонения ГРК будут вызывать одновременное колебание двух масс. При движении на высоких скоростях первый вагон приобретет боковое ускорение в виде момента сил в результате смещения центра тяжести в результате изменения подуклонки рельсов [8, 9]. Когда последующий вагон проезжает то же место, возникает смещение центра тяжести второго вагона. Полученные колебания  $T_1$  и  $T_2$  от двух центров тяжести складываются со смещением в зависимости от величины времени  $t$  между двумя колебаниями [14]. При  $T_1$  и  $T_2$ , равных периодам колебания двух связанных систем и интервалу  $t$ , кратному этим величинам, возникают резонирующие силы двух колеблющихся систем (рис. 3).

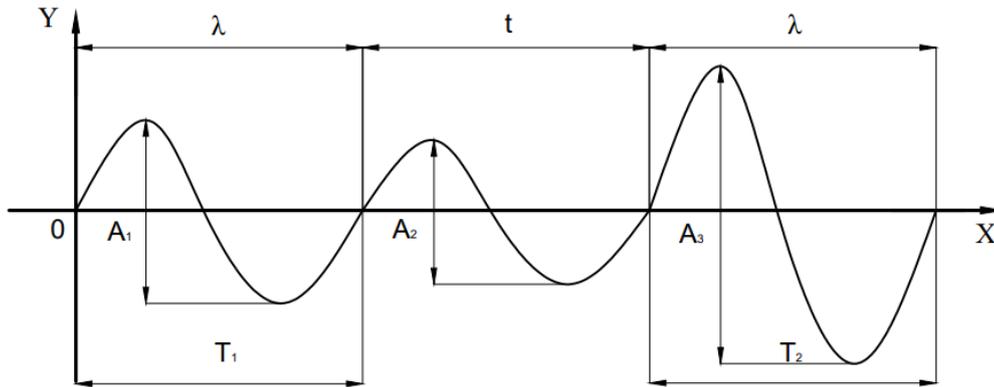


Рис. 3. График сложение амплитуд колебаний двух вагонов  
 период колебания  $T \approx t$  – время между первым и вторым вагоном;  $\lambda$  – длина волны  $\approx 1$  база вагона по осям тележки;  $A_1$  – амплитуда колебаний первого вагона;  $A_2$  – амплитуда колебаний первого вагона с затуханием;  $A_3$  – сложение амплитуд неровностей с амплитудами колебания вагона

Период колебания определяется по модели математического маятника с изменяемой длиной подвеса за счет изменения подуклонки рельсов [8]. В случае рассмотрения многомассовой жестко связанной системы, состоящей из нескольких вагонов, вероятность сложения кратных периодов колебаний увеличивается. Следовательно, в зависимости от амплитуд и периодичности колебаний в горизонтальной плоскости на определенных скоростях произойдет складывание этих толчков, что приведет к извилистому движению. Из этого следует, что критическая скорость может формироваться с учетом периода длины волны и амплитуды горизонтальных неровностей в зависимости от длины базы вагона [8, 11].

Для этого рассчитываются динамические воздействия, способствующие перемещению неподдресоренных масс в горизонтальной плоскости. В ходе расчета примем, что поверхность рельсовой колеи равноупругая, имеющая отклонения в горизонтальной плоскости в пределах ширины колеи с длиной волны  $\lambda$ , тогда горизонтальные ускорения на уровне буксы рассчитываются по формуле (1) [15].

$$x(t) = \frac{h}{2} \frac{4\pi^2 v^2}{\lambda^2} \cos \frac{2\pi vt}{\lambda}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – длина волны боковых колебаний;  $v$  – скорость движения;  $h$  – длина кузова вагона;  $t$  – время.

Добавив силы инерции  $W$  веса на плечо силы тяжести  $h_n$ , получим увеличение динамического воздействия пропорционально квадрату скорости (2).

$$x(t) = Wh_n \frac{h}{2} \frac{4\pi^2 v^2}{\lambda^2} \cos \frac{2\pi vt}{\lambda}, \quad (2)$$

где  $W$  – вес вагона;  $h_n$  – плечо силы тяжести.

Из приведенного уравнения видно, что при росте скоростей движения квадратично возрастают боковые силы, связанные с периодикой малых отступлений в ГРК и с конструктивными особенностями пути.

Итак, извилистое движение возникает вследствие складывания амплитуд колебаний вагонов одного состава, смещая центр тяжести и приводя к появлению дополнительных боковых сил.

Изменение подуклонки рельсов по длине пути в пределах ширины колеи на прямом участке пути приводит к извилистому движению при совпадении периодов колебаний вагонов и времени кратному прохождению по ним.

Рассматривая поезд как многомассовую систему, где периоды колебаний кратны времени проезда по отклонениям ГРК, получаем резонирующий эффект на разных скоростях при различных сочетаниях амплитуд.

Недостаточно изучены степени влияния периодики малых отклонений, в том числе за счет изменения подуклонки рельсов при скоростном движении, что способствует возникновению извилистого движения и снижению плавности хода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение от 27 ноября 2021 г. №3363-р.
2. Определение факторов, влияющих на ухудшение плавности хода высокоскоростных поездов, и разработка комплекса мер по их устранению.
3. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 14.11.2016 № 2288р (в ред. от 29.01.2020 №157).
4. Певзнер В. О. и др. Влияние длинных неровностей продольного профиля на безопасность движения в условиях интенсификации перевозочного процесса // Вестник ВНИИЖТ. – 2020. – Т. 79. – №. 5. – С. 271–275.
5. Певзнер В. О., Клементьев К. В. О необходимости нормирования отводов неровностей рельсовых нитей в плане // Путь и путевое хозяйство. – 2018. – № 10. – С. 24–27.
6. Певзнер В. О. [и др.]. Оценка работы пути, находящегося под воздействием продольных сил при реализации максимальных тяговых режимов при использовании электровозов с асинхронным тяговым приводом // Вестник ВНИИЖТ. – 2020. – Т. 79, № 4. – С. 209–216.
7. Певзнер В. О., Потапов А. В., Белоцветова О. Ю. Подуклонка рельсов и ее связь с безопасностью движения и боковым износом // Путь и путевое хозяйство. – 2018. – № 2. – С. 30–33.
8. Pevzner V. Needed additions to the diagnostic system of high-speed lines / V. Pevzner, K. Shapetko, A. Slastenin // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2021. – Vol. 1258. – P. 496–505.
9. Слостенин А. Ю. Механизм расчета колебаний на длинных неровностях / А. Ю. Слостенин, Е. А. Сидорова // Инновационный транспорт. – 2022. – № 1 (43). – С. 38–42.
10. Максимов И. Н. Влияние подуклонки рельсов на работу верхнего строения пути / В. О. Певзнер, В. В. Кочергин, И. Н. Максимов, Е. А. Полунина // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 7. – С. 41–45.
11. Потапов А. В., Сычева А. В., Локтев А. А. К вопросу о влиянии подуклонки рельсов на величину непогашенного ускорения // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2021. – Т. 17. – С. 92–98.
12. Кондратов В. М., Максимов, И. Н. Моделирование динамики локомотива с учетом трибологических характеристик пары «колесо-рельс» / В. М. Кондрашов, И. Н. Максимов // Трение и износ. – 1995.
13. Цеглинский К. Железнодорожный путь в кривых. Обследование оснований устройства и условий работы пути в связи с особенностями криволинейного движения поездов. – М., 1903. – 161 с.
14. Шахунянц Г. М., Железнодорожный путь. – М. : Трансжелдориздат, 1961. – 620 с.
15. Тимошенко С. П. Теория колебаний в инженерном деле. – М. : Государственное научно-техническое издательство, 1932. – 341 с.

УДК 658.014

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ ЭЛЕМЕНТОВ В СЕТЕВЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУРАХ

С.Р. Рогожина, 5-й курс (научный руководитель – Д. Ю. Горелова, канд. техн. наук)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Существуют три основные модели, по которым формируются новые подходы к организации сетевой модели.

1) Планетарные сетевые структуры, в центре которых располагается ядро управления, подверженное организационно-распорядительному воздействию головного распорядительного центра. Взаимодействие между сегментами системы, расположенными на орбитах, и основными элементами имеет координационный характер.

2) Радиально-планетарные сети, которые позволяют организовывать взаимодействие железных дорог с экономическим окружением. Такая модель представляет собой планетарную структуру с несколькими орбитами и интегратором в центре, но разделенную на секторы однотипных субъектов окружения, которые взаимодействуют между собой.

3) Пространственные сети (сэндвич-модели), представляющие собой совокупность плоскостей, разнообразные по функционалу, но при этом объединенные различными связями [1].

Основные достоинства планетарных структур: уменьшение накладных расходов у субъектов сети, направление координационной деятельности на достижение целей, а также открытость корпоративной сети, позволяющей привлечь необходимые ресурсы, т.е. наличие безграничных резервов (рис. 1).

Однако у планетарной структуры недостатков значительно больше, чем достоинств, например, отсутствие юридической стороны материальной и социальной поддержки сегментов, узкая специализация деятельности дочерних компаний и, как следствие, высокий риск срыва контракта, ограничение ресурсов для дочерних компаний.

Радиально-планетарная структура является логическим продолжением планетарной (рис. 2). К достоинствам этой структуры организации можно отнести разделение элементов сети на сектора, что позволяет рассматривать фрагменты модели взаимодействия отдельно, т.е. сводит изучение и оценку процессов взаимодействия от большой модели к изучению выделенных фрагментов.

Главным недостатком радиально-планетарной структуры является уменьшение влияния интегратора и уровня качества организации по мере удаления от управляющего ядра. На первой орбите организационной сети качество взаимодействия предприятий находится под контролем интегратора. А по мере удаления от центра снижаются качество взаимодействия и влияние интегратора.

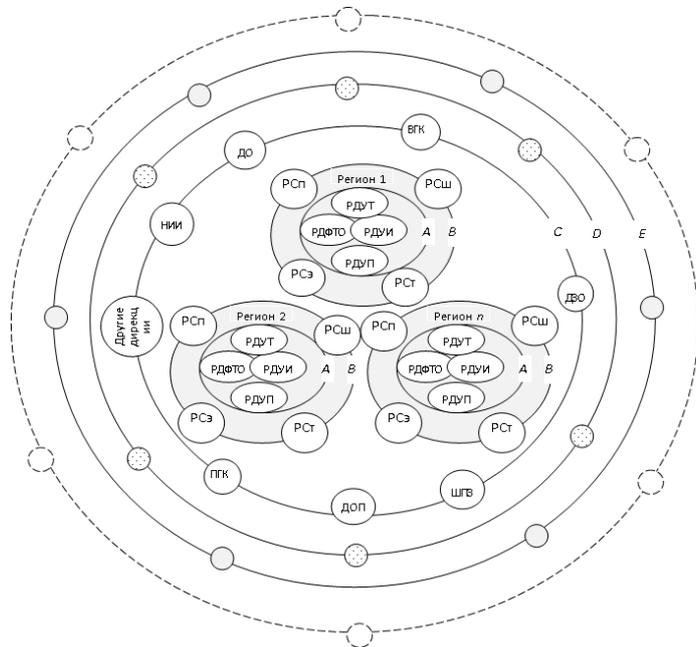


Рис. 1. Организация элементов сети согласно планетарной структуре управления [1]

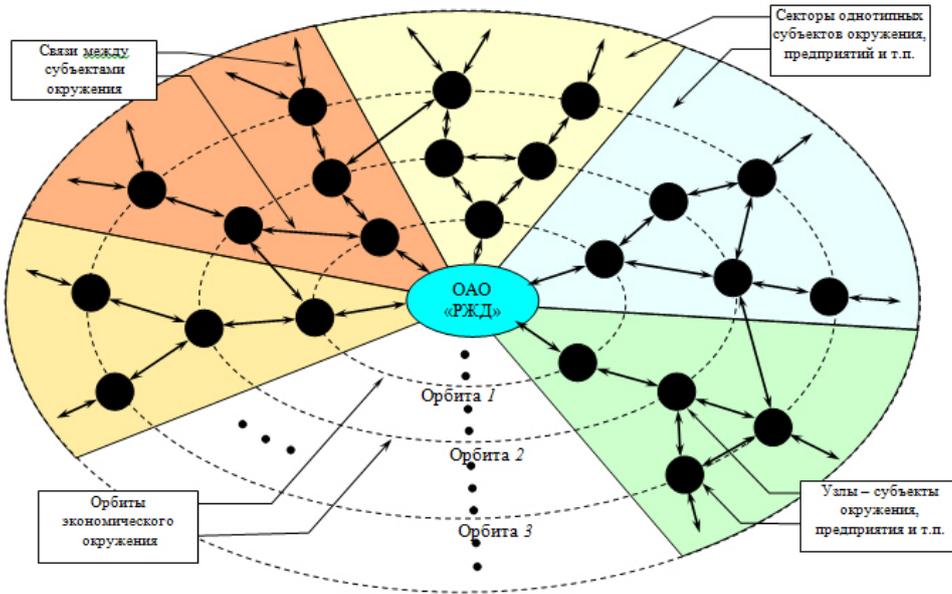


Рис. 2. Организация элементов сети согласно радиально-планетарной структуре управления [1]

Разработанная авторами пространственная сэндвич-модель отличается структурным построением элементов в аксонометрии (рис. 3). Преимущества такой модели – детализация связи между холдингом и территориальными единицами, отражающая это как совокупность плоскостей и их взаимосвязей, а также возможность дальнейшей детализации за счет «расслоения» плоскостей.

К недостаткам сэндвич-модели можно причислить затрудненность взаимодействия элементов, принадлежащих к различным плоскостям, и некоторую структурную укрупненность элементов. Другими словами, сэндвич-модель дает обобщенное схематическое представление о строении организационной сети.

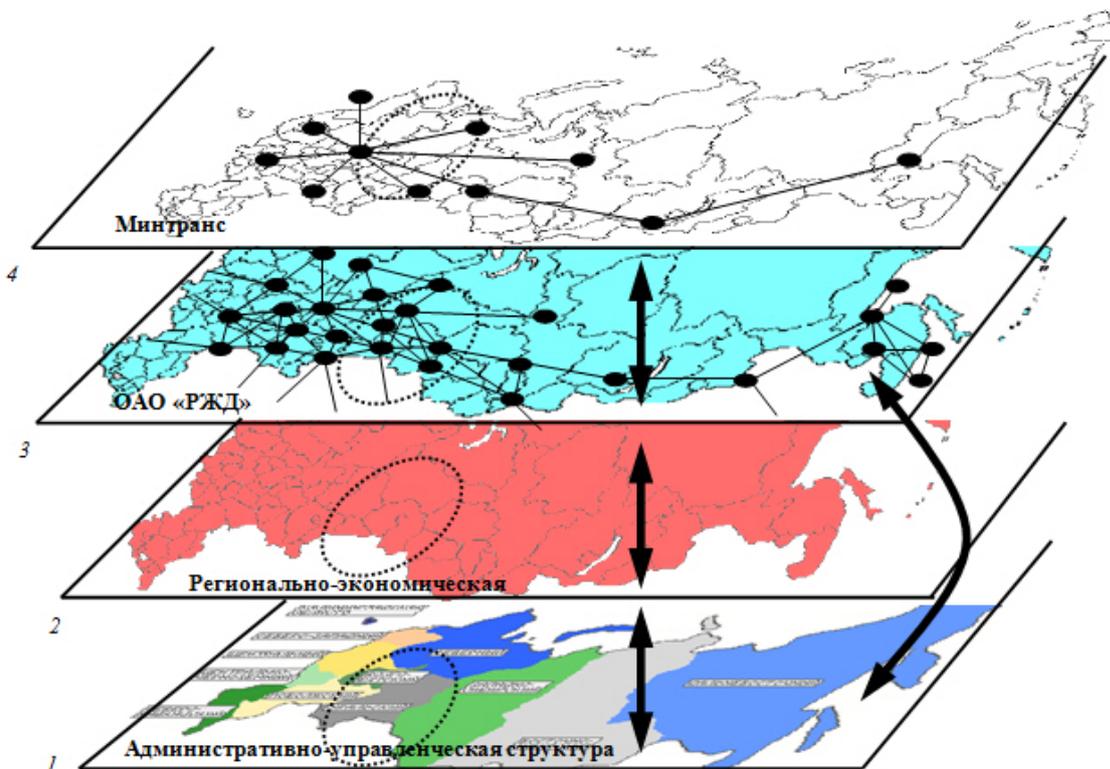


Рис. 3. Организация элементов сети согласно пространственной сети управления (сэндвич-модели) [1]

Новая модель организационной сети с разделенными интересами, которая послужила логическим продолжением теории радиально-планетарного построения организационного взаимодействия (рис. 4), предложена в [2, 3]. Ее особенность – спиралеобразная группировка субъектов вокруг интегратора, что позволяет графически отобразить разную значимость даже однотипных субъектов для интегратора.

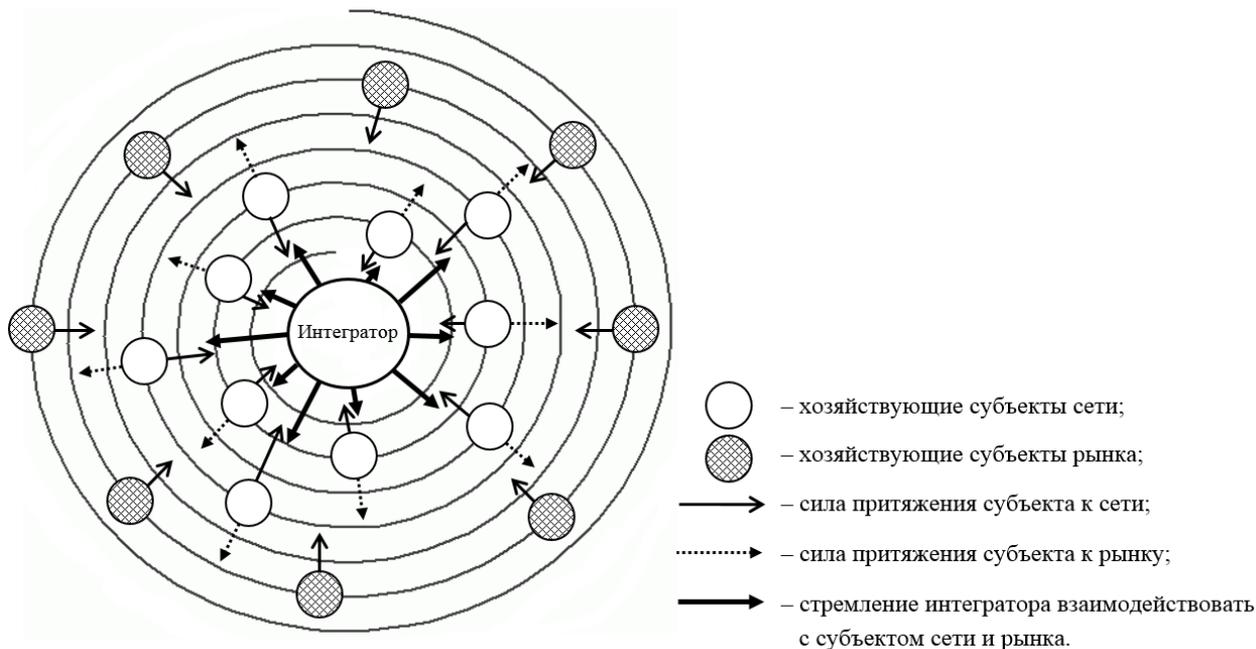


Рис. 4. Организация элементов сети с разделенными интересами [2, 3]

Рассматриваемая организационная сеть – это незамкнутая система, где возможно свободное взаимодействие всех субъектов сети и с внешней средой, и с интегратором. Управленческое воздействие интегратора имеет постоянное и неизменное влияние и направлено на укрепление сети для создания условия эффективной работы хозяйствующих субъектов.

Недостаток – ослабевающее оперативное влияние интегратора по мере удаленности от ядра организационной сети. Кроме того, организационная сеть с разделенными интересами подвержена активному влиянию внутренних напряжений. К источникам внутренних напряжений относятся управленческие решения, принимаемые интегратором, а в качестве внешнего воздействия целесообразно рассматривать свободный рынок. При взаимодействии интегратора с хозяйствующими субъектами уровень их напряжений динамично меняется. Когда уровень превысит некоторое критическое значение, произойдет разрыв цепочки взаимодействий, который влечет за собой временную остановку производственно-хозяйственной деятельности.

Пространственно-ориентированная сетевая сэндвич-модель ресурсного обеспечения при регулируемом закупочном процессе представлена в [4–6]. По сути, графоаналитическая модель является эволюционным продолжением пространственной сэндвич-модели, дополненной еще одной плоскостью. Соответственно, она обладает всеми достоинствами и недостатками классической сэндвич-модели (рис. 5).

В работах [7, 8] предложена архитектура возникновения кооперации в организационной сети (рис. 6). Она основана на организационной сети с разделенными интересами и обладает аналогичными недостатками в виде ослабевающего административного влияния интегратора по мере удаленности элементов от центра организационной сети. Однако предложенная организация позволяет расположить хозяйствующие субъекты организационной сети в пространстве и детализировать их значимость для интегратора.

Ее недостаток – последовательное нанизывание элементов на спиралеобразную ось, за счет чего невозможно выделить хозяйствующие субъекты согласно их организационно-правовым формам.

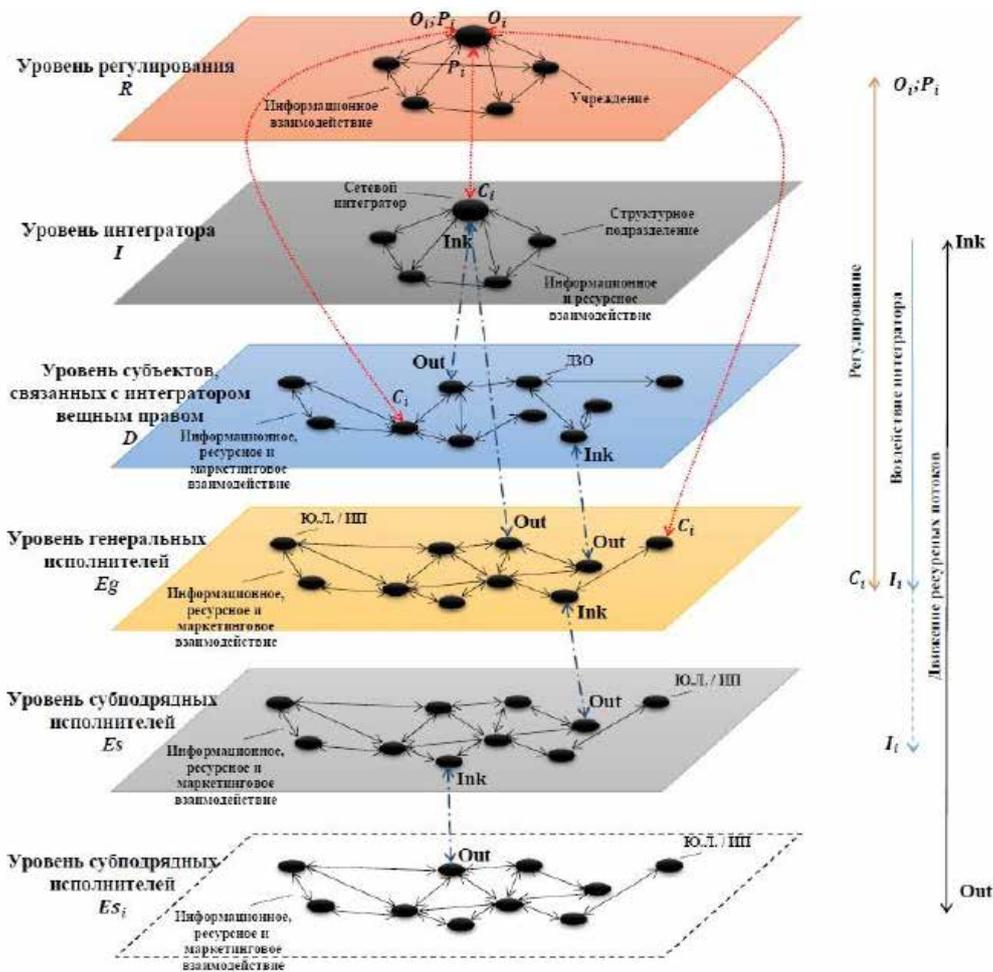


Рис. 5. Пространственно-ориентированная сетевая сэндвич-модель ресурсного обеспечения при регулируемом закупочном процессе [4–6]

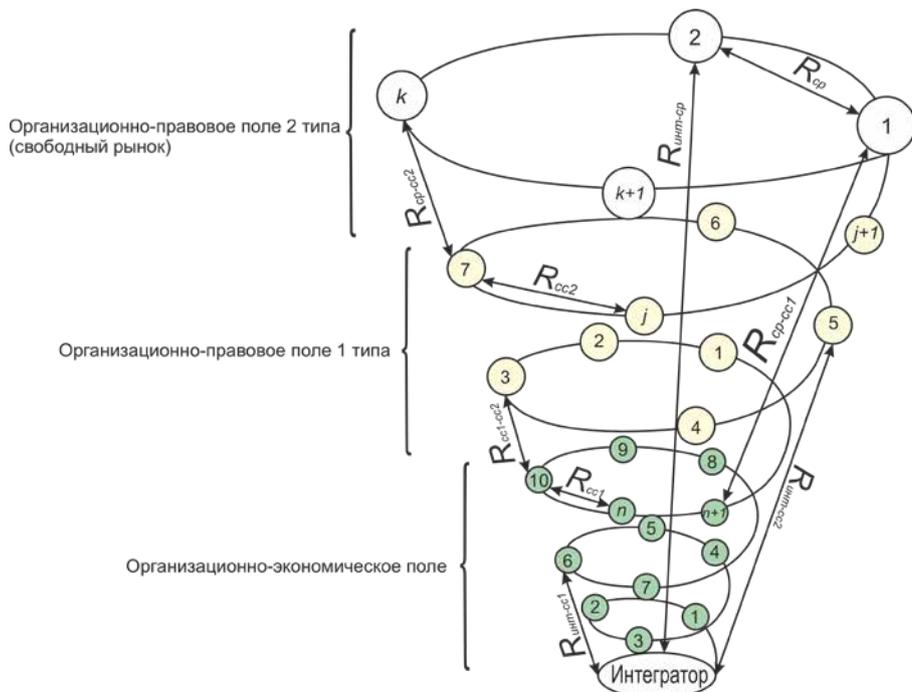


Рис. 6. Структура взаимодействия элементов в организационной сети [7, 8]

В [7, 8] предложено графическое отражение архитектоники кооперации элементов в организационной сети. Модель опирается на дизайн пространственной сэндвич-модели и структуры сети с разделенными интересами [1], так как данные структуры максимально полно описывают все типы взаимодействия элементов организационной сети: с дочерними, зависимыми, рыночными предприятиями, а также с предприятиями на договорном праве.

Взаимодействие между предприятиями-элементами организационной сети происходит в границах трех плоскостей: двух организационно-правового типа и одного организационно-экономического.

Организационно-экономическому полю принадлежат дочерние компании, входящие в сеть на вещном праве. В организационно-правовых полях обоих типов находятся все остальные предприятия-элементы организационной сети. Причем рыночные предприятия, относящиеся к организационно-правовому полю второго типа, функционируют в условиях высокой конкуренции и подвержены влиянию макроэкономических процессов, что сказывается на качестве их продукции (услуг).

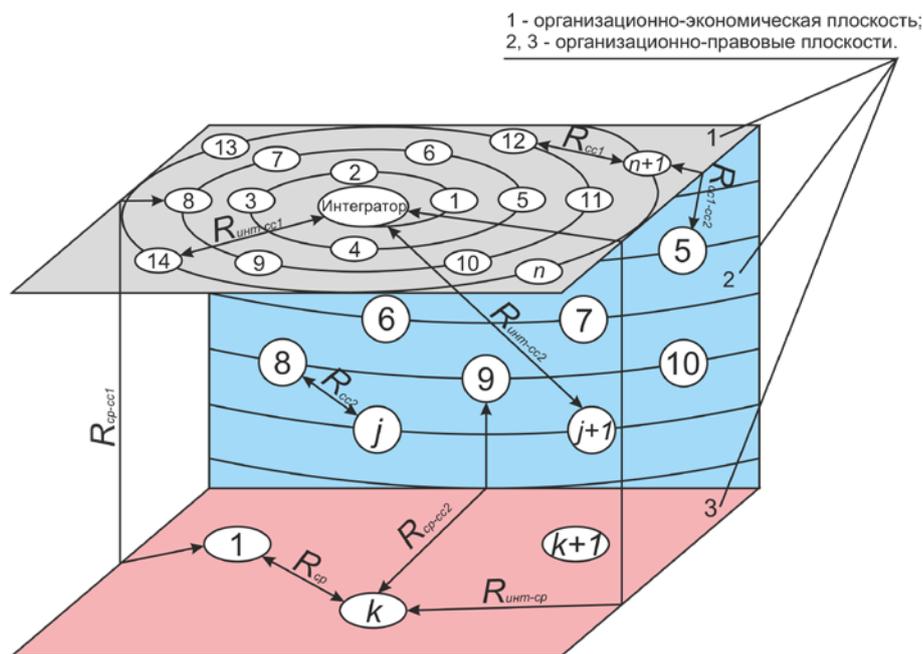


Рис. 7. Организация элементов согласно архитектонике взаимодействия в организационной сети [7, 8]

К недостаткам этой модели можно отнести тот факт, что дочерние предприятия располагаются в пределах организационно-экономической плоскости, а зависимые предприятия и предприятия, входящие в сеть на договорном праве, располагаются в пространстве общей для них организационно-правовой плоскости. Их организационно-правовые формы несходны. Интегратор обладает долей акций зависимых предприятий, и хоть не имеет 100 % административного влияния на эти хозяйствующие субъекты, как в случае с дочерними, но обладает довольно обширным аппаратом управленческого воздействия. Элементы, входящие в сеть на договорном праве, не связаны с холдингом ничем, кроме обязательств поставки товаров/оказания услуг.

Таким образом, предложено рассмотреть организационную сеть как совокупность плоскостей (рис. 8).

На рис. 8 представлена графоаналитическая модель организационной сети, в которой три плоскости располагаются таким образом, чтобы у интегратора был постоянный доступ к её элементам (дочерним предприятиям, принадлежащим сети на вещном праве, зависимым предприятиям и предприятиям, входящим в сеть на договорном праве). Предприятия свободного рынка выведены за пределы каких-либо плоскостей, так как они не принадлежат организационной сети и никак не взаимодействуют ни с интегратором, ни с другими элементами. В тот момент, когда между

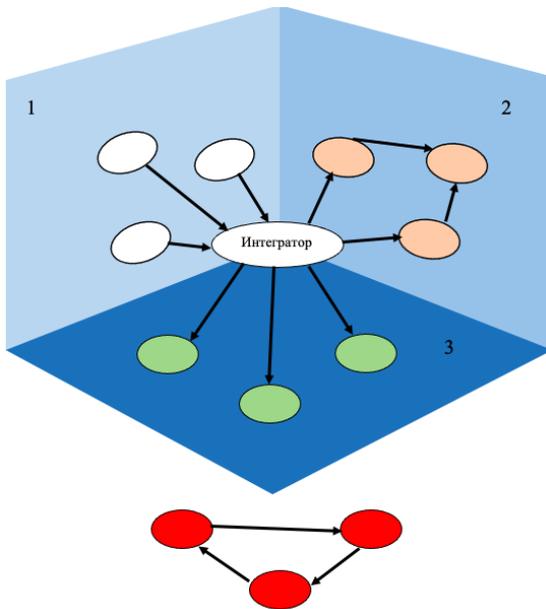


Рис. 8. Графоаналитическая модель пространственной организационной сети с учетом организационно-правовых форм

1 – плоскость, которой принадлежат дочерние предприятия организационной сети; 2 – плоскость, включающая зависимые предприятия организационной сети; 3 – предприятия, входящие в сеть на договорном праве

предприятием свободного рынка и каким-либо элементом сетевой структуры будет заключен договор об оказании поставок продукции (услуг), предприятие свободного рынка изменит свое наименование и расположение и станет предприятием, входящим в сеть на договорном праве.

Преимущества новых предложенных моделей заключаются в более полном отражении взаимосвязей субъектов сети с интегратором и между собой, а также создании отдельных областей для объединения однотипных предприятий-элементов сети.

Главные недостатки моделей организации сети – ослабевающее оперативное влияние интегратора по мере удаленности субъектов от ядра организационной сети, затрудненное взаимодействие элементов, предлежащих к разным плоскостям.

В представленной графоаналитической модели интегратор располагается таким образом, что доступ к ее элементам есть всегда. Также было предложено новое решение: вынести предприятия свободного рынка за пределы плоскостей. Как только появится связь предприятия между каким-либо элементом структуры, оно изменит свое наименование и расположение на модели.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сай В. М. Образование, функционирование и распад организационных сетей. М., 2011. – 270 с.
2. Громов И. Д. Моделирование взаимоотношений хозяйствующих субъектов элементарной организационной сети с разделенными интересами // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – № 3. – С. 199–208.
3. Громов И. Д. Формирование и оценка организационных сетевых структур с разделенными интересами: на примере холдинга «РЖД»: автореф. дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Екатеринбург: УрГУПС, 2015. – 20 с.
4. Тихонов П. М. Развитие ресурсного обеспечения при регулируемой закупочной деятельности // Вестник УрГУПС. – 2019. – № 4 (44). – С. 112–113.
5. Тихонов П. М. Графоаналитическая модель ресурсного обеспечения сетевой организационной структуры при регулируемом закупочном процессе (на примере холдинга «РЖД») // Вестник РГУПС. – 2020. – № 1. – С. 129–163.
6. Тихонов П. М. Моделирование ресурсных потоков в организационных сетях (на примере холдинга «РЖД»): автореф. дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Екатеринбург: УрГУПС, 2021. 23 с.
7. Горелова Д. Ю. Архитектоника взаимодействия интегратора и элементов сети с учетом рисков // Вестник УрГУПС. – 2019. – № 4 (44). – С. 124–133.
8. Горелова Д. Ю. Оценка устойчивого развития и функционирования сетевых организационных структур: автореф. дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Екатеринбург: УрГУПС, 2022. – 24 с.

# ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

УДК 69.07

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НАЧАЛЬНЫХ НЕСОВЕРШЕНСТВ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Н. С. Быстров, аспирант (научный руководитель – И. Г. Овчинников, д-р техн. наук)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Несовершенства строительной конструкции, приобретенные в процессе изготовления, доставки и установки, называются дефектами, а несовершенства, приобретенные в процессе эксплуатации, называются повреждениями [1]. Дефекты значительно уменьшают надежность строительных конструкций; например, в ферменных конструкциях часто встречается искривление несущих элементов из плоскости фермы (рис. 1).

Часто встречаются локальные погибы элементов, которые возникают от разного вида внешних воздействий. В элементах, работающих на растяжение, такие дефекты и повреждения не опасны, однако в элементах, работающих на сжатие, они могут сопутствовать преждевременной потере устойчивости.

### Начальные несовершенства

**Влияние на прочность и долговечность.** Начальные несовершенства могут служить точками начала деградации материала. Это может уменьшить прочность и долговечность конструкции. Например, микроскопические трещины или неровности в металлическом элементе могут служить инициаторами разрушения при длительных нагрузках.

**Влияние на безопасность.** Начальные несовершенства могут влиять на устойчивость конструкций, особенно в случае многолетней эксплуатации. Они могут способствовать появлению дополнительных нагрузок, деформаций или напряжений, что может привести к потере устойчивости элемента и даже к потенциальным аварийным ситуациям.

Конструкторам важно учитывать начальные несовершенства при расчете и подборе конструкций. Учет должен включать в себя возможное различие в материалах, геометрии, сварных соединениях и других факторах. Правильный учет начальных несовершенств помогает создавать более надежные и безопасные конструкции.

Исследование влияния начальных несовершенств на устойчивость позволяет разрабатывать более точные нормы и рекомендации для проектирования и строительства [2]. Например, в работе [3, 4] рассматривается вопрос чувствительности стальных рам с начальными дефектами. В работе [5] разобраны общие вопросы деформированных систем.



Рис. 1. Деформация сжатой стойки из плоскости фермы

Начальные несовершенства – это физические или геометрические дефекты, неоднородности, отклонения от заданных параметров, а также другие нарушения, которые присутствуют в конструкции сразу после её изготовления или сборки.

Геометрические дефекты. Это отклонения от заданных размеров, формы и геометрии конструкции. Существуют общие несовершенства всей расчетной схемы и локальные несовершенства отдельных элементов.

Понимание влияния геометрических несовершенств (дефектов в форме и размерах) на устойчивость конструкций критически важно для обеспечения их безопасности и надежности.

### **Факторы, на которые влияют геометрические несовершенства**

Устойчивость. Геометрические несовершенства несущих элементов могут привести к снижению устойчивости. Например, если балка имеет неровности или вмятины на своей поверхности, это может создать концентрацию напряжений и потенциально вызвать разрушение под воздействием изгибающих моментов.

Разрушение посредством бокового смещения. Геометрические несовершенства также могут способствовать разрушению конструкции посредством бокового смещения. Например, если опоры имеют неровности или отклонения от заданных размеров, это может вызвать дополнительные боковые силы и привести к нежелательным смещениям и деформациям.

Вибрации и резонанс. Геометрические несовершенства могут вызвать вибрации и резонанс в конструкциях. Например, если мост имеет неровную поверхность дорожного покрытия, это может создавать дополнительные вибрации при движении транспортных средств, что может повысить вероятность разрушения в результате усталостных повреждений [6, 7].

Геометрические несовершенства могут оказывать существенное влияние на поведение и устойчивость конструкций. Поэтому они должны учитываться при проектировании, строительстве и обслуживании.

Физические несовершенства. Это отклонения в свойствах материалов, из которых состоит конструкция. Это может включать в себя неравномерности в плотности, прочности, эластичности или других физических свойствах материала.

Физические несовершенства могут значительно влиять на устойчивость конструкций и их элементов.

Снижение прочности материала. Неоднородности материалов могут уменьшить прочность и способность конструкции сопротивляться расчетным нагрузкам, что может привести к деформациям или разрушению конструкции.

Потеря стабильной формы. Физические несовершенства могут вызвать дополнительные напряжения и деформации в конструкции, что может привести к изменению её формы и привести к нарушению устойчивости системы.

Повышенная чувствительность к коррозии. Дефекты и неоднородности материалов также могут увеличить чувствительность материалов к коррозии, что, в свою очередь, может ускорить разрушение конструкции.

Для уменьшения влияния физических несовершенств на устойчивость конструкций важно проводить качественный контроль материалов и сварных соединений, применять конструктивные решения, учитывающие потенциальные дефекты и неоднородности. Важно регулярно обслуживать и проводить мониторинг состояния конструкций, чтобы выявление и устранение проблем предотвращало аварийные ситуации [8].

Дефекты соединений. Если конструкция состоит из нескольких элементов, то начальные несовершенства могут включать в себя дефекты в соединениях между элементами. Причина может быть связана с неправильным сварным швом, недостаточным креплением или другими проблемами в соединениях.

Дополнительные нагрузки. Начальные несовершенства также могут включать в себя дополнительные нагрузки или напряжения, которые могут появиться в процессе изготовления или монтажа.

Повреждения. Трещины, царапины или другие дефекты, которые могут возникнуть при обработке, монтаже или транспортировке.

Обнаружение, анализ и учет начальных несовершенств являются важной частью строительного процесса. Они могут оказать существенное влияние на поведение и безопасность конструкции в будущем.

Рассмотрим моделирование начальных несовершенств с помощью расчетного комплекса ЛИРА-САПР 2022 R2.2, который строит свою работу на основе метода конечных элементов (МКЭ) [9]. Этот метод разбивает сложные конструкции на более мелкие элементы, что позволяет учесть начальные несовершенства на уровне каждого элемента. Несовершенства бывают общие и локальные. Предположительную форму общих несовершенств рассчитываемой модели можно получить на основе расчета устойчивости в упругой стадии. Базовое значение начальных общих несовершенств  $\phi = 1/200$  (рис. 2).

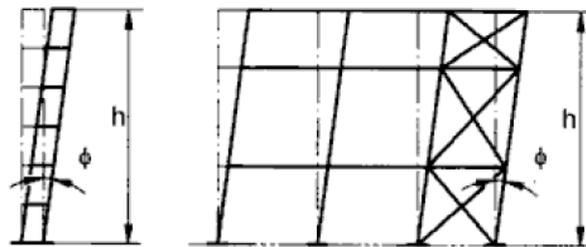


Рис. 2. Общие несовершенства от поперечного отклонения [10]

Начальные несовершенства (искривления и перекосы) могут быть заданы эквивалентными силами, приложенными к рассчитываемым вертикальным элементам. Эти силы зависят от продольного усилия, длины элемента и коэффициента отклонения или кривизны. На рис. 3 и 4 представлены схемы эквивалентных сил для начальных перекосов и начальных местных несовершенств.

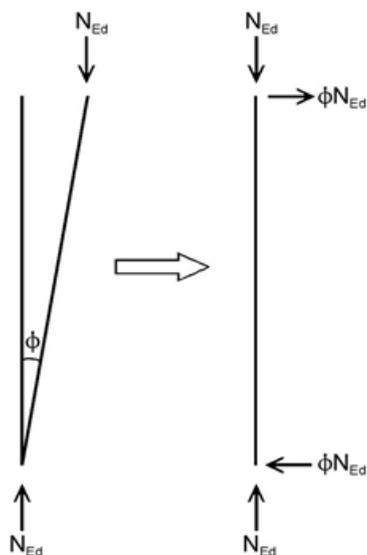


Рис. 3. Моделирование начальных перекосов колонн с помощью эквивалентных горизонтальных сил [10]

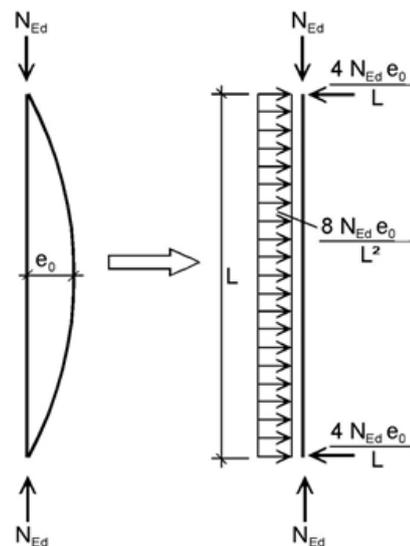


Рис. 4. Моделирование начальных местных искривлений с помощью эквивалентных горизонтальных сил [10]

В расчетном комплексе ЛИРА-САПР 2022 появилась возможность автоматического создания начальных несовершенств. Рассмотрим основные возможности на примере расчета стальной эстакады пролетом 12 м, высота колонны – 4 м, а ферменной конструкции – 1,2 м (рис. 5).

Для учета начальных несовершенств необходимо произвести предварительный линейный расчет схемы, после чего появится возможность их автоматической генерации. На рис. 6 представлен

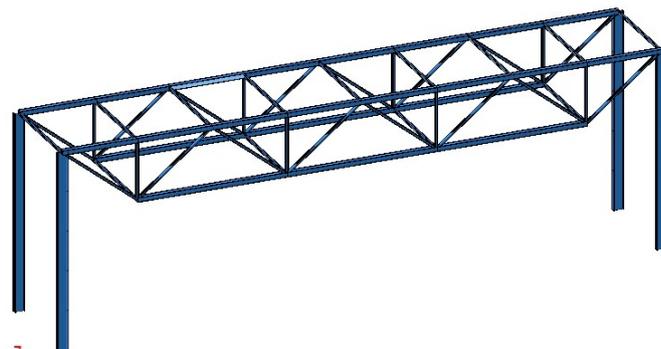


Рис. 5. Рассчитываемая эстакада

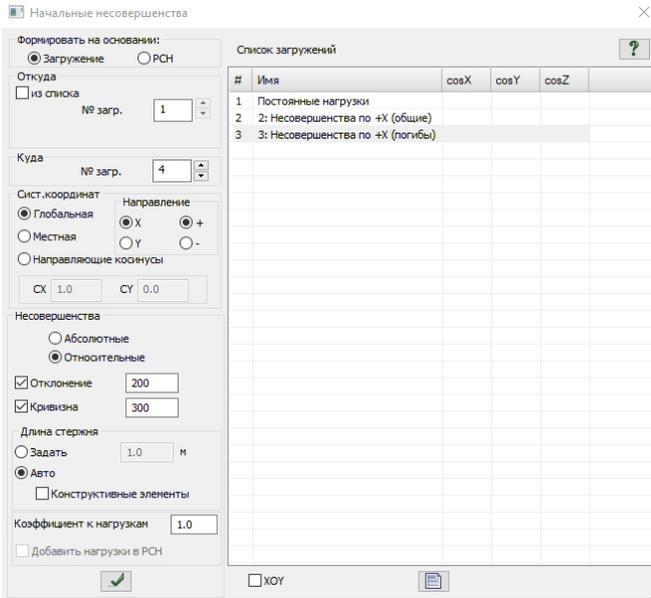


Рис. 6. Инструмент моделирования начальных несовершенств

инструмент ЛИРА-САПР, с помощью которого можно автоматически сгенерировать начальные несовершенства методом эквивалентных сил.

Вычислим значения эквивалентных сил вручную по формулам, представленным на рис. 3, 4, после чего сравним полученные значения с силами, которые сгенерировались автоматически в ЛИРА-САПР. Вычисление эквивалентных сил произведем по формуле (1).

$$N = \phi \cdot N_{ed}, \quad (1)$$

где  $\phi$  – коэффициент начального перекоса;  $N_{ed}$  – сжимающее усилие.

$$N = \frac{1}{200} 4,5 = 0,0225 \text{ т.}$$

Вычисление эквивалентных сил, моделирующих начальные местные искривления, произведем по формулам (2) и (3).

$$N = \frac{4 \cdot N_{ed} \cdot e_{0,d}}{L}; \quad (2)$$

$$q = \frac{8 \cdot N_{ed} \cdot e_{0,d}}{L^2}, \quad (3)$$

где  $N_{ed}$  – сжимающие усилие;  $e_{0,d}$  – коэффициент локального искривления;  $L$  – длина элемента.

$$N = \frac{4 \cdot 4,5 \cdot 4}{4 \cdot 300} = 0,06 \text{ т.}$$

$$q = \frac{8 \cdot 4,5 \cdot 4}{4^2 \cdot 300} = 0,03 \text{ т} \cdot \text{м.}$$

Результаты автоматической генерации эквивалентных сил для колонны в ЛИРА-САПР, моделирующих начальные искривления, представлены на рис. 7. Эти силы полностью совпали с ручными вычислениями.

В ходе работы произведен расчет рассматриваемой эстакады (линейный без учета начальных несовершенств, нелинейный без учета начальных несовершенств, линейный с учетом начальных несовершенств и нелинейный с учетом начальных несовершенств). Результаты расчета представлены в таблице.

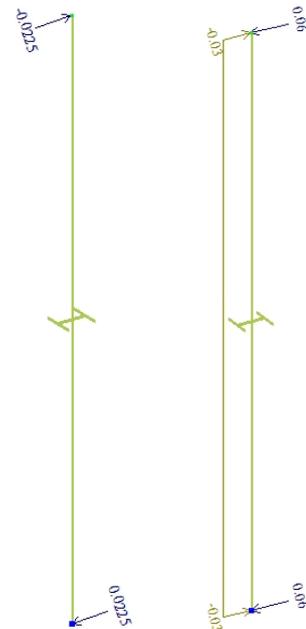


Рис. 7. Результаты автоматической генерации эквивалентных сил в колонне, моделирующих начальные несовершенства

Метод расчета	Перемещения		Максимальные усилия в колоннах		
	Z, мм	X, мм	N, т	M, т·м	Q, т
Линейный без учета начальных несовершенств	8,71	1,03	4,5	0,155	0,0387
Нелинейный без учета начальных несовершенств	9,36	1,54	4,5	0,197	0,028
Линейный с учетом начальных несовершенств	8,71	1,23	4,5	0,245	0,121
Нелинейный с учетом начальных несовершенств	9,37	1,95	4,5	0,307	0,106

Разница в перемещениях между максимальным и минимальным значением достигает почти 50 %, а разница в усилиях – почти 65 %. Это говорит о важности учета возможности образования начальных несовершенств. Также стоит отметить важность учета факторов второго рода, особенно для схем с коэффициентом запаса устойчивости меньше 10.

При расчете зданий и сооружений моделирование начальных несовершенств служит важным фактором обеспечения надежности и безопасности объекта. Несовершенства могут оказывать существенное влияние на работу и долговечность конструкций, а их игнорирование или неправильный учет может привести к трагическим последствиям.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Добромывсов А. Н. Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений. – М. : Изд-во АСВ, 2006. – 256 с.
2. Перельмутр А. В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. – Киев : Изд-во УкрНИИПСК, 2000.
3. Kala Z. Sensitivity analysis of steel plane frames with initial imperfections. – Eng. Struct., vol. 33, № 8. – Pp. 2342–2349, 2011.
4. Mathur K. Effects of residual stresses and initial imperfections on Earthquake response of steel moment frames. 2011.
5. Вольмир А. С. Устойчивость деформируемых систем. – М. : Наука, 1967. – 984 с.
6. Ефимов П. П. Проектирование мостов. Балочные сплошностенчатые цельнометаллические и сталежелезобетонные мосты : учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта. – М. : Учеб. методический центр по образованию на ж.-д. трансп., 2007. – 122 с.
7. Корнеев М. М. Стальные мосты. – Киев : [б. и.], 2003. – 547 с.
8. Рекомендации по содержанию и ремонту металлических пролетных строений автодорожных мостов. – М. : ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1983. – 131 с.
9. Городецкий А. С., Евзеров И. Д. Компьютерные модели конструкций. – Киев : Факт, 2007. – 394 с.
10. EN 1993-1-1 (2005) (English): Eurocode 3: Design of steel structures. – Part 1-1: General rules and rules for buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].

УДК 624.21/.8:624.07

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА АРОЧНЫХ МОСТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРУБОБЕТОНА

С.Е. Гобов, 5-й курс (научный руководитель – К. Ю. Астанков)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Конструкции из трубобетона всё больше применяются в строительстве большепролетных сооружений и уникальных зданий большой высоты. Из сталетрубобетонных элементов (СТБ) образуются пространственные стержневые системы различной конфигурации. В мостостроении трубобетон применяется благодаря уникальному сочетанию эффективности работы материалов, простоты конструкции, технологичности, а также высокой степени живучести элементов конструкции даже после серьёзного повреждения элементов.

Впервые в практике отечественного мостостроения трубобетон применён на строительстве Володарского моста (Ленинград, проект Г. П. Передерия при участии инженера В. И. Крыжановского).

Первый трубобетонный арочный мост решётчатой конструкции построен в 1939 г. недалеко от г. Каменск-Уральского (Свердловская обл.) и эксплуатируется до настоящего времени (рис. 1).



Рис. 1. Арочный мост из трубобетона в Каменск-Уральском (Свердловская обл.)

Большое развитие получило применение трубобетона в КНР. За последние тридцать лет в Китае построено более 400 СТБ арочных мостов, и китайские инженеры на этом не останавливаются [1] (рис. 2).

«Третий» мост в уезде Пиннань через р. Сюнь с рекордной для всего мира длиной пролёта в 575 м построен в 2020 г. провинции Гуанси [2] (рис. 3). Мост представляет собой арку решётчатой конструкции из сталетрубобетонных элементов с ездой посередине.



Рис. 2. Мосты из трубобетона в Китае [1]

1 – мост через р. Юн в провинции Гуанси (главный пролёт 270 м, строительство завершено в 1998 г.);  
 2 – мост через р. Янцзы в г. Ухань (пролёт 460 м, построен в 2005 г.); 3 – мост через озеро Тайпин  
 в провинции Аньхой (главный пролёт 352 м, построен в 2007 г.); 4 – мост через р. Чжицзин  
 на автомагистрали Хуронси (главный пролёт 430 м, построен в 2009 г.); 5 – первый мост через р. Янцзы  
 в провинции Хэйцзян (главный пролёт 430 м, построен в 2009 г.)



Рис. 3. Мост через р. Сюнь в уезде Пиннань провинции Гуанси

Строительство моста выполнено с использованием комплекса инновационных организационных и технологических решений (взаимная увязка процесса проектирования и заводского изготовления деталей с целью ускорения навесной сборки металлических конструкций фермы главной арки; использование технологической системы контроля усилий и перемещений вспомогательных монтажных мачт, а также системы оптимального распределения усилий при одновременном натяжении кабелей подвесок с использованием навигационной спутниковой системы BeiDou (BDS));

применение технологии вакуумного бетонирования для повышения эффективности заполнения труб бетонной смесью в комплексе с использованием специальных безусадочных составов с увеличенным сроком начала схватывания – такой подход принципиально разрешает проблему при-сущего трубобетону недостатка, ограничивающего его применение в мостостроении, который заключается в возможном отслоении бетонного ядра от стенки трубы при усадке бетонной смеси; сооружение северной опоры моста на фундаменте нового типа, состоящем из цементированного массива галечного грунта, заключённого в железобетонную обойму, выполненную по технологии «стена в грунте»; использование новейших подходов в организации строительства моста, заключающихся в объединении информационных технологий, результатов научных исследований и богатого опыта строительства подобных большепролётных объектов.

Длины пролётов мостов с решётчатой аркой из трубобетонных элементов на новых объектах постоянно продолжают увеличиваться, поскольку эта технология более перспективна даже по сравнению с обычным железобетоном, который используется для строительства уникальных мостов. Так, в 2018 г. в мире насчитывалось всего четыре железобетонных арочных моста с пролётом более 400 м [1]. Все эти мосты построены в Китае, причём три из них запущены в эксплуатацию в 2016 г. (рис. 4).



Рис. 4. Мосты из железобетона в Китае [1]

1 – мост через р. Бейпан на перегоне высокоскоростной железной дороги Шанхай – Куньмин (главный пролёт 445 м, построен в 2016 г.); 2 – железнодорожный мост через р. Нанпан на перегоне Юньнань – Гуанси (главный пролёт 416 м, построен в 2016 г.); 3 – мост через р. Йеланг на перегоне высокоскоростной железной дороги Чунцин – Гуйчжоу (главный пролёт 370 м, построен в 2016 г.); 4 – мост через р. Янцзы в городе Вэньчжоу (главный пролёт 420 м, построен в 1997 г.); 5 – мост через р. Юн в г. Юннин, провинция Гуанси (главный пролёт 312 м, построен в 1996 г.); 6 – мост через р. Цзялин в районе Чжаохуа (главный пролёт 364 м, построен в 2012 г.)

Первый в Китае арочный мост из СТБ элементов построен в 1990 г. через р. Дон (Dong) в уезде Ванцан провинции Сычуань [1]. С того времени около 18 мостов аналогичной конструкции возводится в КНР ежегодно. Таким образом, к 2016 г. в Китае построено более 400 арочных СТБ мостов, из них 54 имеют пролёт более 200 метров, 11 – более 300 метров, четыре моста имеют главный пролёт более 400 м [1, 2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Jielian Zheng, Jianjun Wang Concrete-Filled Steel Tube Arch Bridges in China // Engineering 4 (2018) 143-155. Engineering, Available online 11 March 2021.
2. Zheng, Jielian & Du, Hailong & Mu, Tingmin & Liu, Jiaping & Qin, Dayan & Mei, Guoxiong & Tu, Bing. (2021). Innovations in Design, Construction, and Management of Pingnan Third Bridge — The Largest-Span Arch Bridge in the World. Structural Engineering International. 32. 1-8. 10.1080/10168664.2021.1956399.

УДК 624.016

## АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОТ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОПРОПУСКНЫЕ ТРУБЫ И АРОЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ГРУНТОЗАСЫПНЫХ МОСТОВ

Д. В. Комардин, 5-й курс (научный руководитель – А. С. Пермикин)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

На заглубленные сооружения в результате кольматации грунта подстилающего слоя и грунта обратной засыпки начинают действовать силы морозного пучения, что в процессе эксплуатации приводит к деформациям и изменению пространственного положения несущих элементов (звенья водопропускных труб, арки грунтозасыпных мостов), что может повлечь изменение толщины засыпки [1].

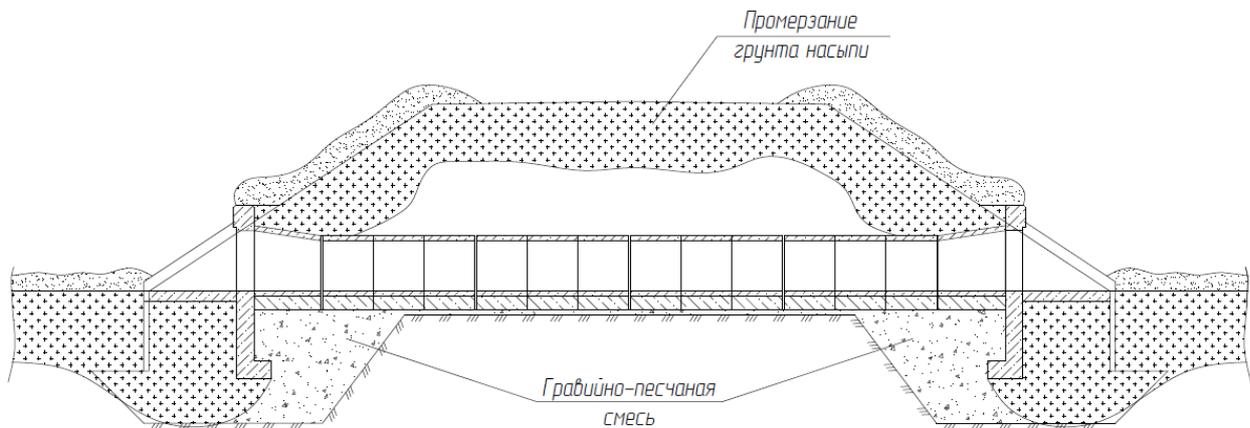


Рис. 1. Промерзание грунтов насыпи и основания

На рис. 1 представлены границы промерзания грунта насыпи, грунта подстилающего слоя основания водопропускной трубы по типовому проекту 3.503.1-112.97. Чтобы исключить силы морозного пучения, рекомендуется замена грунта пучинистого основания под оголовками и крайними звеньями трубы на дренирующий грунт с коэффициентом фильтрации не менее 2,0 м/сут толщиной не менее 1,5 м.

Оголовки трубы подвержены воздействию сил морозного пучения, что в процессе эксплуатации приведет к деформации и изменению условий работы конструкции и изменению напряженно-деформированного состояния.

На рис. 2 представлены нагрузки от сил морозного пучения [1].

Выполнен анализ динамических воздействий от подвижной нагрузки АК, НК и АБ на водопропускные трубы грунтозасыпных мостов арочной конструкции согласно [4], рассмотрена возможность применения фибробетона с наполнителем из

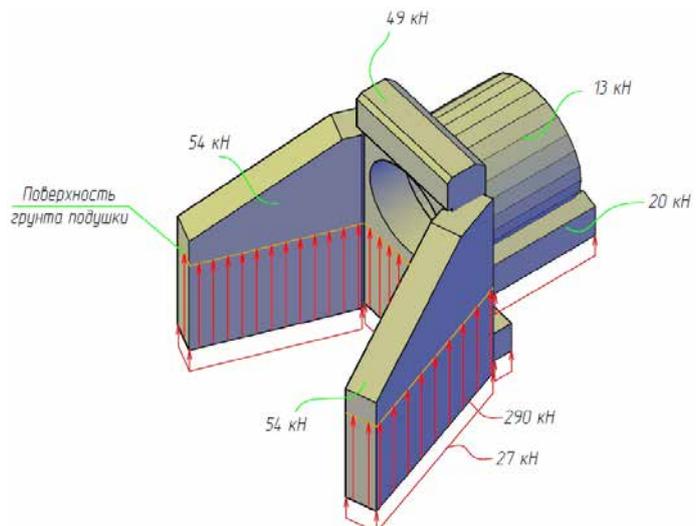


Рис. 2. Нагрузки на оголовки водопропускной трубы

стальных волокон как основного конструкционного материала несущих элементов (звенья водопропускных труб, арки грунтозасыпных мостов в насыпях автомобильных и железных дорог).

Динамическая нагрузка от подвижного состава на несущие элементы малых искусственных сооружений в насыпях учитывается динамическими коэффициентами.

Динамические коэффициенты  $1 + \mu$  для нагрузок от подвижного состава железных дорог, автомобильных и городских дорог следует принимать равными:

а) вертикальным нагрузкам АК для железобетонных звеньев труб и подземных пешеходных переходов под автомобильными дорогами

$$1 + \mu = 1,00; \quad (1)$$

б) временной вертикальной нагрузке в виде колонн двухосных автомобилей АБ для пролетных строений из железобетона, сквозных, тонкостенных и стоечных железобетонных опор, а также звеньев водопропускных труб при отсутствии засыпки над ними:

$$1 + \mu = 1 + \frac{81 - \lambda}{135}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – длина загрузки (ширина звена трубы);

в) временной вертикальной нагрузке в виде колонн двухосных автомобилей АБ для бетонных опор и звеньев труб, грунтовых оснований и всех фундаментов, а при общей толщине засыпки (с учетом слоев дорожной одежды) не менее 1,0 м – для звеньев труб из железобетона и не менее 0,5 м – для элементов, перечисленных выше:

$$1 + \mu = 1,00. \quad (3)$$

При толщине засыпки (с учетом слоев дорожной одежды) менее 1,0 м значения динамических коэффициентов принимаются по интерполяции между значениями, получаемыми по формулам (1) и (2).

По формулам (1) и (2) выполнены расчеты динамических коэффициентов при разной высоте засыпки над звеном водопропускной трубы или арки грунтозасыпного мостов. В расчетах длина секции (загрузки) принята 2 м.

Авторами получены значения динамических коэффициентов при толщине засыпки от 0,0 м до 1,0 м. Результат расчетов сведен в таблицу.

Значения динамического коэффициента при разной высоте засыпки над трубой

Высота засыпки $h$ , м	Динамический коэффициент $1 + \mu$
0	1,59
0,1	1,54
0,2	1,48
0,3	1,42
0,4	1,36
0,5	1,30
0,6	1,24
0,7	1,18
0,8	1,12
0,9	1,06
$\geq 1,0$	1,00

Из таблицы видно, что значение динамического коэффициента  $1 + \mu$  для секции в 2 м изменяется от 1,59 до 1,00 при изменении высоты засыпки от 0 до 1,0 м, следовательно, учет динамических

нагрузок на несущие элементы (звенья водопропускных труб, арки грунтозасыпных мостов) учитывается только при толщине насыпи менее 1,0 м.

Полученная зависимость между динамическими коэффициентами и высотой засыпки дает возможность сделать вывод о довольно существенном влиянии динамических нагрузок на водопропускные трубы и арочные конструкции грунтозасыпных мостов. Динамические коэффициенты необходимо учитывать при выполнении расчетов по первой и второй группам предельных состояний как для нагрузок АБ, так и для нагрузок АК и НК.

Исследования, проведенные в работах [2, 3], показывают, что сталефибробетон по сравнению с обычным железобетоном обладает большей ударной прочностью.

Одной из самых важных характеристик ударной выносливости сталефибробетона служит количество ударов, необходимых для появления трещин на поверхности образца. Полученная характеристика в соответствии с усталостной природой разрушения в условиях повторных воздействий связана с относительным уровнем напряжений в бетоне  $\sigma_d/R$  зависимостью:

$$\sigma_d/R = k_d - k_r \lg N, \quad (4)$$

где  $\sigma_d$  – нормальное сжимающее динамическое напряжение, МПа;  $R$  – статическая прочность бетона при сжатии, МПа;  $k_d$  – коэффициент динамического упрочнения;  $k_r$  – коэффициент выносливости;  $N$  – количество ударов одинаковой энергии.

Эксперименты на тяжелых мелкозернистых и среднезернистых бетонах, показали, что характеристики формулы (4) равны следующим значениям:  $k_d = 1,71$ ;  $k_r = 0,24$  [2].

В работе [3] выполнена оценка ударной прочности сталефибробетона. Ударная прочность определялась как количество ударов, необходимых для разрушения образца, куба с ребром 50 мм. Моментом разрушения бетона считалось появление первой трещины. По результатам экспериментов определен оптимальный процент армирования: 1,5 %.

Образование первой трещины в образце фибробетона из стали с процентом армирования 1,5 % зафиксировано после 55 ударов, образование же первой трещины в образце из обычного бетона наступило после 27 ударов.

Необходимо учитывать силы морозного пучения на водопропускные трубы и арочные конструкции грунтозасыпных мостов, возникающие в результате кольматации грунта подстилающего слоя и грунта обратной засыпки [4].

Значение динамического коэффициента  $1 + \mu$  изменяется от 1,59 до 1,00 при изменении высоты засыпки от 0 до 1,0 м, следовательно, динамические нагрузки на несущие элементы учитываются только при толщине засыпки менее 1,0 м.

Оптимальный процент армирования фибробетона 1,5% обеспечивает повышение ударной выносливости бетона более чем в пять раз.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пермикин А. С., Овчинников И. Г., Грицук А. И. Анализ напряженно-деформированного состояния фундаментов дорожно-транспортных сооружений на сезоннопромерзающих грунтах // Транспортные сооружения. – 2020. – № 4.
2. Бабков В. В. Технологические возможности повышения ударной выносливости цементных бетонов / В. В. Бабков, В. Н. Мохов, М. Б. Давлетшин, А. В. Парфенов [и др.] // Строительные материалы. – 2003. – № 10. – С. 19–20.
3. Демьянова В. С. Дисперсно-армированный сталефибробетон / В. С. Демьянова, В. И. Калашников, Г. Н. Казина, С. М. Саденко. – М., 2006. – С. 54–55.
4. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы.

УДК 69.01

## О ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЖЕСТКОСТИ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ

А. Н. Алехин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Мосты и транспортные тоннели»

И. Е. Пенкина, старший преподаватель кафедры «СК и СП»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Проектирование любого гражданского, промышленного или жилого сооружения требует расчета деформаций его грунтового основания. Для этого необходимо знать жесткостные характеристики грунта. Для любой твердой среды, в том числе для грунта, обычно выделяют четыре жесткостные характеристики: модуль Юнга  $E$  (в грунте – это модуль деформации); коэффициент Пуассона  $\nu$ ; модуль объемной деформации  $K$  и модуль формоизменения (модуль сдвига)  $G$ . В зависимости от типа твердой среды (искусственная – твердые материалы или природная – грунты) и сами эти величины имеют разный тип и разные способы определения, а правильный выбор способа определения той или иной характеристики жесткости имеет определяющее значение для обеспечения технической надежности и безопасности любого механического устройства или сооружения [1]. Следует отметить принципиальное различие некоторых типов грунтов: скальные и полускальные грунты (скальные и полускальные породы) имеют, как и искусственные материалы, твердые плотные, как правило, упругие связи, и потому по механическим свойствам особенностям деформирования и способам определения механических характеристик примыкают к материалам, у которых за счет однородного состава все характеристики жесткости являются константами и потому часто называются параметрами жесткости. При этом в зависимости от вида материала (металлы, бетоны, резины и скальная порода) выбираются наиболее удобные для определения характеристики-параметры; обычно это модуль Юнга  $E$ , часто также называемый модулем упругости, и коэффициент Пуассона  $\nu$  (для горных пород – только модуль Юнга упругости  $E$ , поскольку надежно определить коэффициент Пуассона практически невозможно, да и, как правило, по условиям их расчетов не требуется); наиболее надежно этот коэффициент определяется только у резины, при исследовании цилиндров которой на сжатие он и был впервые зафиксирован в Германии в первой четверти XIX в., а затем был принят в качестве второй базовой характеристики наряду с модулем Юнга  $E$ . Поскольку параметры  $E$  и  $\nu$  твердых материалов, а также горных пород благодаря жесткости связей между частицами при деформации практически не изменяются из-за отсутствия значимого изменения расстояний между частицами и одинаковы в любом их объеме, то определять эти характеристики-параметры для материалов удобнее всего на образцах в лабораториях по удобным для конкретных материалов схемам: растяжение, сжатие, изгиб и т.д. Деформация твердой среды без изменения ее жесткостных (деформационных) характеристик-параметров называется физически линейной. При необходимости значения других жесткостных характеристик для материалов, которые, правда, являясь с точки зрения теорий деформирования и строения вещества фундаментальными для характеристик-параметров  $E$  и  $\nu$ , для материалов используются очень редко, могут быть получены из общих соотношений теории сплошной среды: модуль объемной деформации (1) и модуль формоизменения (сдвига) (2):

$$K = \frac{E}{(1 - 2\nu)}, \quad (1)$$

$$G = \frac{0,5E}{(1 + \nu)}. \quad (2)$$

Совершенно другая ситуация возникает при деформации нескальных грунтов, из которых очень часто состоят основания сооружений, в том числе мостов. Значимое перемещение и переориентация частиц этих грунтов сопровождается сильным изменением деформационных

характеристик грунтов (глинистых и песчаных): неучет или неправильный учет этого фактора приводит к неверному определению давления под фундаментами и, как следствие, к недостоверному прогнозу деформаций основания сооружения, снижая его надежность и безопасность. При этом необходимо учитывать природное состояние и природное напряженно-деформированное состояние (НДС) грунта. Наиболее удобными в этом случае характеристиками для определения их значений на месте строительства сооружения (in-situ) являются модуль объемной деформации  $K$  и модуль формоизменения (сдвига)  $G$ , которые в этом случае являются функциями НДС. По значениям этих величин при необходимости могут быть вычислены в рамках теории сплошной среды менее фундаментальные величины: модуль деформации грунта (3) и коэффициент Пуассона (4):

$$\begin{aligned} E &= \frac{3KG}{(K + G)}, \\ \nu &= \frac{0,5(K - 2G)}{(K + G)}. \end{aligned} \quad (3, 4)$$

Метод определения характеристик грунта  $K$  и  $G$  опубликован в [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Собрание законодательства РФ, 04.01.2010.
2. Алехин А. Н. Алгоритм определения механических параметров грунтов для нелинейной модели Боткина из результатов полевых испытаний // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении. – Новочеркасск, 2022. – С. 546–547.

УДК 69.01

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БУРОВЫХ СВАЙ

А. Н. Алехин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Мосты и транспортные тоннели»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Буровые сваи различных типов и конструкций широко применяются в строительстве. Эффективность применения определяется правильным выбором выполняемой ими задачи и соответствием их конструкции инженерно-геологическим и инженерно-гидрологическим условиям площадки строительства. Большую роль для эффективной работы этих свай (даже больше, чем для забивных свай) играет правильный расчет условий взаимодействия их с грунтом. В то же время неправильный учет этих факторов может нанести огромный вред (в том числе финансовый) не только сооружению, но при массовом применении в целом инженерно-геологической среде в местах их возведения, например, в населенных пунктах [1, 2]. К сожалению, в Екатеринбурге есть примеры как эффективного и полезного применения буровых свай, так и крайне неумелого их применения, приводящие к большому завышению стоимости фундаментов, а при массовом применении – к резкому ухудшению или даже разрушению весьма благоприятной для строительства уникальной инженерно-геологической среды Екатеринбурга. Благоприятная для строительства инженерно-геологическая ситуация для строительства создана самой природой: Екатеринбург расположен в окружении нескольких скальных массивов, между которыми образовался уникальный слой значительной мощности, но на сравнительно небольшой глубине твердых и полутвердых элювиальных пылевато-глинистых грунтов (супесей, суглинков и глин) с высокими прочностными свойствами и низкой деформативностью [3]. Слой этот подстилается еще более древним, а потому еще более прочным и еще менее деформативным слоем твердых элювиальных сапролитов аналогичного минералогического состава. Поэтому применение свай в городе было крайне ограниченным (до 1970 г. в Екатеринбурге (Свердловске) было всего одно небольшое здание кинотеатра (ранее здание Дворянского собрания) на свайном фундаменте из деревянных свай, расположенное на болотном участке одной из малых городских речек (протекавшей вдоль нынешней улицы Первомайской и впадавшей в р. Исеть). Сейчас же создается такое впечатление, что проектировщики и строители Екатеринбурга, очевидно, из-за слабой геотехнической подготовки совершенно не мыслят конструкцию фундамента без каких-либо свай. Ситуация в последнее время нередко доходит до абсурда: например, в Верхней Пышме под одним из высотных зданий, не имея возможности забить сваи в близко расположенную к поверхности скальную породу, проектировщики предусмотрели бурение в ней скважин глубиной 8–10 м с тем, чтобы все-таки забить в них сваи длиной 8 м, при этом поверх свай был устроен плитный ростверк толщиной 2 м. Примерно в такой же ситуации, в условиях верхового болота небольшой глубины с твердым каменистым дном (а в Екатеринбурге почти все болота такие) под трехэтажные жилые дома в Новокольцовском районе был уложен на большой площади трехметровый слой гранитных глыб, через который затем бурили скважины в обсадных металлических трубах для устройства буровых свай диаметром 0,6 м с последующим устройством по ним плитного ростверка. Наконец, следует указать на главное негативное влияние буровых свай при неправильном их устройстве на свойства основных несущих грунтов всех сооружений в Екатеринбурге – на твердые и полутвердые элювиальные пылевато-глинистые грунты. Опираемые буровые, всегда в определенной степени пористые сваи на скальные коренные породы, в трещиновой кровле которых всегда расположена подземная (трещиноватая) вода, создает гидравлический контакт с расположенным выше в толще элювия горизонтом основных грунтовых вод, создавая тем самым обводнение всей элювиальной толщи и превращая ее в кашеобразный массив с неравномерной сжимаемостью, что, в свою очередь, приводит к неравномерным просадкам дневной поверхности, разрыву водонесущих коммуникаций, а также к деформациям и разрушениям вспомогательных легких (в том числе внутридворовых

сооружений, например, трансформаторных подстанций, входных групп и надземных гаражей. Обводнение элювиальной толщи резко снижает их устойчивость, затрудняя и значительно удорожая стоимость возведения мало- и среднезаглубленных сооружений: станций метро мелкого заложения, подземных переходов и тоннелей, подпорных стен. С другой стороны, устройство буровых свай в толще надежных элювиальных грунтов требует квалифицированного надежного расчета их осадки с учетом нелинейных деформаций грунта [4]. Еще одним полезным применением буровых свай из-за их достаточно осторожной технологии их устройства по сравнению с забивкой или вибропогружением свай заводского изготовления является использование их при реконструкции и ремонте сооружений, например, путем устройства малозаглубленных (до 1 м глубиной) свай с неразвитой боковой поверхностью в виде плоских элементов различной формы (круглой, квадратной, прямоугольной, крестообразной и др.), выполняемых с помощью простых ручных устройств или вручную лопатами, как это было предложено сделать на близком к аварийному состоянию из-за неграмотного сооружения фундаментов жилым многоэтажным доме по ул. Таганской, 79 в Екатеринбурге. В данном случае было учтено, что пята буровых свай и подобных им конструкций представляет собой (по сравнению с боковой поверхностью) главный их несущий элемент, способный при правильном проектировании с учетом нелинейной деформации грунта [4] принять на себя всю возникающую аварийную или эксплуатационную нагрузку; при этом собственный вес несущего элемента по сравнению с нагрузкой будет незначительным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев Е. М. Геология и строительство. – М. : Изд-во МГУ, 1962. – 100 с.
2. Сергеев Е. М. Еще раз об инженерной геологии // Пути дальнейшего развития инженерной геологии : мат. дискуссии 1-го Межд. конгр. по инж. геол. – М. : Изд-во МГУ, 1971. – С. 117–123.
3. Корженко Л. И. Основания и фундаменты в условиях Урала. – Свердловск : Свердловское кн. изд-во, 1963. – 153 с.
4. Алехин А. Н., Алехин А. А. Определение параметров нелинейной модели грунта по данным полевых испытаний // Геотехнические проблемы мегаполисов : тр. Междун. конф. по геотехнике. – М., 2010. – С. 1201–1208.

УДК 69

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА «ЗЕЛЕНОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА

Л. Б. Гилев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительные конструкции и строительное производство»

О. С. Горнева, канд. архитектуры, доцент кафедры «Строительные конструкции и строительное производство»

И. Г. Горда, ассистент кафедры «Строительные конструкции и строительное производство»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

В целом «зеленое строительство» направлено на реализацию важнейших документов [1–6].

Зачастую под понятием «зеленое» строительство подразумевают строительство зданий с зелеными насаждениями (рис. 1).

Однако это не совсем так, точнее, совсем не так.

«Зеленое» строительство, или экологическое строительство, экостроительство, экодевелопмент – это вид строительства и эксплуатации зданий, подразумевающий минимальное воздействие на окружающую среду.

Основная цель «зеленого» строительства – снижение уровня потребления энергетических и материальных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла здания от выбора участка для строительства, проектирования, строительства, эксплуатации, ремонта и до сноса.



Рис. 1. «Зеленый» дом

Вторая цель – сохранение и повышение качества зданий, комфорта их внутренней среды.

Также важно сокращение общего влияния застройки на окружающую среду и человеческое здоровье. Это достигается за счёт эффективного использования энергии, воды и других ресурсов, внимания к поддержанию здоровья жителей и повышению эффективности работников, сокращения отходов, выбросов и других воздействий на окружающую среду.

«Зеленое» строительство направлено на объединение инновационных технологий в сфере использование экологически чистых материалов, уменьшения

количества вредных выбросов и отходов при производстве строительных конструкций, материалов и изделий, а также при возведении и эксплуатации зданий, создании здоровой и комфортной внутренней среды для проживающих собственников жилья.

ГОСТ [7] разработан с учётом передовой международной практики проектирования (LEED, BREEAM, DGNB).

Стандарт предлагает «количественные и качественные характеристики оценки многоквартирных жилых зданий в России по «зеленым» критериям, охватывающим весь жизненный цикл строительного объекта». «Зеленые» критерии оценки многоквартирных жилых зданий основаны на стремлении к достижению целей устойчивого развития, включая пункт «Устойчивые города и населенные пункты». Стандарт предусматривает градостроительную деятельность, обеспечивающую экологическую безопасность и благоприятные условия среды для жизнедеятельности человека, при которой минимизируется негативное воздействие хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и обеспечиваются охрана и рациональное использование природных ресурсов.

Стандарт предназначен для использования архитекторами, проектными и строительными компаниями, застройщиками (техническими заказчиками), управляющими и эксплуатирующими

компаниями, производителями строительных материалов и оборудования, специалистами по оценке соответствия требованиям настоящего стандарта, гражданами при выборе объекта недвижимости, а также государственными органами, органами местного самоуправления.

### Термины и аспекты [7]

«Зеленое» многоквартирное жилое здание – строение, которое комплексно снижает человеческое воздействие на природу и обеспечивает благоприятные условия для проживания на всех этапах создания такого объекта, соответствуя установленным «зеленым» стандартам.

«Зеленые» критерии – качественные и количественные мерки, используемые для оценки «зеленых» зданий согласно этому стандарту. Они описывают цели устойчивого развития объекта и содержат ряд требований к «зеленым» параметрам.

«Зеленые» параметры («зеленые» требования) – технические, экологические и организационные требования, предъявляемые на разных этапах жизненного цикла здания, подтверждающие выполнение целей, установленных в «зеленых» критериях данного стандарта.

«Зеленые» критерии многоквартирных жилых зданий сформированы в десяти категориях: «архитектура и планировка участка», «организация и управление строительством», «комфорт и качество внутренней среды», «энергоэффективность и атмосфера», «рациональное водопользование», «материалы и ресурсоэффективность», «отходы производства и потребления», «экологическая безопасность территории», «безопасность эксплуатации здания», «инновации устойчивого развития» (рис. 2).



Рис. 2. Категории оценки «зеленого» строительства

Схема на основе [7] с критериями, относящимися непосредственно к процессу строительства зданий, представлена на рис. 3.



Рис. 3. Развернутая схема оценки «зеленых» параметров на этапе строительства

В каждой категории есть обязательные критерии, которые должны быть достигнуты для при- суждения соответствующего рейтингового значения (таблица).

Рейтинговые значения степени соответствия требованиям

Рейтинговое значение	% полученных баллов
Отлично	> = 70
Хорошо	> = 60
Удовлетворительно	> = 50

На наш взгляд, необходимо добавить еще некоторые критерии, которые позволят объективно оценить уровень «зеленого» строительства.

Во вторую категорию можно добавить оценку используемых инструментов, инвентаря и измерительных приборов, качество которых влияет на качество выполняемых работ, а также применение универсальных измерительных приборов, включенных в Государственный реестр средств измерений, и соответствующий сертификат. Применение таких инструментов гарантирует точность при строительно-монтажных работах, что снизит вероятность возникновения погрешности измерений и его численное значение.

В эту категорию необходимо добавить использование транспортировочной техники с полностью закрытыми бортами для избегания распространения пыли и мелкой дисперсии при перевозке строительных материалов или отходов. Следующий критерий, который, на наш взгляд, необходимо добавить в категорию организации строительства, – преимущественное использование электротехники и электрооборудования при производстве строительно-монтажных работ на протяжении всего строительного жизненного периода. Такой критерий позволит привести статистику и выявить процентное отношение использования техники, машин и механизмов, работающих на электрической энергии и на углеводородном топливе. Эта мера позволит привлечь внимание строительных компаний к снижению количества используемой техники, которая вырабатывает углекислый газ, что снизит выбросы парниковых газов в атмосферу. Эти критерии обязательны для получения оценки «хорошо» и «отлично».

Пятую категорию можно дополнить критерием, который позволит оценивать вторичное использование сточных вод при мытье строительной техники на контрольно-пропускных пунктах и (или) иных организованных местах; обязателен для получения оценки «хорошо» и «отлично».

К шестой категории можно добавить новый критерии либо трактовать имеющийся о выборе производителя следующим образом: выбор местных производителей строительных материалов с учетом рыночного рейтинга товара. Также необходимо внести критерий, который оценивает использование материалов вторичной переработки. Такой критерий в данной категории должен оценивать процентное соотношение используемых материалов из древесины и вторичной переработки к общему числу применяемых материалов; относятся к обязательным для получения оценки «хорошо» и «отлично».

В седьмую категорию можно добавить такой критерий, как приоритетный выбор мест утилизации строительных отходов с учетом ближайшего расстояния от строительной площадки. Такая мера позволит снизить уровень выбросов парниковых газов в атмосферу при транспортировке отходов. Критерий обязателен для оценки «отлично».

В десятую категорию можно добавить обучение грамотной эксплуатации инженерных сетей зданий и сооружений на этапе пусконаладочных работах. Он подразумевает наличие программы, которая ориентирована на обучение и аттестацию ответственных сотрудников эксплуатирующей компании. Преимущество – аттестация на этапе сдачи объекта в эксплуатацию, что позволит сразу оценить полученные знания на практики с возможностью консультации у компании, которая производит монтаж систем. Также критерий по измерению климата необходимо расширить путем разделения измерений климата как внутри, так и снаружи «зеленого» здания. Установка датчиков измерения климатических параметров с возможностью автоматической передачи на гидрометеостанцию приведет к увеличению количества измерений, что позволит вести анализ

климата города и (или) района застройки с высокой точностью и достоверным прогнозом. Данные критерии являются обязательными для получения оценки «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично».

Рассмотрим общую развернутую схему оценки по категориям с предлагаемыми нами дополнительными критериями (рис. 4).

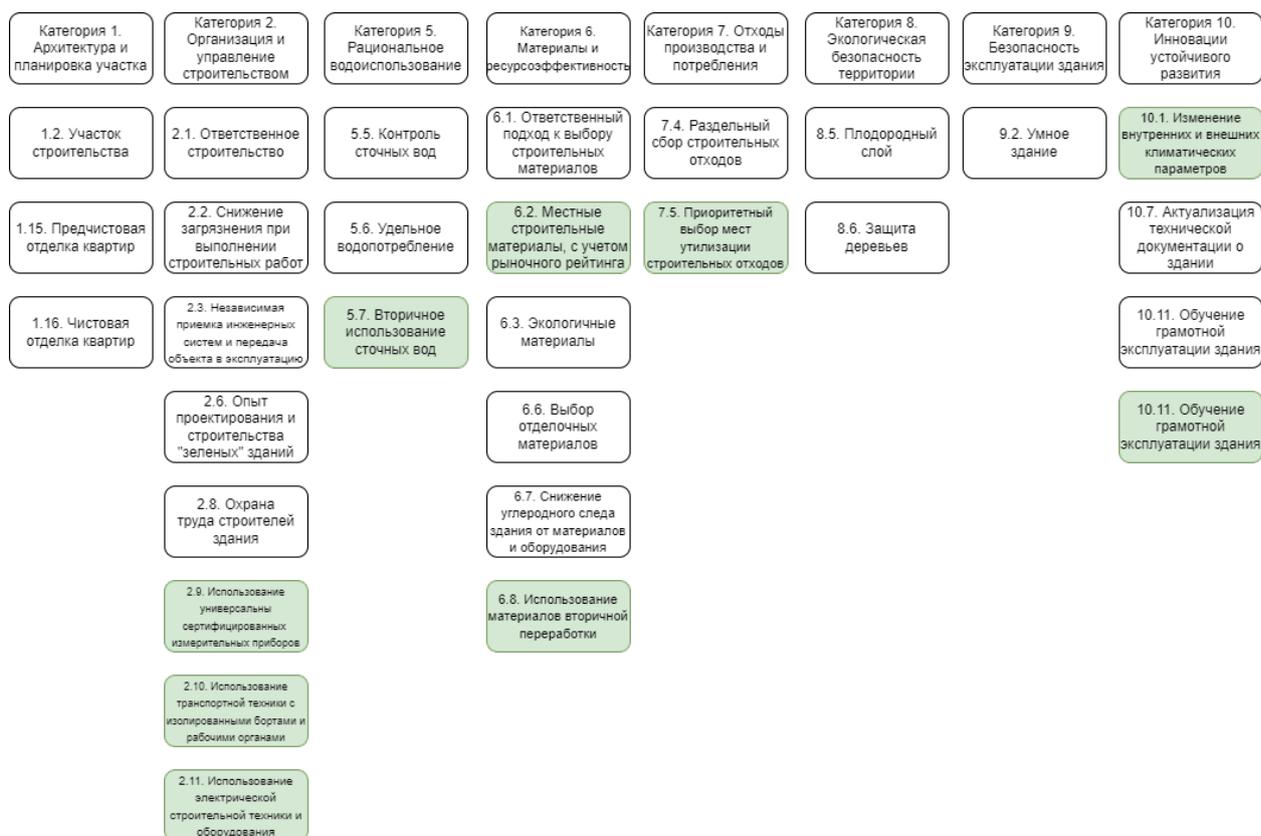


Рис. 4. Предлагаемая развернутая схема оценки «зеленых» параметров на этапе строительства

Предложенная система критериальной оценки качества строительных работ позволит повысить качество выполняемых работ, уменьшить количество дефектной продукции в ходе выполнения строительно-монтажных работ, обеспечить создание современной готовой строительной продукции на уровне мировых стандартов, снизить эксплуатационные затраты на содержание зданий и сооружений, повысить уровень вовлеченности работников в экологическую дисциплину, минимизировать негативное влияние строительно-монтажных работ как на окружающую среду, так и на человека в целом, снизить уровень выбросов парниковых газов и уменьшить углеродный след, перераспределить потребление топливно-энергетических ресурсов при строительстве, снизить уровень концентрации вредных веществ в воздухе, воде и почве.

Предложенные критерии позволяют определить уровень экологической устойчивости здания и его соответствие современным стандартам. Добавление новых критериев (учет местных производителей, ответственное управление строительными отходами, обучение эксплуатации здания и применение точных измерительных инструментов) расширяет область оценки, что приводит к комплексному подходу к оценке «зеленого» строительства.

Эти критерии способствуют повышению качества и эффективности строительства, направлены на минимизацию воздействия на окружающую среду, оптимизацию эксплуатационных расходов и увеличение вовлеченности работников в экологическую дисциплину. Кроме того, они учитывают и экологические аспекты, включая сокращение выбросов и более эффективное использование ресурсов, что делает здания более устойчивыми и пригодными для жизни.

Таким образом, «зеленые» критерии не только представляют собой основу для оценки степени «зеленого» строительства, но и служат ориентиром для достижения более экологически устойчивых и эффективных строительных практик.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН от 25 сентября 2015 г. № 70/1 «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года». URL: [https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1\\_ru.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_ru.pdf) (дата обращения: 16.11.2023).
2. Парижское Соглашение (Париж, 12 декабря 2015 г., 21 сессия). URL: [https://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf) (дата обращения: 16.11.2023).
3. Указ Президента Российской Федерации от 8 февраля 2021 г. № 76 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/46415> (дата обращения: 16.11.2023).
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 г. № 1912-р «Об утверждении целей и основных направлений устойчивого (в том числе «зеленого») развития Российской Федерации». URL: <http://static.government.ru/media/files/sMdcuCaAX4O5j3Vy3b1GQwCKfa9lszW6.pdf> (дата обращения: 16.11.2023).
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 сентября 2021 г. № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе «зеленого») развития в Российской Федерации и требований к системе верификации проектов устойчивого (в том числе «зеленого») развития в Российской Федерации». URL: <http://government.ru/docs/all/136742/> (дата обращения: 16.11.2023).
6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года». URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_399657/ba12a67ff89e1b6581fc0e37a3a6ff38f592f68e/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_399657/ba12a67ff89e1b6581fc0e37a3a6ff38f592f68e/) (дата обращения: 16.11.2023).
7. ГОСТ Р 70346-2022. «Зеленые» стандарты. Здания многоквартирные жилые «зеленые». Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200193111> (дата обращения: 16.11.2023).

# ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

---

УДК 004.946

## ТРАНСПОРТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ОСОБЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН

И. В. Еремина, канд. техн. наук, доцент

С. С. Иванов, магистрант, 2-й курс

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Одна из основных целей, которые преследуются при создании особых экономических зон (ОЭЗ), – привлечение инвестиций, вкладываемых как иностранными, так и отечественными инвесторами в приоритетные направления российской экономики [1]. Такие инвесторы называются резидентами особых зон, их можно разделить на три группы (рис. 1).



Рис. 1. Группировка инвесторов ОЭЗ

Создание ОЭЗ помогает решению множества задач, среди которых особенно актуально создание импортозамещающих производств. Для решения этой задачи необходимо внедрить в производство новые виды продукции и развивать высокотехнологичные отрасли экономики.

В нашей стране существует 38 особых экономических зон, где ведут свою деятельность 856 резидентов. В 149 из них присутствует иностранный капитал, принадлежащий предприятиям более чем из 40 стран. Общий объем иностранных инвестиций составил более 243 млрд руб. Объем инвестиционных вложений в российские ОЭЗ представлен на рис. 2.

Всего в развитие особых зон привлечено более 460 млрд руб. Компании-резиденты заявили более 1 трлн руб. инвестиций [2].

Основные инвесторы в ОЭЗ нашей страны – российские. Производствам эта инвестиционная деятельность дает возможности для развития и позволяет выйти на качественно новый уровень.

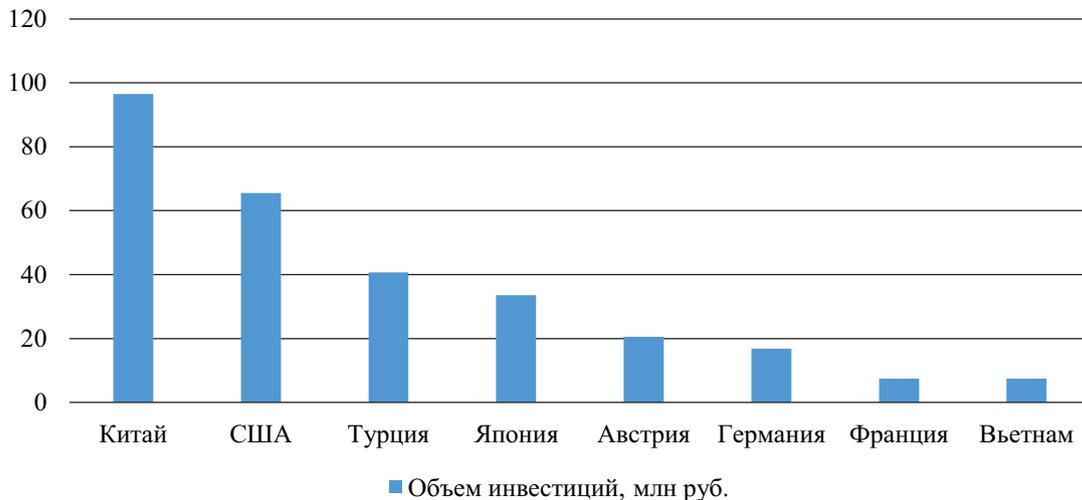


Рис. 2. Основные страны-инвесторы в российские ОЭЗ

В Свердловской области в 2012 г. создана ОЭЗ «Титановая долина». По информации Минэкономразвития, она вошла в пятерку лидеров по инвестиционной привлекательности.

Титановая долина – это промышленно-производственная зона (ППЗ). Здесь находятся предприятия тяжелой промышленности, среди которых завод по производству титанового сплава. Она располагается на Уктусе и в Верхней Салде.

При оценке возможности своего участия в проекте инвесторы прежде всего ориентируются на наличие инфраструктуры. Очень важны логистические возможности. И, конечно, строительство железнодорожной ветки – важное преимущество для потенциальных резидентов [3].

Свердловская железная дорога ведет строительство железнодорожной инфраструктуры на верхнесалдинской площадке ОЭЗ «Титановая долина» (2021 г.). Проект реализуется с использованием инструментов частно-государственного сотрудничества в рамках концессионного соглашения между ОАО «РЖД» и правительством Свердловской области. Запланировано построить железнодорожные пути общей продолжительностью 7,6 км; общий объем инвестиций составляет 1,6 млрд руб.

В 2022 г. завершены работы по устройству путевого развития промышленной станции. Это включало в себя постройку 12 станционных путей общей длиной 4,5 км, 18 стрелочных переводов и подъездного пути к станции Верхняя Салда. Также построено здание объединенного поста ЭЦ. В настоящее время продолжается строительство контейнерной площадки. Благодаря этой инфраструктуре станция сможет принимать полувагоны, а также 20- и 40-футовые контейнеры, что позволит доставлять по железной дороге необходимые материалы и оборудование для строительства объектов в «Титановой долине».

ОЭЗ «Титановая долина» представляет собой выделенную территорию, где создаются особые условия для привлечения инвестиций и развития определенных отраслей экономики.

### Перспективы создания инфраструктуры развития железнодорожного транспорта в ОЭЗ [4]

Во-первых, «Титановая долина» находится вблизи существующих железнодорожных магистралей или планируемых к развитию транспортных коридоров, поэтому её перспективы можно оценивать как благоприятные. В свою очередь, доступность и взаимосвязи с другими регионами будет способствовать развитию железнодорожного транспорта.

Во-вторых, для развития ОЭЗ необходимо наличие долгосрочных планов развития инфраструктуры железнодорожного транспорта и достаточные инвестиции для их реализации.

В-третьих, стратегия развития ОЭЗ «Титановая долина» предполагает, что в перспективе она должна обладать достаточными ресурсами в виде развивающихся отраслей, которые будут нуждаться в транспортировке их продукции по железной дороге. Большой объем грузоперевозок

будет стимулировать развитие железнодорожной инфраструктуры. Значительно ускорит развитие железнодорожной инфраструктуры партнерство как с государственными, так и частными инвесторами. В конечном итоге наличие долгосрочных соглашений и запланированных инвестиций может обеспечить устойчивое развитие не только ОЭЗ, но и всего региона.

Конкуренция различных видов транспорта влияет на их развитие. Потребность в транспортных услугах железной дороги будет стимулировать создание соответствующей инфраструктуры.

Создаваемая инфраструктура позволит организовать транспортное обслуживание промышленных площадок резидентов особой экономической зоны на качественно новом уровне. Совокупный объем железнодорожных перевозок резидентов «Титановой долины» оценивается в 500 тыс. т грузов в год.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов П. В. Особые экономические зоны как механизм эффективного развития международной инвестиционной и инновационной деятельности // *Мировая политика*. – 2013. – № 1. – С. 51–144.
2. Особые экономические зоны как инструменты инвестиций. URL: <https://titanium-valley.com/stati/osobyie-ekonomicheskie-zony-kak-instrumenty-investitsi> (дата обращения: 5.11.2023).
3. Белянцева О. М., Крючкова И. В., Крючкова Ю. В. Особенности создания и функционирования особых экономических зон в России // *Цифровая и отраслевая экономика*. – 2022. – № 2 (27). – С. 55–65.
4. Особая экономическая зона промышленно-производственного типа «Титановая долина». URL: <https://mir.midural.ru/osobaya-ekonomicheskaya-zona-promyshlenno-proizvodstvennogo-tipa-titanovaya-dolina>.

УДК 656.01

# АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА РОССИИ И ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЕГО ПРОБЛЕМ

О. Л. Домнина, канд. техн. наук

Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород

Базой для проведения анализа послужили официальные данные Росстата [1] и проведенные исследования [2, 3], дополненные за последние годы.

## Место транспортной отрасли в развитии экономики России

По итогам 2023 г. прогнозируется доля транспортной отрасли в ВВП на уровне 5,6 %, около 8 % составляет численность занятых в отрасли, на нее приходится до 22 % всех основных фондов [1].

## Численность и состояние транспортных средств и инфраструктуры

В 2021–2022 гг. численность грузовых и пассажирских транспортных средств практически не изменилась. Незначительное увеличение связано с ростом парка вагонов и автомобилей на фоне падения количества транспортных средств на водном и авиационном транспорте.

Необходимо отметить повышающийся износ основных фондов на транспорте: 51,6 % (2022 г.) [1]. Наиболее изношенными оказались машины и оборудование на транспортных терминалах. Но максимальная доля инвестиций, направленная на реконструкцию и модернизацию, приходится в складское хозяйство и водный транспорт.

В области производства транспортных средств в 2022 г. наблюдалось существенное падение производства автомобилей (–58 % новых и –19 % с пробегом) и переориентация с европейского рынка производителей в основном на азиатский. При этом отечественное производство автомобилей упало на 65,9 % [4].

На железнодорожном транспорте в 2022 г. значительно обновился вагонный парк; дефицит запасных частей и подшипников удалось решить лишь к середине 2023 г.

На водном транспорте по итогам 2022 г. также зафиксировано падение объемов производства флота на 20 % [5]. Несмотря на инвестиции в отечественное судостроение и переориентацию на поставщиков из дружественных стран, темпы обновления флота явно не достаточные.

Особенно тяжелая ситуация на авиационном транспорте: авиационный парк сократился на 66,2 %. Участились случаи поломок, задержек рейсов или их отмены из-за технического состояния самолетов.

В 2022 г. зафиксирован значительный рост инвестиций в терминальную инфраструктуру за счет средств государственного бюджета. Но в 2023 г. темпы этих инвестиций снизились. В перспективе ожидается увеличение доли частных инвестиций на фоне уменьшения государственного участия.

## Динамика перевозок грузов и пассажиров

В 2022 г. перевезено 6,9 млн т грузов (–0,4 % по сравнению с 2021 г.) и 14,3 млрд пассажиров (+4,1 %) [1, 7, 8]. При этом по различным видам транспорта ситуация различается. По перевозкам грузов в 2022 г. наблюдался рост перевозок автомобильным, морским и внутренним водным транспортом. По железной дороге и на трубопроводном транспорте зафиксировано незначительное снижение объемов перевозок, а авиационные перевозки снизились более чем в два раза. По пассажирским перевозкам увеличилось количество перевезенных пассажиров за счет роста перевозок на железнодорожном, автомобильном и внутреннем водном транспорте на фоне снижения перевезенных пассажиров на морском и воздушном транспорте.

### Состояние контейнерных перевозок

Санкции и отказ европейских и американских компаний предоставлять России контейнеры провоцировал дефицит контейнерного парка. Но в 2022 г. произведено на 41,9 % больше контейнеров, чем в 2021 г., хотя это не сказалось на объемах контейнерных перевозок: в 2022 г. они превышали показатели перевозки контейнеров 2021 г. по железной дороге лишь на 0,3 %, существенно снизился оборот контейнеров и в морских портах [9].

### Смещение акцентов транспортной логистики

В 2022 г. основной упор в транспортной логистике делался на поиск новых маршрутов доставки товаров, новых партнеров, изменение схем взаиморасчетов и закупки. В 2023 г. основной акцент постепенно сместился на поиск эффективных решений при доставке товаров (тщательный отбор партнеров и поиск оптимальных маршрутов) [10].

### Внедрение цифровых технологий в работу транспортной отрасли

Дефицит кадров в сфере транспортной отрасли можно компенсировать использованием цифровых технологий. Их внедрение позволит увеличить производительность труда в отрасли, повысить качество предоставляемых услуг [3].

Многие транспортные компании уже встали на путь цифровой трансформации. Но большая часть компаний занимается реализацией лишь краткосрочных проектов, хотя необходимость развития таких технологий не вызывает сомнений.

### Основные проблемы работы транспортной отрасли [11]

Сократился объем перевозок грузов, особенно на авиационном транспорте и на балтийском направлении (всеми видами транспорта).

Изменились схемы доставки грузов вследствие переориентации российского бизнеса с европейских транспортных компаний на китайские транспортные компании, что привело к удлинению маршрутов.

Из-за изменения маршрутов, логистических цепочек доставки грузов обострились проблемы использования транспортной инфраструктуры.

Существенно выросла стоимость транспортной логистики.

увеличились сроки доставки грузов.

Обострилась проблема ремонта и строительства транспортных средств (особенно на воздушном и водном транспорте).

Произошел рост рисков в процессе перемещения грузов.

Выявленные проблемы говорят о необходимости актуализации транспортной стратегии, увеличении инвестиций в транспортную инфраструктуру и оптимизации бизнес-процессов транспортных компаний.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Данные Росстата. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/10705> (дата обращения: 17.09.2023).
2. Домнина, О. Л. Основные проблемы транспортного комплекса России и пути их решения / О. Л. Домнина, А. Н. Ситнов, И. В. Липатов // Речной транспорт (XXI век). – 2019. – № 3 (91). – С. 23–25.
3. Цифровизация транспортной логистики как драйвер будущего развития страны / О. Л. Домнина, В. В. Цверов, А. А. Лисин, О. В. Чувилина // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2019 : Материалы двенадцатой международной конференции Научное электронное издание, Москва, 01–03 октября 2019 года / под общей ред. С. Н. Васильева, А. Д. Цвиркуна. – Москва : Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2019. – С. 668–670.
4. Аналитическое агентство Автостат. URL: <https://www.autostat.ru/> (дата обращения: 08.11.2023).

5. Операторы грузовых вагонов: итоги 2022 года и прогнозы на 2023 год. URL: <https://rollingstockworld.ru/gruzovye-vagony/operatory-gruzovyh-vagonov-itogi-2022-goda-i-prognozy-na-2023-god/> (дата обращения: 08.11.2023).
6. Верфи спустили все возможное. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5774243> (дата обращения: 08.11.2023).
7. Актуализация транспортной стратегии России как необходимое условие обеспечения экономического прорыва и национальной безопасности страны на этапах геополитического противостояния : Коллективная монография : в 2-х частях / З. Б. Амирова, Л. Б. Аристова, Ю. М. Баженов [и др.]. – Нижний Новгород : Волжский государственный университет водного транспорта, 2023. – Ч. 1. – 482 с.
8. Актуализация транспортной стратегии России как необходимое условие обеспечения экономического прорыва и национальной безопасности страны на этапах геополитического противостояния : коллективная монография: в 2-х частях / З. Б. Амирова, Л. Б. Аристова, Ю. М. Баженов [и др.]. – Нижний Новгород : Волжский государственный университет водного транспорта, 2023. – Ч. 2. – 336 с.
9. Анализ рынка грузовых контейнеров в России – 2023. Показатели и прогнозы. URL: <https://tebiz.ru/mi/rynok-gruzovykh-kontejnerov-v-rossii> (дата обращения: 08.11.2023).
10. Домнина, О. Л. Современное состояние, проблемы и основные направления развития логистики на водном транспорте / О. Л. Домнина, В. Н. Костров, А. О. Ничипорук // Научные проблемы водного транспорта. – 2023. – № 76. – С. 141–165.
11. Домнина, О. Л. Влияние санкций на перевозку грузов / О. Л. Домнина // Транспорт. Горизонты развития : Труды 2-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 07–09 июня 2022 года. – Нижний Новгород : Волжский государственный университет водного транспорта, 2022. – С. 9.

УДК 33.338.331

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ И РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ РФ

К. Е. Степанов, 2-й курс (научный руководитель – И. Е. Семенко, канд. пед. наук)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

В 2023 г. железнодорожным транспортом перевезено 45,7 % (85,9 % с учетом трубопроводного) грузов [1] (рис. 1). Показатели транспорта железнодорожной отрасли: объем погрузки и грузооборот, позволяющие понимать динамику затрат и динамику доходов [3].

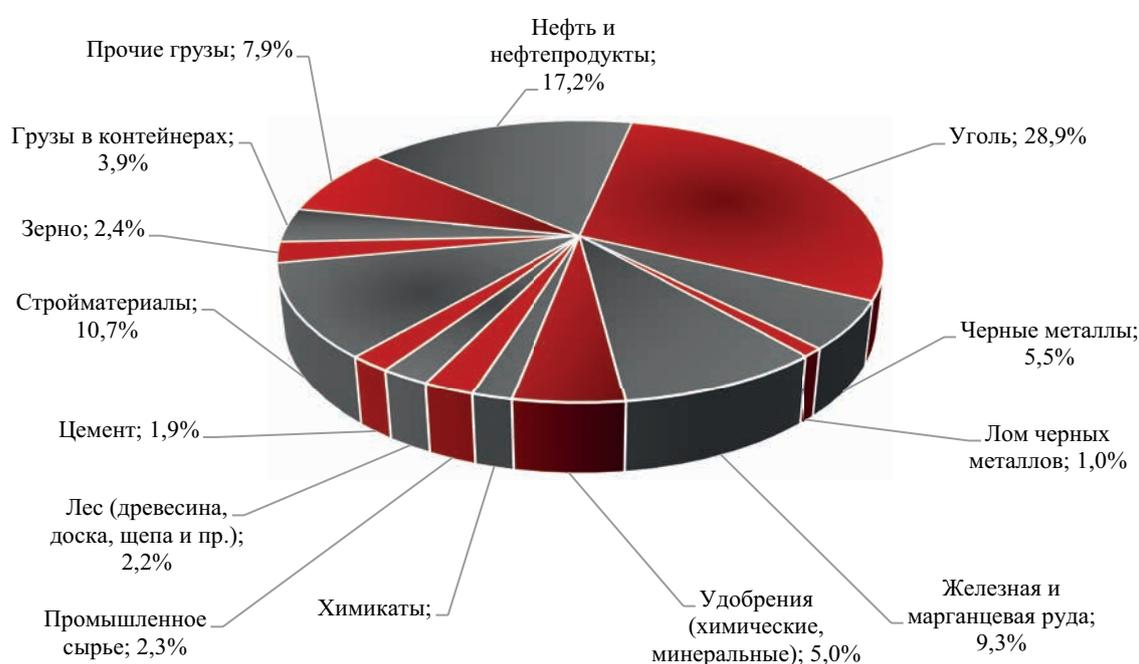


Рис. 1. Показатели в общей сумме перевозок РЖД в 2023 г., %

По данным Росстата доля приращения угля составила 28,7 % в год [1], доля нефти и нефтепродуктов снизилась с 16,3 до 16,1 % от тенденции погрузки нефтеналивных грузов.

Показатель 2022 г. на 1,4 % выше и составляет 2667,6 млрд т-км к 2022 г. [2].

Значение соответствующих показателей по видам сообщения приведено в таблице 1.

Таблица 1

### Динамика перевозок по отрасли

	Перевезено за 1 полугодие 2022 г., тыс. т	Перевезено за 1 полугодие 2023 г., тыс. т	Изменение в 2023 г. к 2022 г., %
Всего перевезено, в т.ч.	673 095,50	685 144,10	101,8
внутри страны	401 811,50	406 757,80	101,2
экспорт	219 047,20	219 220,80	100,1
импорт	35 060,30	37 981,40	108,3
транзит	17 176,50	21 184,10	123,3

Перевезено грузов за 1 полугодие 2023 года, %



Рис. 2. Количественные показатели перевезённых грузов

В 2022–2023 гг. увеличились показатели перевезенных грузов [4], рис. 2.

Для развития грузо- и пассажироперевозок железнодорожным транспортом важно исправное состояние железнодорожных стрелок и, как следствие, своевременность и скорость отправления грузов и пассажиров.

Плановое распределение работ структурного подразделения дистанции пути количества стрелок, которое должно быть отремонтировано, в зависимости от штатной численности персонала дистанции пути (таблица 2) позволяет определить зависимость распределения.

Таблица 2

Плановое распределение работ по ПЧ-3

	Стрелки, кол-во	Персонал, кол-во
ПЧ1	12	800
ПЧ2	9	650
ПЧ3	8	500
ПЧ4	8	400
ПЧ5	11	470

Графики подтверждают, что достаточное финансирование позволит каждому структурному предприятию достигать плановых показателей с соизмеримой прибылью.



Рис. 3. Сравнение запланированного объема работ и фактически исполненного при финансировании в недостаточном объеме, план/факт



Рис. 4. Сравнение запланированного объема работ и фактически исполненного при финансировании в достаточном объеме, факт/план

Несовпадение двух линий на графике обусловлено в точках совпадения компетентностью руководства структурного предприятия, отсутствием или минимальной текучестью кадров, стимулированием персонала, своевременно заключенными договорами на поставку запасных частей, в точках несовпадения: нехваткой текущего персонала (ранее уволились, переходящие, отсутствуют соискатели и недостаточностью объема материалов.

Точки на графиках являются формой выражения информации, необходимой для вычисления зависимостей, прогнозирования, составления статистики или создания планов на будущее, описывающих тенденции развития.

Фактическое исполнение плановых величин будет соответствовать долгосрочной тенденции развития как региональной, так и национальной экономики отрасли РФ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грузооборот по видам транспорта // Росстат. URL: [https://rosstat.gov.ru/statistics/transport\\_08-11-2023.html](https://rosstat.gov.ru/statistics/transport_08-11-2023.html).
2. Транспорт в России : Стат. сб. – Т. 65. – М., 2022. – 101 с.
3. Транспорт в России : Стат. сб. – Т. 65. – М., 2020. – 108 с.
4. Зябиров Х. Ш. Эффективные технологии и современные методы управления на железнодорожном транспорте : (теория, практика, перспективы) / Х. Ш. Зябиров, И. Н. Шапкин. – Москва : Транспорт ; Финансы и статистика, 2018. – 502.

УДК 004.946

## ЗАМЕНА ШТАТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ НА УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

А. С. Озеров, 4-й курс,

Д. С. Фисенко, 4-й курс (научный руководитель – П. В. Новиков, канд. физ.-мат. наук, доцент)  
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск

На большинстве станций ОАО «РЖД» применяется система освещения, непрерывно работающая в темное время суток, что приводит к повышенному потреблению электрической энергии, а также выходу из строя осветительных элементов, требует регулярного обслуживания и замены лампочек или других компонентов [1–5].

Для расчета общего потребления сначала было определено, сколько потребляет один фонарь на станции. Среднее потребление энергии в год  $\approx 730$  кВт·ч. В России в 2023 г. кВт·ч стоил в среднем 4 руб.

Определение затрат на 1 фонарь:

$$Z_{\text{фонарь}} = R_{\text{фонарь}} \cdot E_{\text{фонарь}}, \quad (1)$$

где  $Z_{\text{фонарь}}$  – затраты на фонарь;  $R_{\text{фонарь}}$  – средняя стоимость киловатт-часа в России в 2023 г.;  $E_{\text{фонарь}}$  – потребление энергии в год.

Подставим значения и получим, сколько потребляет один фонарь на станции.

$$Z_{\text{фонарь}} = 4 \cdot 730 = 2920 \text{ руб.}$$

На каждой станции стоят около ста осветительных приборов на путях и горловинах парков приема и отправления, сортировочных и вытяжных путях, тормозных позициях, хвостовых частей сортировочных парков, ремонтных путях, участках расцепки и т.д.

Определение затрат на освещение одной станции:

$$S_{\text{станции}} = K_{\text{фонарей}} \cdot Z_{\text{фонарь}}, \quad (2)$$

где  $S_{\text{станции}}$  – затраты на освещение одной станции;  $Z_{\text{фонарь}}$  – затраты на 1 фонарь;  $K_{\text{фонарей}}$  – среднее количество осветительных приборов на станции.

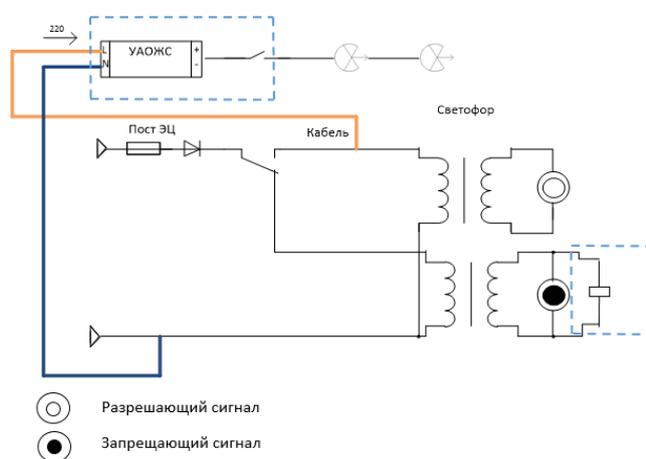
Подставим значения и получим затраты на одну станцию в год:

$$S_{\text{станции}} = 100 \cdot 2920 = 292000 \text{ руб./г.}$$

Решением данной проблемы будет подключение всех осветительных приборов через сигнальные реле (рис.).

Тем самым, когда на светофоре зажжётся разрешающий сигнал, реле под действием электромагнитного поля переключится, электроэнергия пойдет на осветительные приборы и зажжёт их.

С помощью систем УАОЖС можно уменьшить затраты на электроэнергию в три раза (примерно 194000 руб. экономии).



Подключение осветительных приборов через сигнальное реле

Срок окупаемости:

$$C_{\text{окупаемости}} = \frac{B_{\text{вложение}}}{P_{\text{э.э.}}}, \quad (3)$$

где  $C_{\text{окупаемости}}$  – срок окупаемости продукта;  $B_{\text{вложение}}$  – стоимость продукта;  $P_{\text{э.э.}}$  – экономический эффект.

Подставим значение и получим срок окупаемости устройства:

$$C_{\text{окупаемости}} = 194000/100000 = 1,9 \text{ г.}$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство, предназначенное для автоматического управления наружным освещением на железнодорожных станциях. URL: <https://pt.2035.university/project/antivandalnaa-sistema-kontrola-urovna-topliva>.
2. ГОСТ 34935-2023. Освещение наружное объектов железнодорожного транспорта. Нормы и методы контроля.
3. Дегтярев В. О, Корягин О. Г., Фирсанов Н. Н. Осветительные установки железнодорожных территорий. – М. : Транспорт, 1987. – 223 с.
4. Радванский В. Д. Освещение железнодорожных станций и помещений. – М., 1932. – 96 с.
5. ОСТ 32.120-98. Нормы искусственного освещения объектов железнодорожного транспорта. – М., 1998.

УДК 338.47

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ ИНФРАСТРУКТУРЫ В РАМКАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

М. А. Ромашева, канд. экон. наук, преподаватель кафедры «Экономика транспорта»

М. О. Северова, канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика транспорта»  
Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

Реализация принципов устойчивого развития на уровне предприятия, с одной стороны, служит показателем его эффективной работы и принятия общественных обязательств. С другой, обеспечивает повышение корпоративного имиджа компании и содействует достижению высоких показателей эффективности его деятельности.

Транспорт определен в качестве одного из основных направлений устойчивого (в том числе «зеленого») развития РФ [7].

С точки зрения ведения бизнеса, «РЖД» – одна из прогрессивных компаний, которая поддерживает глобальные тенденции и ставит масштабные цели по многим направлениям деятельности. Холдинг постоянно совершенствуется и применяет современные методы, подходы и инструменты для принятия управленческих решений. Для различных целей управления применяется процессный подход. «Он является основополагающим принципом системы управления качеством в компании ОАО «РЖД» и обеспечивает обоснованность и исполняемость принимаемых решений» [6].

В сфере текущего содержания железнодорожного пути преимуществом процессного подхода служит возможность детализированного формирования бюджета производства по производственным операциям, так как специфика путевого хозяйства заключается в труднопрогнозируемом вероятностном характере работ.

Для внедрения процессного подхода к повышению эффективности деятельности в компании в целом и в частности в инфраструктурном сегменте необходима реализация концепции нормативно-целевого бюджетирования затрат предприятий путевого комплекса. Реализация концепции процессного планирования на предприятиях инфраструктурного комплекса позволяет достигнуть следующих результатов.

Повышение качества содержания инфраструктуры за счет выделения бюджета и обеспечения ресурсами полного перечня работ, необходимых для поддержания инфраструктуры в состоянии, при котором обеспечивается отсутствие отказов и браков в работе.

Снижение инфраструктурной составляющей транспортного тарифа за счет оптимизации расходов на текущее содержание пути, снижения непроизводительных потерь и расходов на восстановление и возмещение убытков.

Улучшение бюджетной дисциплины предприятий инфраструктурного комплекса за счет более качественного и оптимального планирования бюджетных показателей в части расхода материалов и затрат на оплату труда.

В холдинге «РЖД» значимое место отведено корпоративной социальной ответственности, компания также вносит существенный вклад в реализацию целей устойчивого развития ООН [2]. На железнодорожном транспорте реализуются 13 из 17 глобальных целей устойчивого развития (рис. 1).

Приоритет развития транспортной отрасли – наращивание грузопотока, увеличение пропускных и провозных способностей, создание новых транспортных коридоров. Необходимость развития инфраструктуры утверждена в Транспортной стратегии России, где зафиксирован «рост объемов строительства инфраструктурных объектов на всех видах транспорта, особенно на сети железных дорог» [5].

<p><b>3</b> ХОРОШЕЕ ЗДОРОВЬЕ И БЛАГОПОЛУЧИЕ </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ежегодную диспансеризацию прошли 98 % работников</li> <li>• введены целевые программы по снижению заболеваемости онкологическими и сердечно-сосудистыми заболеваниями.</li> </ul>	<p><b>4</b> КАЧЕСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• в рамках федерального проекта «Профессионалитет» создано 10 отраслевых образовательно-производственных центров, к обучению в которых приступили свыше 700 студентов-целевиков</li> </ul>	<p><b>5</b> ГЕНДЕРНОЕ РАВЕНСТВО </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• работали Координационный совет ОАО «РЖД» и координационные региональные советы железных дорог по совершенствованию условий труда, отдыха и социальной поддержки женщин</li> </ul>
<p><b>6</b> ЧИСТАЯ ВОДА И САНИТАРИЯ </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• введено в эксплуатацию пять очистных сооружений</li> <li>• реализован проект «Мобильный комплекс для очистки подтоварных вод, проливов, ливневых стоков, загрязненных эмульгированными и растворенными нефтепродуктами»</li> </ul>	<p><b>7</b> НЕДОРОГОСТОЯЩАЯ И ЧИСТАЯ ЭНЕРГИЯ </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• реализуются проекты, направленные на повышение энергоэффективности деятельности</li> <li>реализован проект «Автономная система энергообеспечения», направленный на снижение вредного воздействия на окружающую среду</li> </ul>	<p><b>8</b> ДОСТОЙНАЯ РАБОТА И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• подписан Коллективный договор ОАО «РЖД» на 2023–2025 год</li> <li>• трижды проведена индексация заработной платы (суммарно на 14,9 %), повышены негосударственные пенсионные выплаты и зональные надбавки</li> </ul>
<p><b>9</b> ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ, ИННОВАЦИИ И ИНФРАСТРУКТУРА </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• портфель инновационных проектов Комплексной программы инновационного развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года был увеличен на 25 % к уровню 2021 года</li> </ul>	<p><b>11</b> УСТОЙЧИВЫЕ ГОРОДА И НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• продолжилось развитие мультимодальных маршрутов и транспортных пересадочных узлов, что способствует росту мобильности городского населения</li> </ul>	<p><b>12</b> ОТВЕТСТВЕННОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ОАО «РЖД» добровольно приняло на себя обязательства по селективному накоплению отходов бумаги (картона), стекла, пластика и бытового алюминия с вовлечением клининговых и аутсорсинговых компаний</li> </ul>
<p><b>13</b> БОРЬБА С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• продолжен переход на инновационные типы подвижного состава</li> <li>• разработка Комплексной методики количественного определения выбросов парниковых газов ОАО</li> </ul>	<p><b>15</b> СОХРАНЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ СУШИ </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• высажено 572 тыс. саженцев на площади, равной 145 футбольным полям</li> <li>• выполнены мероприятия Плана по охране окружающей среды на Байкальской природной территории</li> </ul>	<p><b>16</b> МИР, ПРАВОСУДИЕ И ЭФФЕКТИВНЫЕ ИНСТИТУТЫ </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• по итогам Антикоррупционного рейтинга российского бизнеса ОАО «РЖД» признано одной из лучших крупнейших российских компаний, как и в предыдущие два года</li> </ul>
<p><b>17</b> ПАРТНЕРСТВО В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проект «Агроэкспресс» и проект «Байкальская международная школа» получили награды за выдающиеся достижения в конкурсе «Решения БРИКС для целей устойчивого развития»</li> </ul>		

Рис. 1. Вклад ОАО «РЖД» в достижение целей устойчивого развития ООН в 2022 г.

Наличие и доступность транспортно-логистической инфраструктуры имеет большое экономическое и социальное значение в рамках достижения целей устойчивого развития. Развитие инфраструктуры – это рост объемов производства и торговли, новые рабочие места, развитие культуры и туризма, повышение уровня доходов населения. Однако не следует забывать и о возможных рисках, так как железнодорожный транспорт, как и другие промышленные предприятия, несет определенную экологическую нагрузку на окружающую среду. Поэтому важно сохранять баланс и распределять ответственность в рамках стратегии устойчивого развития транспортной отрасли. Кроме того, предприятия путевого хозяйства имеют достаточный потенциал для разработки механизмов управления [4].

Процессный подход во многих аспектах способствует повышению качества работы предприятий, в таком случае интересно выявить, какое влияние будут иметь результаты внедрения процессного подхода на предприятиях инфраструктуры на достижение целей устойчивого развития транспортной отрасли в целом. Для этого сформирована матрица, которая показывает взаимосвязь достоинств процессного подхода к управлению затратами предприятий инфраструктурного комплекса железнодорожного транспорта и общепринятых целей в области устойчивого развития.

Устойчивое развитие – это процесс, который имеет глобальную и локальную составляющие. Не все цели одинаково актуальны для разных отраслей и регионов, поэтому выделены те цели, которые реализуются в транспортной отрасли, в частности, в ОАО «РЖД», определенным образом связанные с инфраструктурной составляющей транспортного процесса. Выбранные цели в области устойчивого развития представлены в первом столбце матрицы. Первая строка отражает результаты внедрения процессного подхода к управлению затратами предприятий инфраструктуры. Пересечение строки и столбца показывает, каким образом реализация процессного подхода помогает в достижении целей устойчивого развития применительно к транспортной отрасли (рис. 2).

Цели устойчивого развития	Цели процессного подхода	Повышение качества содержания инфраструктуры	Снижение инфраструктурной составляющей транспортного тарифа	Улучшение бюджетных показателей предприятий путевого комплекса
Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте		Снижение рисков аварий и сходов подвижного состава по вине неисправности пути и, соответственно, снижение рисков травм и смерти людей в данных случаях	—	—
Содействие устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех		Создание безопасных условий для работников, сокращение производственного травматизма за счет снижения рисков аварий по вине неисправности пути	—	Повышение средней заработной платы и вместе с этим благосостояния работников путевого комплекса при условии выполнения установленных бюджетных показателей
Создание стойкой инфраструктуры, содействие индустриализации и инновациям		Обеспечение устойчивости транспортной инфраструктуры за счет повышения качества ее обслуживания	Обеспечение развития транспортной инфраструктуры за счет снижения расходов на ее содержание	—
Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов		Обеспечение безопасности и надежности транспортной инфраструктуры городов и населенных пунктов за счет повышения качества ее обслуживания	Обеспечение доступности транспортной инфраструктуры для всех пользователей за счет снижения тарифов	—
Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства		Снижение рисков аварий и сходов подвижного состава по вине неисправности пути и, соответственно, снижение рисков выброса в воду, воздух и почву вредных химических веществ при их транспортировке	—	—
Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию			—	—
Укрепление средств осуществления и активизация работы в рамках Глобального партнерства в интересах устойчивого развития			Содействие развитию международной торговли за счет предоставления более привлекательных тарифов на перевозку	—

Рис. 2. Матрица достижения целей устойчивого развития с помощью внедрения процессного подхода на предприятиях транспортной инфраструктуры

Применительно к транспортной отрасли можно также выделить три сферы деятельности, которые необходимо совершенствовать для достижения устойчивого развития: экология, экономика и социальная сфера.

С точки зрения экологии, аварийные ситуации на транспорте, в частности, на железной дороге, влекут большие потери, нанося как физический, материальный, так и экологический ущерб. Сходы и крушения поездов при транспортировке опасных грузов вызывают значительные экологические риски: пожары, взрывы и загрязнение окружающей среды вредными и опасными веществами. Наиболее часто аварии на железнодорожном транспорте случаются из-за отказа технических средств и оборудования. Основной причиной можно назвать неисправности железнодорожных путей, которые приводят к 60 % всех аварий вагонов, нагруженных опасными грузами [1].

В результате внедрения процессного подхода повышается качество обслуживания инфраструктуры, снижаются риски аварий и сходов подвижного состава из-за неисправности пути. Повышается общий уровень безопасности и надежности перевозок, снижается риск экологического ущерба для окружающей среды при транспортировке опасных и токсичных грузов.

Также повышение надежности и безопасности инфраструктуры обеспечивает создание безопасных условий для работников, снижение риска производственного травматизма, нанесения вреда людям вследствие аварийных происшествий.

Социальный аспект проявляется в повышении доступности транспорта и снижения тарифов. Снижение транспортных расходов положительно влияет на свободу перемещения граждан. Повышение качества содержания пути положительно влияет на создание комфортных условий при перевозке пассажиров: повышается скорость, снижается количество задержек и опозданий.

Снижение транспортных издержек и повышение доступности транспортной услуги – это одна из предпосылок роста объемов производства и перевозки товаров. Экономия расходов на текущее содержание инфраструктуры может стать источником финансирования мероприятий направленных на развитие и другие значимые цели.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Катин, В. Д. Повышение безопасности перевозки нефти и нефтепродуктов железнодорожным транспортом и охрана окружающей среды : монография / В. Д. Катин, А. Н. Луценко. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2018. – 138 с.
2. Отчет об устойчивом развитии ОАО «РЖД», 2022 г. – М., 2023. – 147 с. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9386> (дата обращения: 01.10.2023).
3. Ромашева М. А. Совершенствование планирования операционных затрат производственных объектов железнодорожной инфраструктуры с использованием процессного подхода: дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. экон. наук. – Новосибирск : СГУПС, 2023. – 212 с.
4. Северова М. О. Механизмы оценки расходов инфраструктуры как фактор устойчивого развития транспортной компании / М. О. Северова, М. А. Ромашева // Политранспортные системы : м-лы XII Международн. научн.-техн. конф. В 3-х частях. – Новосибирск : Изд-во Сиб. гос. ун-та путей сообщения, 2022. – С. 167–172.
5. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : утв. распоряжением Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. – Москва. 2021. – 285 с.
6. Функциональная стратегия управления качеством в ОАО «РЖД» : утв. распоряжением ОАО «РЖД» № 46р от 15 января 2007 г. – Москва, 2007.
7. Цели и основные направления устойчивого (в том числе «зеленого») развития Российской Федерации.

УДК 331

## НАСТАВНИЧЕСТВО КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ РАЗВИТИЯ ПЕРСОНАЛА В КОМПАНИИ

**В. В. Биргалин**, магистрант кафедры «Экономика транспорта» (научный руководитель – О. В. Селина, канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика транспорта»)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

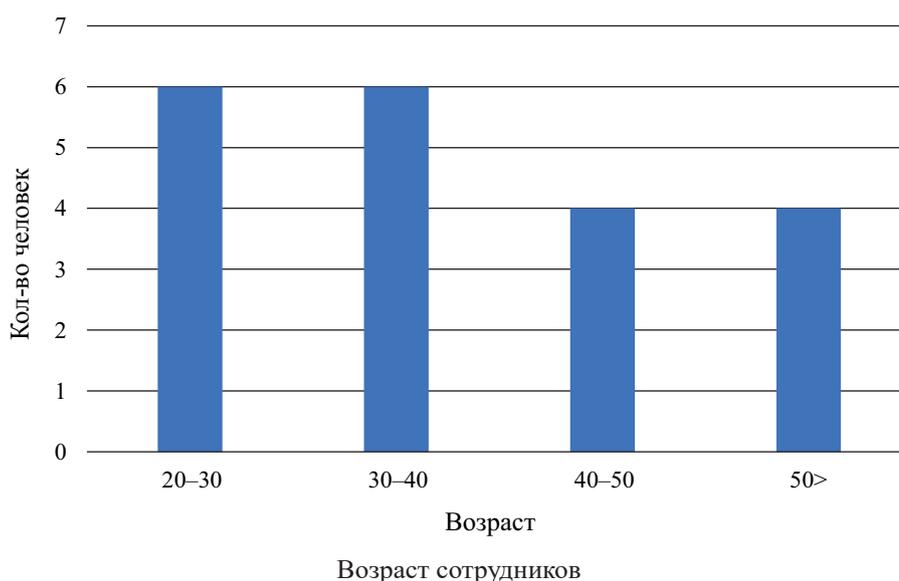
Технический специалист – всегда уважаемая и востребованная единица на рынке труда. Многие предприятия готовы выделять большие финансы для развития и найма высококвалифицированного специалиста. При этом работодатели сталкиваются со сложностями: как развивать молодых специалистов до нужного уровня?

Все больше работников старого поколения уходит на пенсию, оставляя ответственность и опыт на новое поколение. Но не каждый успевает оставить должную замену на свое место. Тем самым у компании может начать период упадка квалифицированного кадрового персонала. В такие моменты компании очень нужен высококвалифицированный специалист в области, в которой произошел упадок.

Допустим, существует проектно-технический отдел с направлением на электроснабжение промышленных предприятий (электротехнический отдел, ЭТО). Он мог реализовывать все комплекты проектных и рабочих чертежей согласно ГОСТ Р 21.622-2023. Но из-за тенденции рынка труда на узкоспециализированных специалистов отдел стал терять позиции, т.к. большинство специалистов заинтересованы в более легком направлении работы.

Поэтому начальнику отдела надо закрыть слабые места ЭТО. Для этого составлен перечень комплектов чертежей, которые надо выполнять отделу: ЭС (электроснабжение), ЭП (электроснабжение подстанций), ЭМ (силовое электрооборудование), ЭО (электрическое освещение (внутреннее)), ЭВ (воздушные линии электропередач), ЭК (кабельные линии электропередач), ЭГ (заземление и молниезащита).

На основании этих разделов опрошены 20 сотрудников: какие комплекты могут выполнять сотрудники?



Как видно из диаграммы, возраст большей части сотрудников ЭТО – 40 лет. Поэтому перенять опыт от старшего поколения очень важно для отдела.



Диаграмма компетенции сотрудников

Из диаграммы видно, что большая часть людей может делать комплекты ЭМ, ЭО и ЭГ – более простые технические проекты. Чтобы закрыть пробелы в остальных комплектах, усилить качество и понимание других проектов, нужно разработать методы.

Один из методов усиления электротехнического отдела – создание собственных методичек по проектированию. Метод подразумевает написание статей по вопросам проектирования для передачи опыта, т.к. молодое поколение хорошо обращается с программным обеспечением, а старшие поколения знают как теоретическую, так и практическую части проекта. Для передачи их опыта нужно создать собственную электронную библиотеку, включающую в себя все статьи.

Молодой сотрудник должен изучить материалы, которые рекомендует наставник, и приступить к выполнению практической части, составить отчет по проделанной работе, указав все нюансы выполнения проекта. Так как работы отличаются друг от друга, можно составить примеры разработки комплектов чертежей. Хорошо, если статьи опубликуют.

Следующий метод: сосредоточиться на нескольких молодых амбициозных сотрудниках и дать им соответствующие ресурсы. Рассмотрим метод со стороны организации, чтобы свежее обученный сотрудник не мог сразу после получения опыта сменить место работы на более перспективное. Для этого нужно составить такой трудовой договор, что после прохождения всех обучений и получения опыта сотрудник должен отработать несколько лет в организации для компенсации затрат на его обучение.

Если человек будет мотивирован на обучение младшего персонала, он будет качественнее выполнять свою работу [1–3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ребрин О. И. Новые модели инженерного образования. – Екатеринбург : ООО «Изд. дом “Ажур”», 2015. – 77 с.
2. Воспроизводство инженерных кадров: вызовы нового времени / под общ. ред. Л. Н. Банниковой. – Екатеринбург : Изд-во Урал.ун-та, 2015. – 364 с.
3. Биргалин, В. В. Некоторые аспекты оценки трудовых ресурсов в системе стратегического управления предприятием / В. В. Биргалин, О. В. Селина // Обществознание и социальная психология. – 2023. – № 10-2 (53). – С. 55–58.

УДК 331.104

## ЭМОЦИОНАЛЬНОЕ ВЫГОРАНИЕ КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА ОЦЕНКУ КАЧЕСТВА ТРУДОВОЙ ЖИЗНИ

Л. В. Кушнарева, канд. экон. наук, аналитик

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) внесла эмоциональное выгорание в Международную классификацию болезней, что подчеркивает масштабность развития этого явления в мире. По данным исследовательского холдинга «Ромир», в 2021 г. 64 % жителей России столкнулись с этой проблемой [1], а в мире каждый четвертый человек испытывает эмоциональное выгорание.

Эмоциональное выгорание – это состояние хронического стресса, переутомления и истощения психических ресурсов, которое может возникнуть в результате продолжительной работы или других видов деятельности. ВОЗ определяет эмоциональное выгорание как синдром, возникающий в результате хронического стресса на рабочем месте. Оно проявляется в снижении работоспособности, ухудшении настроения, потере интереса к работе и других симптомах [2].

Чаще всего одной из основных причин эмоционального выгорания называют перегрузку на работе. Если человек работает слишком много и не имеет достаточного времени для отдыха, то его эмоциональное состояние может ухудшиться. Это скажется и на производительности труда, а само эмоциональное выгорание приведет к потере интереса к работе – отсутствию мотивации к плодотворному и эффективному труду.

Причиной выгорания может быть само отсутствие мотивации и интереса к работе, когда человек не видит смысла в своей деятельности и не получает удовольствия от нее [2].

Трудовой процесс не наполнен смыслом и приводит к механическому выполнению базовых обязанностей в повседневной работе. Таким образом, возникает связь между мотивацией к труду и эмоциональным выгоранием как факторами, влияющими на качество трудовой жизни (КТЖ).

Качество трудовой жизни – это термин, который описывает уровень удовлетворенности работников своей работой и условиями труда. Оно включает в себя такие аспекты, как заработная плата, условия работы, возможности для развития и карьерного роста, отношения в коллективе и другие факторы [3], которые могут влиять на благополучие и мотивацию сотрудников (рис. 1).

Система последовательного развития человека (личности и работника одновременно) рассматривается в рамках концепции интегральной оценки качества трудовой жизни через взаимодействие мотивов в системе «человек как личность – трансформация в мотивы деятельности организации – человек как работник» (рис. 2).

Идентификация целей организации со своими личными целями во время выполнения трудовой деятельности (производственных заданий) вызывает личное удовлетворение одновременно с достижениями в работе. А достижение личного удовлетворения способствует достижению более высоких результатов, мотивирует к повышению эффективности труда [3].

Основной принцип формирования концепции КТЖ – постановка и определение личных потребностей через цели и задачи деятельности организации, но, если не доступны к реализации два уровня развития личных целей, это приведет к эмоциональному выгоранию и потере связи идентификации и трансформации мотивов личности с мотивами организации (см. рис. 2).

Стоит отметить причины возникновения эмоционального выгорания, чтобы провести параллели с факторами оценки КТЖ.

Причины эмоционального выгорания могут быть разными: длительный стресс на работе или в личной жизни, чрезмерные требования к себе и окружающим, отсутствие баланса между работой и отдыхом (work-lifebalance), недостаток поддержки со стороны близких и коллег, плохие условия труда и низкая заработная плата.



Рис. 1. Мотивация и эмоциональное выгорание в системе критериев оценки КТЖ

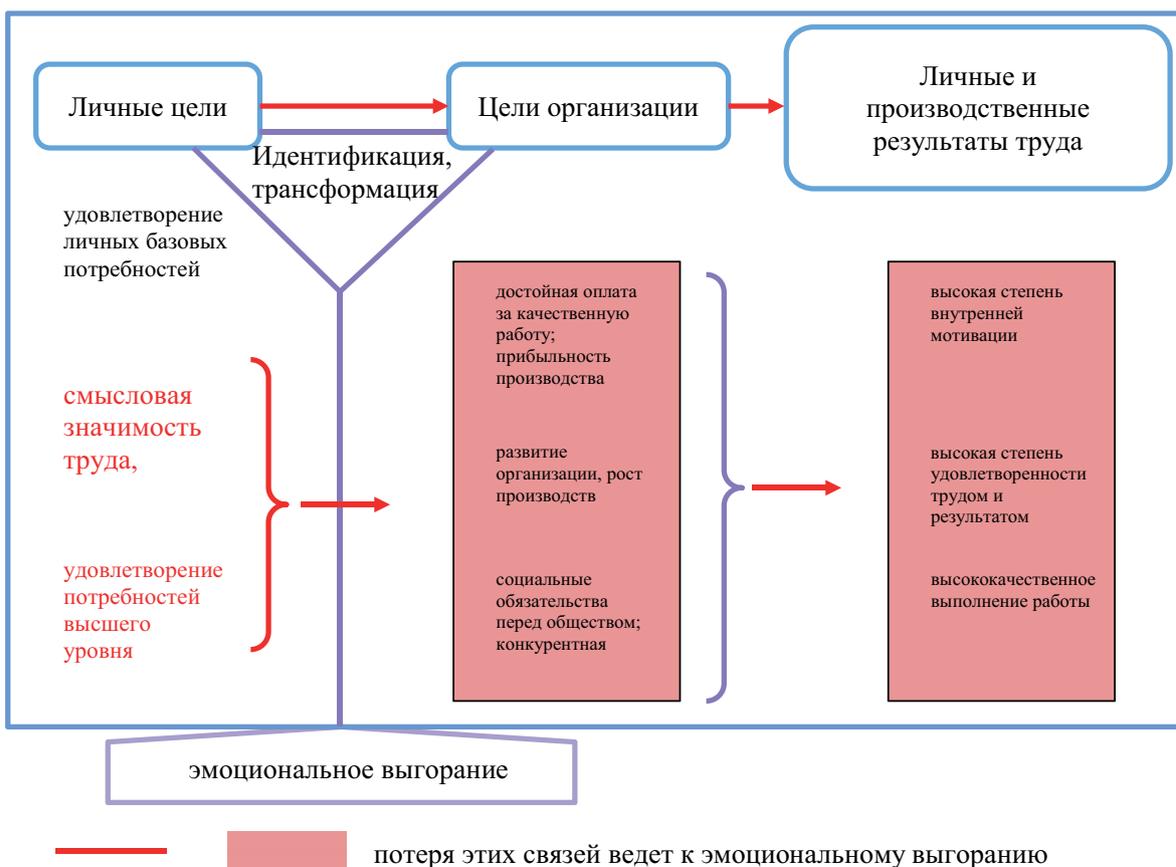


Рис. 2. Система взаимодействия мотивов в концепции КТЖ

Из представленного списка видно, что основная часть причин связана с внутренними субъективными и внутренними объективными факторами формирования оценки КТЖ (см. рис. 1) [3].

Ясно, что развитие эмоционального выгорания у сотрудников находится полностью внутри бизнес-процесса организации, что в очередной раз подтверждает важность исследования одновременной оценки объективных и субъективных элементов оценки КТЖ внутри организации и выявления уровней их соответствия [4].

Среди рекомендаций по профилактике развития эмоционального выгорания в литературе чаще приводятся советы для самих сотрудников, а не для работодателей. То есть увидеть и оценить этот процесс предлагается лишь одной стороне трудовых взаимоотношений. Например, чтобы предотвратить эмоциональное выгорание, предлагают следить за своим здоровьем, находить время для отдыха и развлечений, поддерживать хорошие отношения с окружающими людьми [2].

Это с одной стороны кажется простой рекомендацией для человека; но, по оценкам изменения потребности в навыках рабочей силы к 2030 г., разработанной Глобальным институтом McKinsey (MGI), эти рекомендации станут трудновыполнимыми из-за изменения структуры навыков в ближайшие годы, которые продиктованы мотивами неизбежного развития и прогресса в деятельности организаций (бизнес-компаний) (рис. 3).

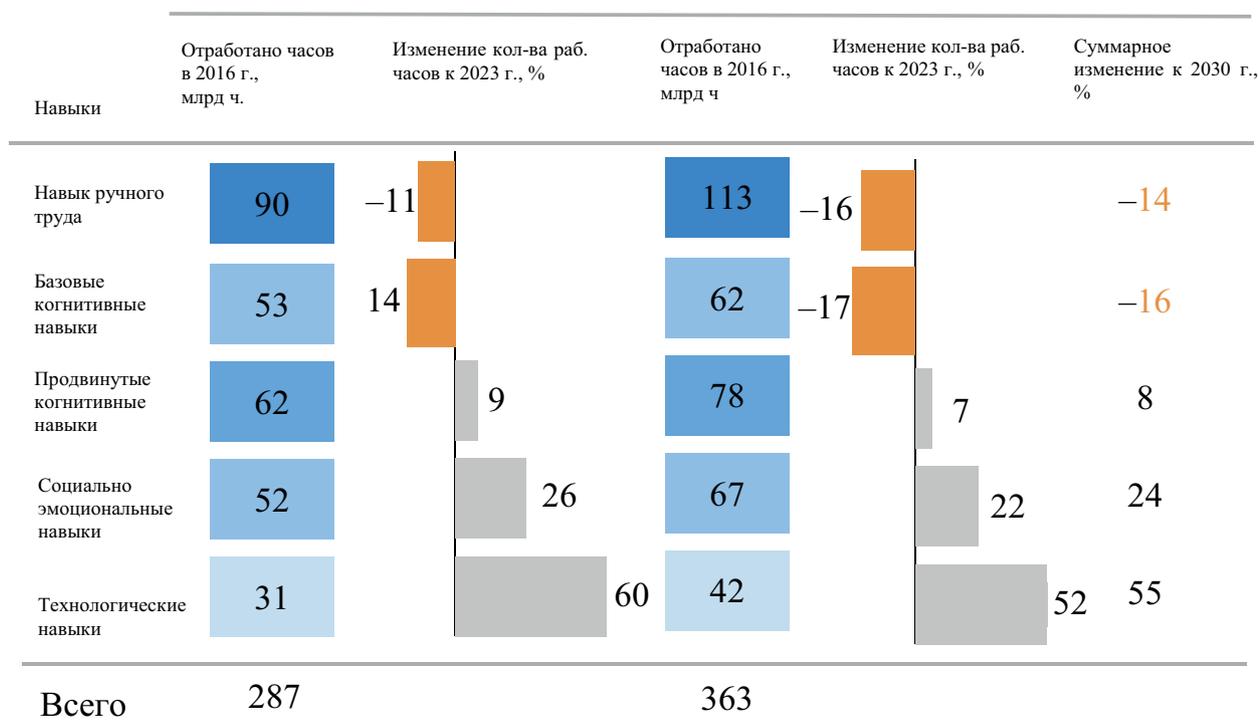


Рис. 3. Изменение потребности в навыках рабочей силы к 2030 г. (MGI, 2016)

Таким образом, трудовой процесс предстает перед нами в новом виде. Мы наблюдаем изменение качества трудовых ресурсов (эмоциональное выгорание, влияющее на производительность труда), предполагаем причины этих изменений и выдвигаем условия и рекомендации по профилактике этих изменений самим работникам, исключая из этого процесса работодателя, представляя его потребности (мотивы) первоочередными, что полностью нарушает баланс системы мотивов в концепции КТЖ (см. рис. 3). Что говорит о возникновении потребности в разработке обновленной визуаграфической модели оценки соответствия изменения процессов в организации с позиции самих работников (субъективной) и бизнеса (объективной). Именно понимание и визуализация несовпадений этих соответствий (ожиданий) поможет разрабатывать не только личные рекомендации, но и внутриорганизационные правила, позволяющие влиять на эффективность труда через снижение уровня эмоционального выгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование уровня эмоционального выгорания россиян. Исследовательский центр Ромир. URL: <https://romir.ru/studies/64-rossiyan-ispytyvali-emocionalnoe-vygoranie-v-etom-godu> (дата обращения: 12.09.2023)
2. Латыпов И. Между роботом и обезьяной. Искусство найти в себе человека. – М. : Редкая птица, 2021. – 224 с.
3. Кушнарёва Л. В. Развитие методических основ интегральной оценки качества трудовой жизни работников предприятия : автореф. дисс. ...на соиск. уч. ст канд. экон. наук. – М. : НИИ ТСС, 2016. – 27 с.
4. Кушнарёва Л. В., Рачек С. В. Экономика и управление социальной сферой транспортной организации и обеспечение благосостояния персонала. – Екатеринбург: УрГУПС, 2019. – 135 с.

УДК 338.47

## КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Т. А. Булохова, канд. экон. наук, доцент

В. Э. Каутц, канд. экон. наук, доцент

Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск

В научных кругах широко обсуждаются проблемы и методы определения производительности труда на предприятиях железнодорожного транспорта, в том числе подход к расчету производительности труда на уровне компании стоимостным методом [1–6, 10].

Вопросы повышения производительности труда находятся под пристальным вниманием правительства РФ [8, 9].

В связи с актуальностью данной проблемы нами поставлена цель: исследовать применимость методики для определения производительности труда в ОАО «РЖД».

Производительность труда в общем виде измеряется как добавленная стоимость (ДС) на единицу затрат труда (ЗТ):

$$ПТ = ДС/ЗТ, \quad (1)$$

$$ДС = Приб + ОТ + СтрхВ + НалСб, \quad (2)$$

где Приб – прибыль предприятия; ОТ – сумма расходов на оплату труда работников; СтрхВ – сумма страховых взносов; НалСб – сумма налогов, включаемых в себестоимость.

В методике исчисления производительности труда на предприятии базируется на данных налоговой отчетности.

В отличие от публичной бухгалтерской и статистической отчетности, налоговая отчетность защищена понятием коммерческой тайны. Поэтому мы исходили из предоставленной статистической информации в целом по ОАО «РЖД». Были взяты следующие показатели для расчета производительности труда: прибыль, заработная плата и социальные отчисления (из консолидированного отчета о прибылях и убытках), среднесписочная численность работников всего и занятых на перевозках, индексы потребительских цен и индексы тарифов.

Добавленная стоимость рассчитана как сумма прибыли и заработной платы с социальными отчислениями. Налог на имущество согласно методике не брался в расчет (нет информации).

Для сглаживания влияния инфляции стоимостные показатели приведены к ценам 2022 года (рис. 1).

За исследуемый период производительность труда выросла на 6,9 %. На это повлияло ускоренное снижение добавленной стоимости, чем снижение эксплуатационного контингента (рис. 2, 3).

Размер добавленной стоимости в текущих ценах с 2012-го по 2021-й г. возрос на 33,0 %, но при его корректировке на индексы-дефляторы снизился на 22,8 %.

В 2012–2021 гг. контингент снизился на 27,6 %.

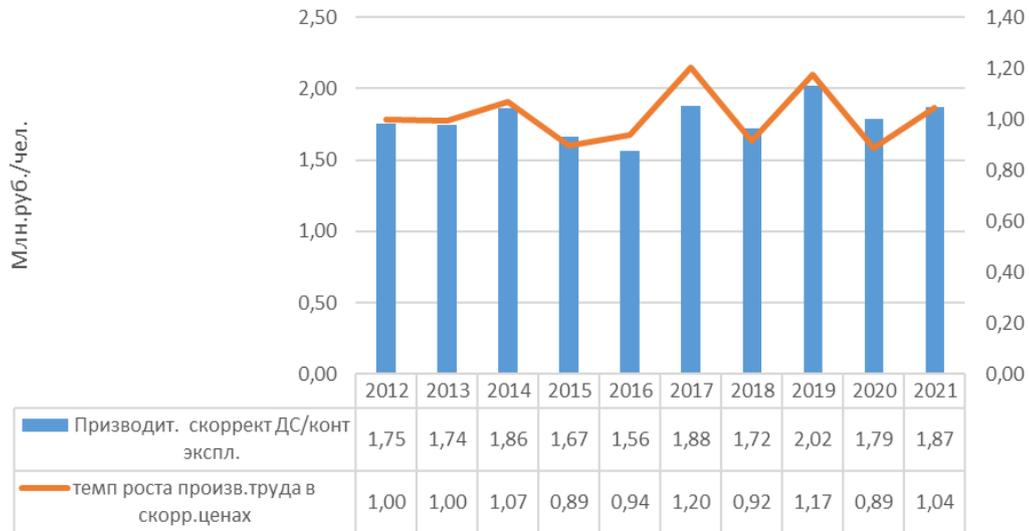


Рис. 1. Динамика производительности труда в скорректированных ценах за 2012–2021 гг.

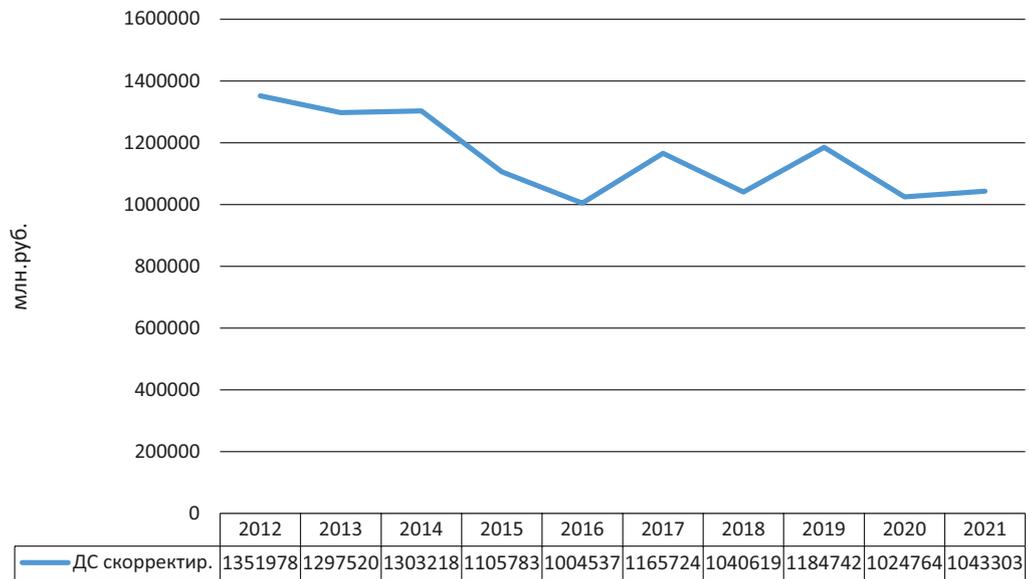


Рис. 2. Динамика добавленной стоимости с 2012–2021 гг.

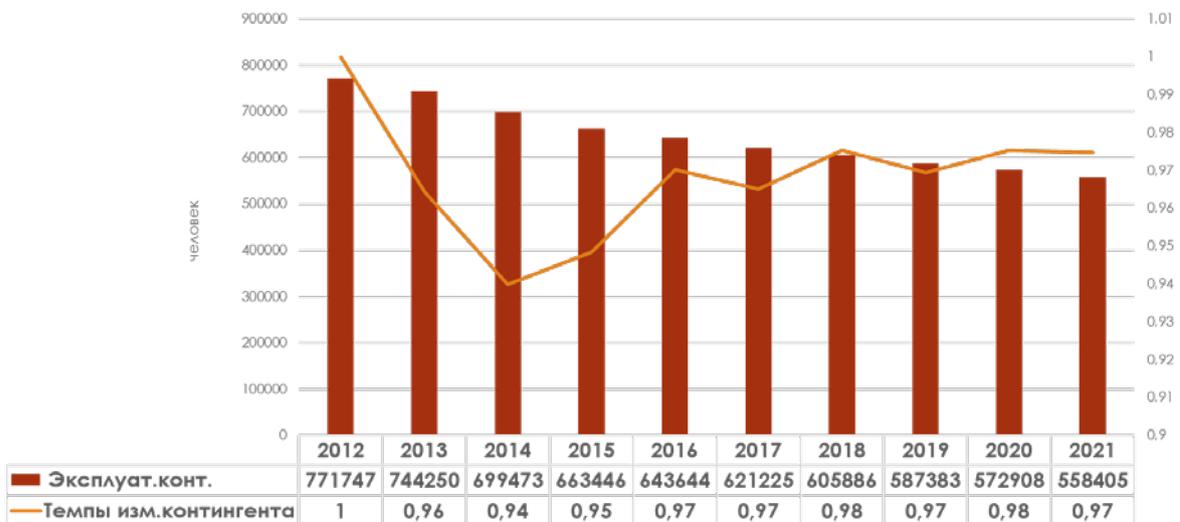


Рис. 3. Динамика эксплуатационного контингента

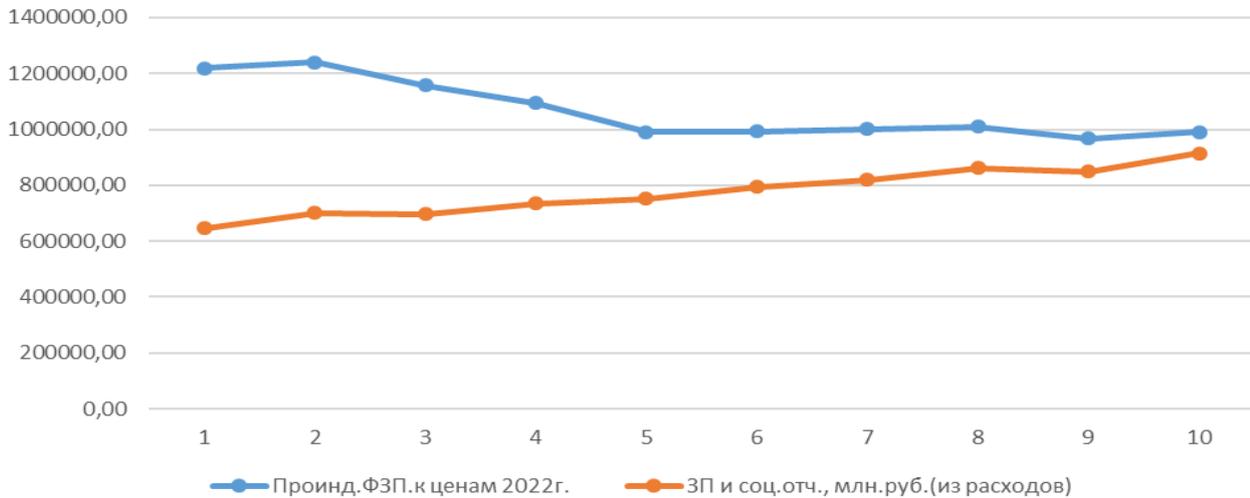


Рис. 4. Динамика фонда оплаты труда за 2012–2022 гг. в текущих и скорректированных ценах

Динамика фонда оплаты труда представлена на рис. 4.

Фонд оплаты труда в текущих ценах вырос на 41 %. Однако при рассмотрении скорректированного ФОТ в ценах 2022 гг. видно, что он снизился на 19 %, также снизилась и доля фонда оплаты труда в выручке от реализации (рис. 5).

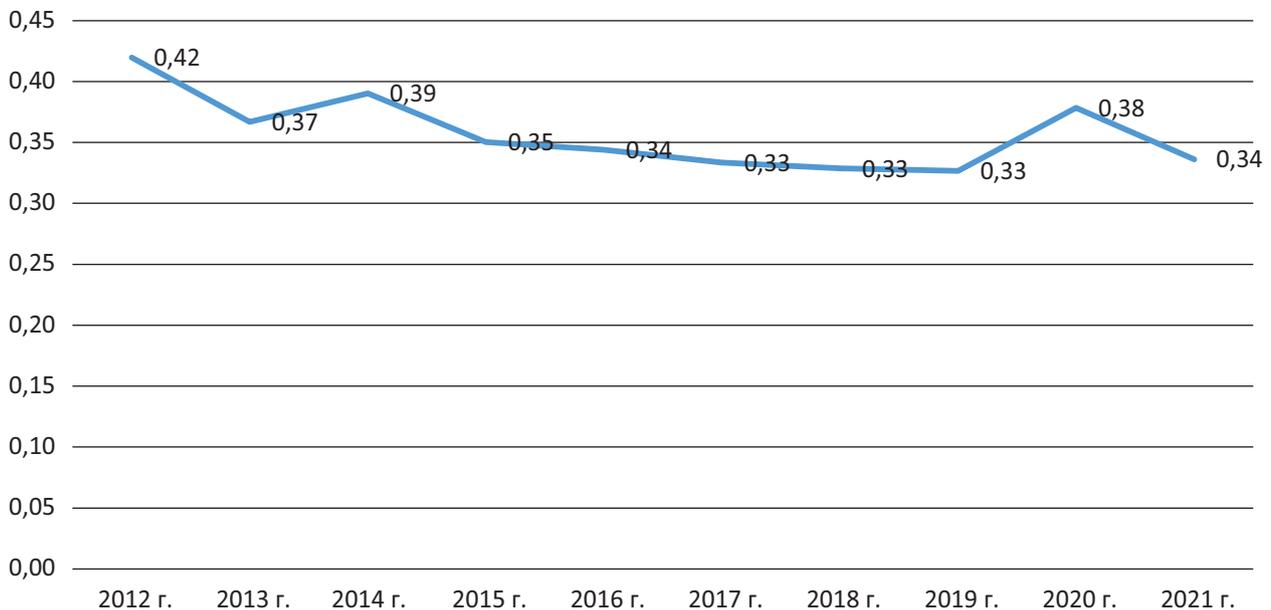


Рис. 5. Доля фонда оплаты труда в выручке от реализации

Доля затрат на оплату труда в выручке от реализации снижается и составила 20 %.

Выручка от реализации скорректирована на коэффициенты индексации тарифов на грузовые перевозки, а расходы на ФОТ с отчислениями на социальные нужды – по индексам потребительских цен (рис. 6) [7].

Скорректированная выручка от реализации выросла на 1 %, производительность труда – на 36 %, что также объясняется снижением контингента.

Исследуем динамику производительности труда, определенную условно-натуральным методом, через приведенный грузооборот (рис. 7).

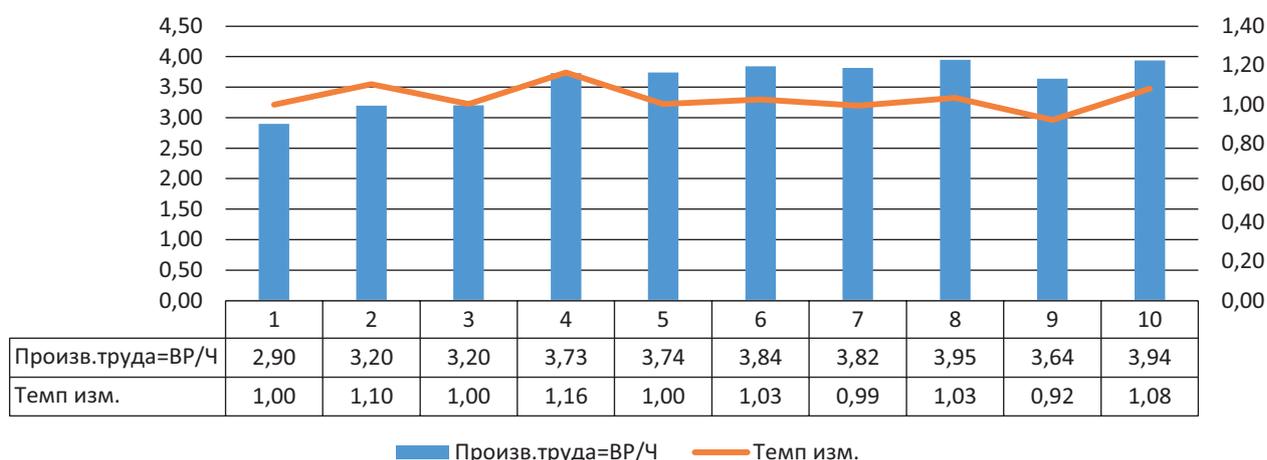


Рис. 6. Динамика производительности труда за 2012–2021 гг.

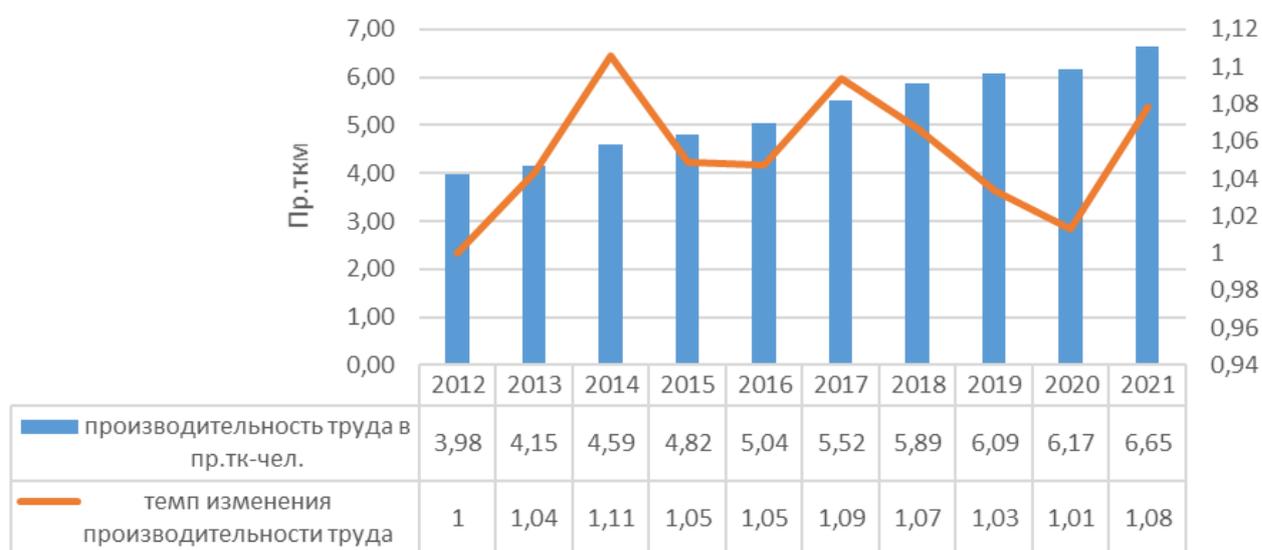


Рис. 7. Динамика производительности труда в натуральном измерении

Производительность труда выросла на 67 %. На это повлияли увеличение грузооборота (на 21 %) и снижение контингента (на 28 %).

Рост производительности труда при определении его стоимостным методом через добавленную стоимость составил 6,9 %. Через выручку от реализации – 36 %. Расчет производительности труда условно-натуральным методом показал наибольшую ее динамику – на 67 % – за 2012–2021 гг.

Предложенные методы, безусловно, имеют существенное ограничение в силу специфики хозяйственного механизма отрасли: вся выручка, прибыль формируется только на уровне ОАО «РЖД», следовательно, такие методы расчета производительности труда действуют только на уровне отрасли в целом. Они целесообразны для проведения исследований, сравнений производительности труда на железнодорожном транспорте с другими отраслями народного хозяйства и т.д. На уровне же линейных предприятий, дорог остается натуральный, условно-натуральный, трудовой методы расчета производительности труда.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бацокин А. О. Влияние производительности труда на структуру компетенций работников железнодорожной отрасли // Экономика железных дорог. – 2023. – № 4. – С. 63–74.

2. Вихорева М. В., Меркулов А. С. Производительность труда как теоретическая и практическая проблем // Культура. Наука. Образование. – 2022. – № 4 (65). – С. 94–106.
3. Вихорева М. В., Меркулов А. С. Учет социальных факторов в управлении производительностью труда // Сб. научн. тр. Всеросс. научн.-практ. конф. – Иркутск, 2022. – С. 68–73.
4. Каутц В. Э., Булохова Т. А. Современный взгляд на производительность труда на железнодорожном транспорте и его подразделений // Железнодорожный транспорт и технологии. – Екатеринбург : УрГУПС, 2023. – С. 141–143.
5. Меркулов А. С., Гефан Г. Д. Проблемы измерения производительности труда на железнодорожном транспорте // Экономика железных дорог. – 2023. – № 6. – С. 52–61.
6. Никитин В. Н. Производительность труда – источник устойчивого развития // Экономика железных дорог. – 2023. – № 6. – С. 51–59.
7. Распоряжение от 29 декабря 2017 года №2991-р. Тарифная политика в сфере перевозок грузов железнодорожным транспортом общего пользования на 2019–2025 гг.
8. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2035 года.
9. Указ Президента России В. В. Путина от 7 мая 2012 года.
10. Шкурина Л. В., Стручкова Е. В. Аудит рабочего времени как инструмент повышения производительности труда // Экономика железных дорог. – 2023. – № 1. – С. 25–33.

УДК 330.34

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПУТЕВОГО КОМПЛЕКСА

С. В. Рачек, д-р экон. наук

В. Ю. Гневашев

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

О. С. Мамдеева

Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск

Приоритетное направление деятельности путевого хозяйства – эффективный ремонт и обслуживание железнодорожного полотна. Только это будет способствовать обеспечению устойчивой и безопасной эксплуатации железной дороги [1–3].

Проблематика функционирования путевого комплекса: продолжительность «окна», несовершенная технология, низкая выработка, надежность технических средств, себестоимость содержания техники и пути, отсутствие оцифрованных процессов.

Анализ функционирования путевого комплекса выявил основные блоки, распределенные по группам А, В, С, D.

К группе А отнесены основные возможности, которые реализуются для выполнения стратегии развития путевого комплекса, к группе В – для повышения конкурентоспособной среды путевого комплекса, к группе С отнесены основные направления деятельности, которые необходимо развивать для оптимизации процессов функционирования путевого комплекса, к группе D отнесены основные внешние факторы, которые влияют на функционирование путевого комплекса.

А		В	
1. Способность к изменениям в условиях повышения цифровой среды внешней среды предприятия	2. Наличие производственных активов (путевые машины)	1. Возможность увеличения конкурентоспособности холдинга ОАО «РЖД» при успешном внедрении автоматизированной системы диагностики	2. Предоставление услуг внешнему рынку (внутри и за пределами государства)
2. Наличие высококвалифицированных специалистов		3. Привлечение сторонних организаций для организации работы по ремонту техники	
1. Низкая надежность функционирования путевых машин, слабая ремонтно-ресурсная база	2. Отсутствие наработанной клиентской базы для вовлечения в гражданско-правовой оборот	1. Снижение доли рынка из-за высокой и растущей конкуренции между отечественными игроками на внутреннем рынке	2. Монополизация ремонтного процесса
3. Отсутствие подписанных долгосрочных контрактов с внешними потребителями		3. Высокое содержание импортных комплектующих в ТС	
С		D	

Далее разработаны основные направления в части реализации стратегии по оптимизации развития функционирования путевого комплекса.

Стратегия развития путевого комплекса			
1. Использование активов (машин) и персонала для работы на внутреннем и внешнем рынке	2. Выполнение работ по ремонту и обслуживанию путевой техники с помощью внедрения оцифрованных процессов диагностики	3. Снижение наличия возможности возникновения финансовых рисков	4. Снижение издержек предприятий по сети
5. Внедрение механизма по использованию путевых машин на внешнем рынке услуг, с помощью чего повысится привлекательность холдинга как на рынке потребителей, так работодателей	6. Создание конкурентной среды в части подписания соглашений о сотрудничестве с предприятиями внешнего контура	7. Исключение монополизации ремонтного процесса, повышение качества ремонта (в т.ч. импортозамещение)	8. Привлечение собственного контингента для производства необходимых механизмов и комплектующих, как следствие, повышение уровня реальной заработной платы данной категории сотрудников

Путевое хозяйство в настоящее время насчитывает 25 видов путевых машин (3 765 ед.). Наибольший удельный вес от общего количества единиц путевой техники (71 %) занимает путевая техника, выполняющая прочие хозяйственные работы. Далее следует группа путевых машин с функционалом щетноочистительных работ, удельный вес которой составляет 15 % от общего количества единиц путевой техники. На третьем месте – выправочная техника, удельный вес от общего количества единиц путевой техники – 11 %. Путевые машины группы, выполняющей стрелочные виды работ, занимают 2 % удельного веса, а прочая хозяйственная техника – 1 % удельного веса соответственно.

Основными задачами содержания путевого хозяйства служат сокращение затрат на текущее содержание пути и повышение экономической эффективности использования путевых машинных комплексов [3]. Достижению результативности в части выполнения данных задач могут способствовать реализация основных направлений развития путевого хозяйства. Это повышение времени использования стабильно рабочего пути на основе выполнения ремонтных работ усовершенствованными комплексами путевых машин и годовой выработки машинных путевых комплексов до их проектной мощности путем увеличения межремонтных сроков использования путевых машин путем повышения времени использования продолжительности «окна», исключение пересодержания парка неиспользуемых путевых машин путем передачи их в гражданский оборот для сокращения затрат на текущем содержании пути и повышению эффективности [4].

Для достижения максимальной выработки путевых машинных комплексов необходимо пересмотреть технологический процесс, увеличив межремонтные сроки.

С увеличением продолжительности «окна» повышается не только выработка и эффективность использования путевых машин, но и снижаются расходы путевого хозяйства, отнесенные к ремонту одного километра, так как затраты времени на закрытом перегоне на проход машин к месту работ, снятие напряжения с контактной сети, развертывание и свертывание работ остаются постоянными при больших и малых «окнах» и, следовательно, доля времени на производительную работу машин оказывается значительно большей при увеличении «окон».

Оптимальной продолжительностью «окна» принято значение: 6 ч.

При установлении продолжительности шестичасового «окна» производительность путевых машин может быть увеличена до 3 км.

При увеличении продолжительности «окна» с 4 до 6 ч, т. е. в 1,5 раза, часовая выработка путевых машин возрастает с 275 до 500 пог. м, т. е. увеличивается на 81 %. Сокращаются также и потери в эксплуатационной работе дороги. Для выполнения ремонта пути на протяжении 6 км по нормам требуется 20 ч (5 «окон» продолжительностью по 4 ч), а фактически этот объем работ двумя комплектами путевых машин выполняется в «окно» продолжительностью 6 ч.

Выполнить эти направления развития путевого комплекса можно с помощью экономии за счет выполнения программы технического развития и использования технических средств с учетом достижения максимальной эффективности.

Именно от безотказной работы путевых машин зависит качество текущего содержания пути, интенсивность и безопасность движения поездов.

Таким образом, увеличение продолжительности «окна» целесообразно также в целях снижения общего снижения количества потребных «окон». Чем ниже время «окна», тем больше необходимо количество частоты «окон», ведь при сокращении их продолжительности резко возрастают их количество и суммарная продолжительность.

Анализ рабочих циклов путевых машин выявляет резервы повышения производительности. После него формируются перспективные пути повышения производительности ПМ путем модернизации существующих технических характеристик.

Для повышения производительности ПМ необходимо исключить непредвиденные ремонтные работы и внезапные поломки в межремонтный период. Это можно сделать с помощью внедрения автоматизированного процесса по диагностике состояния ПМ. Диагностика ПМ автоматизируется с помощью внедрения системы бортового мониторинга, которая обеспечит контроль и диагностику технического состояния ПМ.

Автоматизированная система бортового мониторинга занимается выявлением возможных событий по отказам, предотказным состояниям, разрывам технологических цепочек процесса, нарушениям режима эксплуатации; управлением возникших событий (сбор и анализ данных инцидентов, поиск и устранение причин событий) [5, 6].

На рис. показан алгоритм действия диагностирования путевой машины автоматизированной системой бортового мониторинга.



Таким образом, именно автоматизированное техническое диагностирование путевых машин обеспечит прогнозирование ресурса работы путевой машины, сократит затраты на себестоимость эксплуатации путевой машины, устранил отказы работы путевых машин на основании автоматических статистических данных, обоснованно назначит периодичность и объем ремонтных работ, сократит потребность в закупке запасных частей за счет проведения своевременного ремонта, снизит трудоемкость при проведении регулировочно-настроечных работ, установит действительно необходимую потребность в выполнении необходимых работ при проведении текущих ремонтов.

Без внедрения механизма автоматизированной диагностики бортовых систем путевых машин невозможно обеспечить высокую надежность их работы. Такое приоритетное развитие должно стать одной из важнейших стратегических задач при проведении путеремонтных работ.

Приобретение автоматизированного диагностического комплекса целесообразно на эффективных видах путевых машин (РМ 2012 и «Динамик»; стоимость комплекса  $\approx 0,4$  млн руб.). Сокращение затрат на содержание выправочных путевых машин – 2,3 %, или около 130 млн руб. в годовом исчислении. Совокупный экономический эффект на единицу техники – 0,32 млн руб.

Внедрение автоматизированного комплекса также позволит сократить простои путевых машин, повысить эффективность эксплуатации, увеличить коэффициент использования путевого комплекса, сократить финансирование программы капитального и текущего ремонтов, сократить время непроизводительных потерь рабочего времени, автоматизировать подсчет необходимых часов работы в технически исправном состоянии.

Сокращение затрат на содержание путевых машин, сформированное путем вовлечения неиспользуемой техники в гражданско-правовой оборот, может составить 10 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьева Н. А. Ценообразование и себестоимость железнодорожных перевозок : курс лекций. – Екатеринбург : УрГУПС, 2015. – 55 с.
2. Баранов Л. А., Максимов В. М. // Мир транспорта. – 2016.
3. Манаков, А. Л. Совершенствование организации технического обслуживания путевых машин / А. Л. Манаков, М. С. Кирилова // Вестник Оренбургского государственного университета. – № 12. – 2005. – С. 89–91.
4. Мясников А. С. Интегрированное управление использованием грузового вагонного парка // Вестник университета, ГУУ. – 2012. – № 15 ; Мясников А. С. Рациональное распределение

перевозок между видами транспорта на рынке транспортных услуг // Вестник университета, ГУУ. – 2012. – № 16.

5. Попович, В. М. Путевые машины : учеб. для вузов ж.-д. транс. / М. В. Попович, В. М. Бугаенко, Б. Г. Волковойнов [и др.] / под ред. М. В. Поповича, В. М. Бугаенко. – М. : Желдориздат, 2007. – 745 с.
6. Соломонов, С. А. Путевые машины : учеб. для вузов ж.-д. транспорта / С. А. Соломонов, В. М. Попович, В. М. Бугаенко [и др.] / под ред. С. А. Соломонова. – М. : Желдориздат, 2000. – 756 с.

УДК 65.011

## ДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В. А. Кокшаров, д-р экон. наук, профессор кафедры «Экономика транспорта»

А. С. Колышев, канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика транспорта»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Анализ энергопотребления производственной деятельности в рамках территориальных филиалов ОАО «РЖД» позволяет проводить мониторинг энергопотребления при осуществлении грузовых перевозок и финансовых затрат на них [4, 5], отслеживать количественные (объем) и качественные (структура) показатели потребляемых энергоресурсов за анализируемый период [6, 7], определять зависимости изменения расходной части энергодобавки и мероприятий по перспективному энергосбережению [2, 3].

Технические средства, обеспечивающие энергосбережение при перевозочном процессе, приобретают особое значение при энергопотреблении. К ним можно отнести исключение грузовых локомотивов из пассажирских перевозок [9], задержки грузовых и пассажирских поездов у запрещающих сигналов [8], повышение уровня загрузки вагонов, унифицированного веса поездов и участковой скорости [10], снижение доли порожнего пробега, количества остановок не по графику движения, простоя локомотивов и вагонов и др. [1].

Все эти мероприятия позволяют определять абсолютные величины экономии энергоресурсов, но поскольку перевозочный процесс имеет динамический характер, то статическая оценка экономии энергоресурсов не сопоставима с динамикой перевозок, а это не позволит оценивать динамику эффективности энергопотребления в рамках развития производственной деятельности железнодорожного транспорта.

Для оценки энергоэффективности предлагается использовать методологию динамических нормативов, с помощью которых можно оценивать динамику энергоэффективности перевозочного процесса, которая предполагает следующую динамическую модель энергоэффективности для железной (отделения) дороги (1):

$$(D)' > (\sum Pl_{\text{нетто}})' > (\sum nS_{\text{гр}})' > (\Delta B_{\text{гр}})' > (B_{\text{гр}})' > (\sum nS_{\text{пор}})' > (\sum tS_{\text{пор}})', \quad (1)$$

где  $(D)'$  – темпы роста дохода от грузовых перевозок;  $(\sum Pl_{\text{нетто}})'$  – темпы роста перевозок грузов в т-км нетто;  $(\sum nS_{\text{гр}})'$  – темпы роста пробега груженых вагонов, т/вагон;  $(\Delta B_{\text{гр}})'$  – темпы роста экономии энергоресурсов при грузовых перевозках;  $(B_{\text{гр}})'$  – темпы роста потребления энергоресурсов при грузовых перевозках;  $(\sum nS_{\text{пор}})'$  – темпы роста пробега порожних вагонов;  $(\sum tS_{\text{пор}})'$  – темпы роста простоя грузовых вагонов, ч/вагон.

Такая модель позволяет оценивать энергоэффективность грузовых перевозок и своевременно принимать меры для реализации устойчивой стратегии энергоэффективности грузовых перевозок.

Докажем целесообразность такой модели для оценки энергоэффективности грузовых перевозок. Для этого будем сравнивать попарно темпы роста рассматриваемых показателей.

1.  $(D)' > (\sum Pl_{\text{нетто}})'$ , если разделим это соотношение темпов роста на  $(\sum Pl_{\text{нетто}})'$ , то получим соотношение  $\frac{(D)'}{(\sum Pl_{\text{нетто}})'} > 1$ , которое будет характеризовать эффективность грузовых

перевозок, так как на условную единицу перевозок грузов в т-км нетто будет приходиться больше доходов, что будет характеризовать правильность ценовой политики и эффективность организации грузовых перевозок.

2.  $(Д)' > (\sum nS_{гр})'$  аналогично, если разделим это соотношение на  $(\sum nS_{гр})'$ , то получим  $\frac{(Д)'}{(\sum nS_{гр})'} > 1$ , которое будет характеризовать рост дохода от производственной деятельности

на условную единицу пробега груженых вагонов.

3. Соотношение  $(Д)' > (\Delta B_{гр})'$  разделим на  $(\Delta B_{гр})'$ , получим  $(Д)' / (\Delta B_{гр})' > 1$ , которое будет характеризовать отдачу энергосбережения для получения дополнительной доходности при производственной деятельности (перевозки грузов).

4. Соотношение  $(Д)' > (B_{гр})'$  разделим на  $(B_{гр})'$ , получим  $(Д)' / (B_{гр})' > 1$ , которое будет характеризовать энергоэффективность получаемой доходности от грузовых перевозок.

5. Соотношение  $(Д)' > (\sum nS_{пор})'$  разделим на  $(\sum nS_{пор})'$ , получим  $\frac{(Д)'}{(\sum nS_{пор})'} > 1$ , которое будет характеризовать влияние снижения пробега порожних вагонов на рост доходности от пробега груженых вагонов.

6. Соотношение  $(Д)' > (\sum tS_{пор})'$  разделим на  $(\sum tS_{пор})'$ , получим  $\frac{(Д)'}{(\sum tS_{пор})'} > 1$ , которое будет характеризовать влияние снижения простоя порожних или груженых вагонов на рост доходности от пробега груженых вагонов.

Таким образом, мы доказали, что эти факторы прямо или косвенно влияют на доходность грузовых перевозок и в т.ч. на уровень энергосбережения. Такая модель будет характеризовать достаточно интенсивные перевозки, которые характерны для экономики страны, когда она на подъеме, поскольку в случае экономического кризиса происходит дисбаланс показателей в такой модели, существенно снижающий энергоэффективность грузовых перевозок.

Энергетическая стратегия развития железнодорожного транспорта предполагает определенные темпы среднегодового изменения целого ряда организационно-технических показателей на железной дороге, которые позволяют реализовать потенциал энергосбережения, имеющийся в перевозочном виде деятельности, в частности, в его организации. Однако показатели, предложенные в энергетической стратегии, требуют дальнейшего уточнения и корректировки, а также они не оцениваются комплексно. На снижение удельных расходов энергопотребления на тягу поездов сильное влияние оказывает степень маршрутизации грузопотоков, которая обеспечивает безостановочный пропуск грузовых поездов на удлинённых плечах.

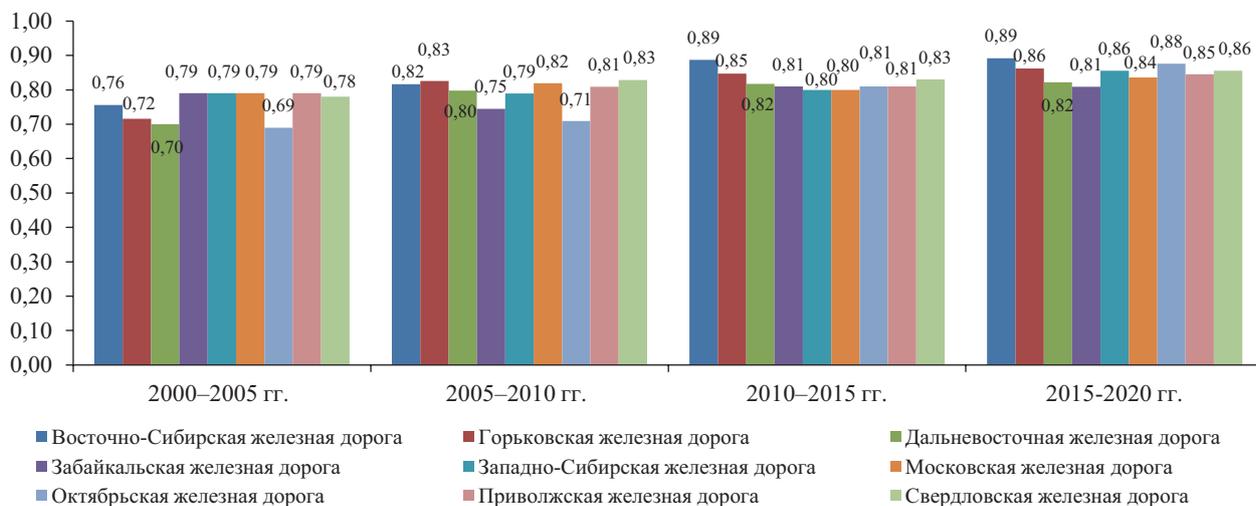
На основе статистических данных производственного процесса железной дороги и динамической модели (1) предложено оценивать энергоэффективность грузовых перевозок по формуле (2):

$$Q_{\text{энерго потребления}} = 1 - \frac{n}{m}; \quad (2)$$

где  $n$  – число нерациональных соотношений темпов роста показателей в модели;  $m$  – общее число рациональных соотношений темпов роста показателей в модели.

Если оценка динамической модели равна единице в процессе грузовых перевозок за анализируемый период, то ключевые показатели динамической модели сбалансированы и соответствуют критерию энергоэффективности железной дороги. Если оценка модели меньше единицы, то это говорит, что существуют резервы для повышения энергоэффективности перевозочных процессов и необходимо изыскивать новые направления и мероприятия для повышения энергоэффективной устойчивости грузовых перевозок.

При проверке динамической модели для оценки энергопотребления при грузовых перевозках получены оценки энергоэффективности для нескольких филиалов ОАО «РЖД» (рис.).



Динамическая оценка энергопотребления при грузовых перевозках на железной дороге России (ретроспективный сценарий)

Все динамические оценки возрастают, однако существуют особенности их формирования. Практически все приведенные территориальные филиалы ОАО «РЖД» имеют тенденции к росту энергоэффективности грузовых перевозок, но они не реализуются по оптимальной величине, поскольку темпы роста экономии энергоресурсов при грузовых перевозках отстают от темпов роста потребления энергоресурсов, что служит доказательством существующих резервов энергосбережения в территориальных филиалах ОАО «РЖД».

Устойчивый экономический рост страны при рациональной перевозке грузов на железнодорожном транспорте обеспечивает энергоэффективные грузовые перевозки. Спад экономического роста страны приводит к разбалансировке ключевых показателей, влияющих на энергоэффективность грузовых перевозок, что требует систематической корректировки организации перевозок грузов, в противном случае происходит рост энергоемкости грузовых перевозок, а темп роста энергопотребления смещается сбалансированного места на нерациональное место в модели и т.д. В связи с этим необходим систематический мониторинг динамической оценки энергопотребления грузовых перевозок. Поэтому требуется регулярный анализ для планирования темпов роста ключевых показателей и их рационального соотношения между ними, который позволяет своевременно принимать управленческие решения для повышения устойчивости высокой динамической оценки энергопотребления грузовых перевозок.

В результате исследования динамической оценки энергопотребления при грузовых перевозках установлено следующее. Во-первых, положения концептуального подхода к формированию динамической оценки энергопотребления теоретически обоснованы, что позволило сформулировать и доказать динамическую оценку энергопотребления грузовых перевозок на основе ключевых показателей. Во-вторых, предложена методика динамической оценки энергопотребления грузовых перевозок на основе ключевых показателей, с помощью которой можно определить уровень их сбалансированности для реализации энергоэффективности перевозок. В-третьих, на этапе проверки концептуального подхода к динамической оценке энергопотребления получены обоснованные результаты динамической оценки энергопотребления по ряду территориальных филиалов ОАО «РЖД».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ануфриев В. П. Энергоэффективность – проблема комплексная / В. П. Ануфриев // Академия энергетики. – 2009. – № 5 (31). – С. 36–40.

2. Баев И. А. Эффективность управления затратами на покупку электроэнергии промышленным предприятием / И. А. Баев, И. А. Соловьева, А. П. Дзюба // Экономика, управление и инвестиции. – 2014. – № 2 (4). – С. 1–7.
3. Башмаков И. А. Российский ресурс энергоэффективности: масштабы, затраты и выгоды / И. А. Башмаков // Вопросы экономики. – 2009. – № 2. – С. 71–89.
4. Валь П. В. Краткосрочное прогнозирование электропотребления горного предприятия с использованием однофакторных методов / П. В. Валь // Вестник СибГАУ им. акад. М. Ф. Решетнева. – 2011. – № 2. – С. 12–17.
5. Гофман А. В. Повышение точности краткосрочного и оперативного прогнозирования электропотребления энергосистемы с применением искусственной нейронной сети / А. В. Гофман, А. С. Ведерников // Электрические станции. – 2012. – № 6. – С. 27–31.
6. Изряднова О. И. К вопросу о народнохозяйственной оценке потребления топливно-энергетических ресурсов / О. И. Изряднова // Природные ресурсы в моделях территориально-производственных систем. – Новосибирск, 1982. – С. 168–181.
7. Кокшаров В. А. Бюджетирование как часть системы управления региональной энергетической программой / В. А. Кокшаров // Вестник Челябинского государственного университета. Серия : Экономика. – 2008. – № 19. – С. 71–77.
8. Максимов В. В. На каждом производстве есть потенциал для повышения эффективности / В. В. Максимов // Энергорынок. – 2010. – № 04 (76). – С. 77–78.
9. Трифонов Ю. В. Стратегии и подходы к развитию промышленных предприятий / Ю. В. Трифонов // Управление экономическими системами. – М. : РАН, 2012. – № 12. – С. 34–41.
10. Федоров М. П. Эффективные технологии потребления и использования энергии / М. П. Федоров, В. Р. Огороков, Р. В. Огороков // Академия энергетики. – 2010. – № 1 (33). – С. 4–13.

УДК 330.101

## РОЛЬ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В РАЗВИТИИ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Н. И. Внуковский, д-р экон. наук, профессор кафедры «Экономика транспорта»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Основной федеральной программой в области транспортной отрасли является государственная программа «Развитие транспортной системы» [1], которая включает множество национальных федеральных, региональных проектов для различной транспортной и логистической инфраструктуры. Реализация этих проектов и программ имеет комплексный и системный характер, однако в инфраструктуре транспортно-логистической системы есть определенные недоработки, связанные с различными причинами, на всех уровнях управления при выполнении национальных, федеральных и ведомственных проектов [2–3].

В первую очередь нужно сказать о высокой степени инфляции, что может привести всю страну к глубокому экономическому и политическому кризису. Инфляция влияет на все сферы деятельности и, конечно, на самую важную составляющую развития – на транспортную отрасль. Инфляционные процессы оказывают влияние на рост цен товаров и услуг, уменьшение покупательской способности вследствие роста цен и обесценивания денежных средств. Инфляция возникает из-за возросшего дефицита госбюджета, милитаризации и монополизации экономики, мировых энергетических и валютных кризисов, нелегального экспорта золота и валюты, роста офшорных рынков и покупки объемов иностранной валюты [4–5].

Сегодня в России непрерывная ползучая инфляция, переходящая по некоторым видам продукции в галопирующую – более 10 %, что негативно влияет на всю экономику РФ, причем наблюдается несбалансированный тип инфляционных процессов, при этом цены на товары подвержены постоянным изменениям относительно друг друга [6–7].

Сегодня можно частично выделить элементы стагфляции, когда при увеличении уровня цен сокращаются объемы производства и происходит увеличение безработицы. Особо нужно выделить социально-экономические последствия от роста инфляции. Это сокращение покупательской способности населения, перераспределение богатства и доходов за счет кредиторов, что усиливает несбалансированность инфляционных процессов, в период роста инфляции увеличивается и стоимость недвижимости. Инфляция – это катализатор разрыва между различными слоями общества.

Происходит обесценивание денежных средств путем изменения процентных ставок и взимания прогрессивных налогов, если доходы выходят за определенные рамки. Увеличивается спекуляция на инвестициях в ценные бумаги, процентных ставках, в частности, при работе с физическими лицами, в результате быстро развивается сфера теневой экономики с целью избегания налогов.

Все эти факторы уменьшают управляемость экономики, у людей нет уверенности в своих доходах, они не могут прогнозировать свои затраты и прибыль, это резко снижает развитие предпринимательской деятельности и снижает экономическую активность населения. После всеобщей приватизации недвижимости резко возросло число коммерческих индивидуальных предпринимательских структур, достигших до 70 % по отношению к государственным структурам, в результате повысилась неуправляемость и ослабло государственное регулирование и управление развитием коммерческих структур (ИП, ИЧП, ООО и т.д.).

Сегодня инфляция в РФ стала хроническим явлением рыночной экономики, правительство и государство не могут справиться с ростом инфляции, для этого необходимо на государственном

уровне принимать конкретные меры вместе с ЦБ по изменению курсов валюты, ставки рефинансирования и стабилизации цен на товары первой необходимости и такие стратегические ресурсы, как нефтегазовые продукты, влияющие на развитие бизнеса всех предприятий и организаций транспортной отрасли.

За поддержание ценовой стабильности несет ответственность ЦБ РФ. Однако для снижения курса стоимости национальной валюты ЦБ оперирует повышением ставки рефинансирования (в ноябре – до 15 % годовых), что приведет к снижению стоимости доллара до 90 руб. и, возможно, потребуются дальнейшее оперирование ставкой рефинансирования для снижения стоимости доллара, однако при этом будет происходить девальвация российской национальной валюты.

Для улучшения экономической ситуации в стране нужна структурная перестройка экономики, ее реструктуризация и адаптирование к потребностям рынка путем демонополизации существующих олигархических структур, регулирования их деятельности для повышения инвестиционной активности в стране и формирования стабильной рыночной инфраструктуры.

Для усиления стабильности в экономическом развитии нужно восстанавливать число государственных структур в России, поскольку после приватизации снизилась управляемость и произошло ослабление контроля за ценообразованием и распределением материальных и финансовых ресурсов при развитии свободных рыночных отношений. Необходимо сохранять государственное регулирование цен на транспортные услуги, энергоносители и продукцию, которую производят монопольные организации. Усилить государственное регулирование финансового и валютного рынка путем развития импортозамещения, формирования и внедрения отечественных разработок, технологий и производств.

Важным направлением для изменения темпов роста экономики страны является необходимость перехода от сырьевого экспорта на развитие современных цифровых технологических процессов и производств. В этих стратегических изменениях главная роль отводится ЦБ РФ, который должен подчиняться не МВФ, а непосредственно правительству РФ, чтобы ЦБ выполнял свою главную функцию – устойчивую стабильность развития экономики России, поскольку он является центром денежно-кредитного регулирования, анализирует и прогнозирует экономику страны. Сегодня ЦБ РФ не орган государственной власти, это банк России – частная организация, выполняющая функции частных олигархов.

В транспортной отрасли также наблюдается высокая степень неопределенности из-за неточности и неполноты информации о внешней среде. В этой ситуации большая роль отводится цифровой трансформации, которая пока еще делает первые шаги в транспортной отрасли в сфере модернизации и перепроектирования отдельных бизнес-процессов. Цифровая трансформация позволит автоматизировать и обрабатывать необходимую информацию для принятия оптимальных управленческих решений для исследуемых проблемных ситуаций, позволит увеличить конкурентоспособность корпораций, крупных компаний и предприятий благодаря производству качественных товаров, продукции, услуг, использованию конкурентоспособных современных цифровых технологий, конкурентоспособного оборудования и высококомпетентного и профессионального персонала [8, 9].

С точки зрения эффективности использования производственных и материальных ресурсов, динамики использования инвестиционно-инновационного потенциала происходит переход от конкуренции товаров и услуг к конкуренции технологий: появляются инновационные цифровые технологии, в составе которых работает целый комплекс новейших технологий (когнитивные, интеллектуализированные, облачные технологии, промышленный интернет вещей, а также цифровые технологии, к которым в первую очередь относятся огромные массивы больших данных, новые технологии на платформе искусственного интеллекта и другие технологии виртуальной реальности) [10, 11].

Приоритетное направление инвестиционной активности предприятий на основе цифровой информации – аутсорсинг, бенчмаркинг, сетевой маркетинг и др. С использованием метода цифровизации, например, бенчмаркинга возможно более активное освоение новых рынков и технологий, потенциальных рынков сбыта, в результате повышается инновационный потенциал развития технологий в транспортной отрасли.

Наиболее интенсивно развивается система цифровой организации труда, в частности, в проектной деятельности в сфере оценки производительности труда. В первую очередь при цифровизации проводят модернизацию используемых бизнес-процессов и поддержки их эффективного функционирования. Переход от затрат на персонал к инвестициям в компетенции персонала. Цифровая компетенция человеческих ресурсов – это способность решать востребованные задачи на основе ИКТ и интеллектуальных технологий с применением современных разработок в сфере искусственного интеллекта.

Цифровая компетенция включает цифровую грамотность в области информационных технологий и больших данных, коммуникации и сотрудничество на платформе цифровых технологий, разработку законодательно-правовых правил цифрового обучения, формирование образовательной культуры цифровых компетенций, решение проблем по защите и конфиденциальности безопасности цифровой информации.

России необходима реализация современной инновационной стратегии для развития и внедрения национальных программ в реальном секторе экономики, нужно направить инвестиционную деятельность в развитие производства, установить полный заслон для всех коррупционных схем, откатов, воровства денег из бюджета страны, усилить прокурорский надзор за всеми денежными потоками в финансовой сфере. Следует подчеркнуть, что сегодня в России резко снизилась инвестиционная активность в производство, импортозамещение, что связано с ростом кризиса в банковской сфере, резким увеличением ставки рефинансирования, ростом инфляции, увеличением безработицы, снижением доходов и уровня жизни населения.

Одна из актуальных проблем при цифровой трансформации в транспортной отрасли – это слабая система контроля и управления на высшем уровне управления. Необходим контроль при реализации всех видов работ и бизнес-процессов реализуемых проектов.

Уровень эффективности в сфере цифровых технологий определяется по целям и показателям ИТ-процессов в целях действий контроля и приведена в соответствие с выполняемым бизнесом с учетом управления рисками.

При управлении цифровыми технологиями в развитии бизнеса на предприятиях необходимо соблюдать следующие правила: взаимосвязь деятельности бизнеса на базе цифровых технологий и выполняемых бизнес-операций со стратегией развития предприятия; оптимальное управление ресурсами, инвестициями, затратами и рисками на основе цифровой трансформации и корпоративных отношений; обеспеченность устойчивой инфраструктурой подготовки и использования в бизнесе предприятия компетентного и квалифицированного персонала; оценка эффективности за результатами выполняемых проектов, использованием ресурсов и качеством реализуемых процессов.

Таким образом, управление на платформе цифровых технологий взаимосвязано с реализацией стратегии предприятия, системами управления цифровыми ресурсами, рисками и оценкой эффективности цифровой трансформации. Реализация цифровых технологий образовательных процессов позволит существенно изменить многие экономические преобразования в РФ [12–14], изменить экономику предприятий и организаций в связи с необходимостью перехода на импортозамещение и создания новых производств; усовершенствовать развитие современного образования на основе интеграции цифровизации во взаимосвязи с национальными и региональными проектами; поднять престиж российского образования на основе форсайт-технологий с целью повышения эффективности образования за счет качества обучения, креативности и востребованности в высококвалифицированных кадрах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа «Развитие транспортной системы» // Постановление Правительства от 20 декабря 2017 года.
2. Внуковский Н. И. Негативные особенности и прогнозные последствия цифровой экономики на развитие социального общества // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия : Экономика и право. – 2021. – № 4. – С.11–14.
3. Внуковский Н. И. Проблемы и пути развития российской экономики в современных условиях // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 1 (90).

4. Внуковский Н. И. Управление стратегической инвестиционной деятельностью. – Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2006. – 140 с.
5. Внуковский Н. И. Интеллектуально-организационные проблемы в развитии интеллектуальной транспортной системы // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия : Экономика и право. – 2020. – № 1. – С. 16–20.
6. Внуковский Н. И. Цифровая трансформация организаций в современных российских условиях // Современная наука. Актуальные вопросы теории и практики. Серия : Экономика и право. – 2021. – № 6.
7. Внуковский Н. И. Инновационный механизм управления образовательными услугами в сфере бизнеса // Вести УТИПБ. – 2004. – № 1.
8. Внуковский Н. И. Анализ и технология моделирования системы управления знаниями на ОАО «РЖД» // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 12 (ч. 3). – С.1114–1116.
9. Vnukovsky N. Creating the structure of the knowledge system of the strategic investment activities of telecommunications companies Advances in modern science. – 2016. – Volume 4, № 12. – Pp. 113–116.
10. Гапанович В. А., Розенберг И. Н. Основные направления развития интеллектуального железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 4. – С. 5–11.
11. Интеллектуальные транспортные системы как инструмент повышения конкурентоспособности и рентабельности. URL: <http://www.connect.ru/article.asp?id=9558> (дата обращения: 23.04.2012).
12. Коваленко Н. И. Интеллектуальные транспортные системы: состояние и перспективы / Н. И. Коваленко // Вестник МГТУ МИРЭА. – 2014. – Т. 5, № 4. – С. 183–203.
13. Новиков В. Г. Навигационно-информационные системы на железнодорожном транспорте // Вестник ВНИИЖТ. – 2012. – № 4. – С. 49–51.
14. Внуковский Н. И. Анализ и технология моделирования системы управления знаниями на ОАО «РЖД» // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 12-3 (77). – С. 1114–1116.

# АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ В ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА, ЛОГИСТИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ НА ТРАНСПОРТЕ

---

УДК 378.147

## РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

Е. П. Никитина, старший преподаватель кафедры «Электрические машины»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Цифровые технологии позволяют широко использовать прогрессивные методы обучения, легко обмениваться информацией или делиться полученным положительным/отрицательным опытом. Но онлайн-обучение имеет ряд недостатков, например, связь между преподавателем и студентами посредством телекоммуникационных технологий и интерактивных средств, что достаточно часто приводит к снижению эффективности усвоения учебного материала [1].

В современных условиях до завершения полного перехода к применению только цифровых технологий особенно важно найти правильное сочетание преимуществ основных методов дистанционного и традиционного обучения применительно к каждому блоку учебных дисциплин. Это позволит повысить уровень подготовки учащихся и удовлетворить растущие требования настоящего момента.

В современных переходных условиях развития системы образования при обучении техническим дисциплинам в вузах и колледжах возникает множество проблем, которые негативно сказываются на качестве обучения.

Глубокое изучение базовых профессиональных дисциплин, приобретение практических навыков – это основа основ в становлении современного востребованного специалиста. Для Уральского государственного университета путей сообщения как технического вуза такой базой можно назвать фундаментальные технические дисциплины. В частности, для студентов электротехнических и электромеханических специальностей крайне важно качественное освоение таких учебных дисциплин, как «Электротехника» (и/или ТОЭ), «Электроника», «Электротехническое материаловедение», «Электрические машины».

Однако опыт последнего десятилетия показал, что уровень освоения электротехнических дисциплин часто не только не повышается, но нередко даже понижается. На рис. 1 показано сравнение уровня знаний электротехнических дисциплин в головном вузе УрГУПС в период 2012–2013 и 2022–2023 учебных годов. Легко заметить, что успеваемость по основным электротехническим дисциплинам снизилась, и если в 2012 г. в среднем около 30 % студентов академических групп имели задолженности по основным изучаемым электротехническим дисциплинам, то в 2022 г. их количество увеличилось до 50–65 %.

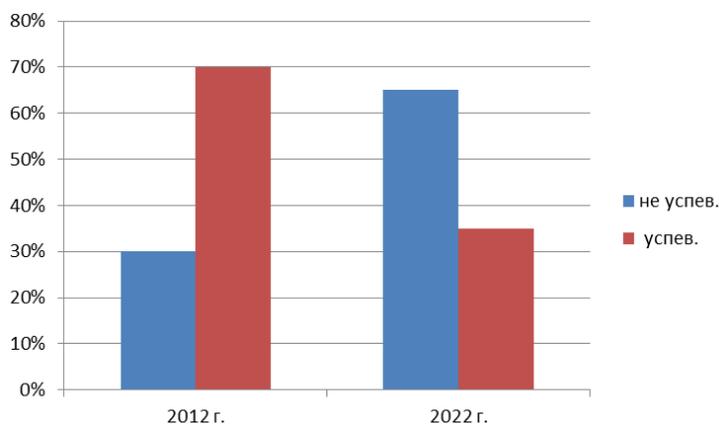


Рис. 1. Сравнение средней успеваемости студентов по электротехническим дисциплинам по результатам 2012 и 2022 уч. г., %

Период вынужденного онлайн-обучения с использованием системы дистанционного обучения на базе информационной системы электронного обучения в вузе (BlackBoard) ясно показал, что все виды занятий по учебным дисциплинам подвергаются изменениям, которые в разной степени допустимы для сохранения качества обучения. При проведении занятий в удаленном режиме существует множество особенностей, требующих особого внимания: необходимость четко проработанной структуры подачи учебного материала, невозможность внесения корректив в лекционный материал в ходе проведения занятия, необходимость строгого тайминга, сложность получения обратной связи и контроля внимания студентов на протяжении проведения всего занятия [3].

Полученный практический опыт дистанционного обучения показал, что для качественного освоения техническими дисциплинами наиболее целесообразна комбинированная очно-дистанционная форма обучения.

Онлайн-обучение допустимо для проведения лекционных занятий и консультаций студентов. Основанием такого вывода могут послужить статистические данные опроса студентов и преподавателей. На рис. 2 показано мнение опрошенных (%) о предпочтительной форме проведения лекционных занятий для освоения основных учебных дисциплин.

Опыт доказал, что для практических и лабораторных занятий значительно более эффективна очная форма обучения, позволяющая в большей мере получать практические навыки. Для проведения промежуточной аттестации студентов допустимо применение любой из двух форм обучения – по усмотрению преподавателя.

Для многих студентов освоение в дистанционном формате электротехнических и других технических дисциплин оказалось сложным, что привело к снижению их успеваемости. Переход к очной форме проведения практических и лабораторных занятий с весны 2022 г. позволил исправить положение в сторону улучшения успеваемости студентов. По результатам онлайн-обучения можно заметить, что студенты 1 и 2 курсов лучше относятся к дистанционной форме, чем третьекурсники. Объяснением этому может служить ранее полученный в школьные годы опыт дистанционного обучения.

Анализируя опытные данные последних лет, можно рекомендовать комплекс несложных мероприятий для повышения качества обучения техническим дисциплинам.

Усиление контроля посещаемости занятий и применение определенных мер воздействия для ее повышения (например, выполнение дополнительного задания, оформление письменного доклада или сообщения по пропущенному занятию и др.).

К причинам снижения успеваемости можно отнести следующее.

Во-первых, объективные причины, некоторые связаны с процессом всеобщей цифровизации.

Во-вторых, иные изменения в системе образования в звеньях средней общеобразовательной школы и высшей (изменения рабочих программ учебных дисциплин, уменьшение времени на все виды аудиторных занятий).

Основные проблемы, возникающие при дистанционной форме обучения, особо остро проявились для УрГУПС в 2019–2021 гг. [1, 2].

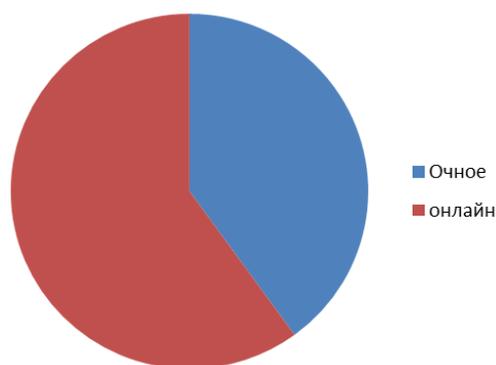


Рис. 2. Форма проведения лекционных занятий

Проведение лекционных занятий независимо от формы обучения желательно по определенному алгоритму со строгим его соблюдением. Ранее преподавателями кафедры «Электрические машины» предложен новый вариант проведения лекций для обучения в дистанционном формате [3]. Согласно данному варианту, каждое занятие должно состоять из нескольких строго увязанных между собой по содержанию и времени блоков. Большое внимание в начале лекции следует уделять концентрации внимания студентов, четко обозначить цели занятия, провести связи с пройденными темами или разделами, обозначить важность данной темы или раздела. Обязательным для каждого занятия должен стать блок, который позволяет определить степень вовлеченности студентов в процесс обучения. По усмотрению преподавателя такой блок может осуществляться на любом этапе проведения занятия и различными методами: выполнением определенного задания, требующего внимания; опросом; текущим тестированием по рассмотренной теме; голосованием и др.

Проведение занятий по указанному алгоритму на кафедре началось в 2022–23 учебном году и в скором будущем это позволит оценить его эффективность.

Проведение коротких опросов или тестов по пройденному учебному материалу рекомендуется на всех видах аудиторных занятий. Это позволит оценить текущий уровень освоения учебного материала.

Выполнение студентами небольших домашних заданий к каждому практическому занятию (по аналогии со средней школой). Это желательно прежде всего для студентов первого года обучения в вузе, чтобы вовлечь их в процесс освоения и не допустить массовой неуспеваемости академических групп по изучаемой дисциплине. Для лучшего понимания и закрепления пройденного учебного материала можно предложить студентам краткий электронный справочник по изучаемому курсу, в который включены основные понятия и определения, расчетные формулы и пр. Примеры оформления таблиц такого справочника для изучения «Электротехники» представлены на рис. 3, 4.

Постепенное усложнение заданий при освоении курса и переход от простого к сложному. Базовые технические дисциплины студенты начинают изучать еще во втором-третьем семестре обучения, а завершают в четвертом-шестом семестре. Целесообразно в начале освоения дисциплины, когда у студентов еще не сформирована самостоятельность, выполнение еженедельных домашних заданий, опросов и тестов по темам; а в последующем добавляется выполнение курсового проекта (РГР или др.), требующее самоорганизации и большей сознательности.

Проведение аттестации студентов в форме экзамена или зачета по экзаменационным билетам, а не только результирующего тестирования. Это дисциплинирует обучающихся и позволяет ускорить формирование у них профессиональных навыков.

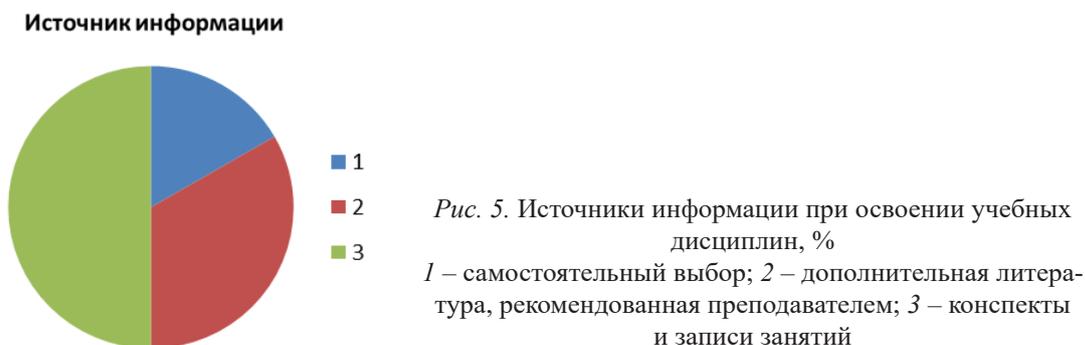
Основные понятия и определения		
Понятие	Определение	Обозначение или расчетная формула
Напряженность поля	Сила, с которой электрическое поле действует на положительный заряд $Q$ величиной в 1 Кулон	$E = F/Q$
Потенциал точки электрического поля	Величина, численно равная работе, которую надо совершить для перемещения заряда в один Кулон из бесконечности в конкретную точку	$\phi = \int A \cdot Q$
Сила тока	Величина, численно равная количеству электричества, протекающего через поперечное сечение проводника в единицу времени	$I = Q/t$ где $Q$ – суммарный электрический заряд, Кл; $t$ – время прохождения заряда, с.
Электродвижущая сила источника ЭДС	Величина, численно равная работе, совершаемой сторонними силами или самим источником, для проведения единичного положительного заряда по замкнутой цепи.	$E = A \cdot Q$

Рис. 3. Пример оформления справочной таблицы с основными определениями

Обозначение и графическое изображение основных элементов на электрической схеме

Элемент	Обозначение на схеме
Резистивный постоянный элемент (резистор), $R$ , Ом	
Регулируемый резистивный элемент, $R$ , Ом	
Нелинейный резистор, $R_{нл}$ , Ом	

Рис. 4. Пример оформления справочной таблицы с обозначения элементов



Правильный подбор преподавателем методической и учебной литературы, повышение качества лекционного материала и совершенствование лекторского мастерства. Главными источниками информации при освоении базового технического курса для большинства обучающихся служат конспекты лекций и записи практических занятий.

На рис. 5 показана расстановка приоритетов при выборе источников информации студентами 1-2 курсов; большинство студентов начальных курсов (около 70 %) при освоении учебного материала используют только конспекты и записи, а дополнительной литературой пользуются значительно меньше.

Выполнение рекомендуемого комплекса предложенных мероприятий должно способствовать повышению качества обучения техническим дисциплинам и достаточно в короткие сроки.

Также может быть полезным проведение семинаров и конкурсов по созданию новых методических разработок или онлайн-курсов (тестов, заданий, лекций), отвечающих современными требованиями, на которых преподаватели могли делиться опытом и повышать свой уровень владения цифровыми технологиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Косяков А. А., Никитина Е. П. Опыт дистанционного преподавания электротехнических дисциплин в Уральском государственном университете путей сообщения // *Инновационная экономика и общество*. – 2022. – № 2 (36). – С. 85–97.
2. Шатверян Н. Г., Великохатко Ю. И. Дистанционное обучение в системе высшего образования: преимущества, недостатки, перспективы // *Наукосфера*. – 2021. – № 6 (1). – С. 69–73.
3. Максимова И. Н., Никитина Е. П. Алгоритм проведения лекционных занятий в дистанционном режиме по электротехнике для студентов электрических специальностей // *Тенденции развития науки и образования*. – 2022. – № 89. – С. 85–87.

УДК 656.3.078

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СИСТЕМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ТРАНСПОРТЕ

В. Б. Ишмуратов, аспирант (научный руководитель – А. Н. Рахмангулов, д-р техн. наук)  
Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, г. Магнитогорск

По итогам 2022 г. доля перевозки грузов железнодорожным транспортом по РФ составила 15,5 % от общего (8 779 млн т) [1]. Основные грузы, млн т: каменный уголь (354,4), нефть и нефтепродукты (216,2), прочие грузы (146,1), строительные материалы (133,9), руда железная (115,3), черные металлы (66,3) [2]. На предприятиях железнодорожный транспорт используется не только для привоза сырья и отправления готовой продукции потребителю, но и для внутреннего перемещения полуфабрикатов от одних цехов к другим. На предприятиях, например, металлургического сектора (ПАО «НЛМК», АО «Евраз», ПАО «Северсталь», ПАО «ММК», ПАО «Мечел» и другие), доля использования железнодорожного транспорта для внутривозовских перемещений грузов достигает 86 % от общего объема перевозок. Хотя и замечена тенденция на снижение использования железнодорожного транспорта на внешних перевозках [3], объем внутривозовских перевозок остается неизменным.

Железнодорожный транспорт на предприятиях компенсирует неравномерность как внешних вагонопотоков, так и внутренних, связанную с частыми изменениями производственных планов. Данный вид транспорта остается затратным как при капитальном строительстве (удельные капитальные вложения железнодорожного транспорта составляют 9,2 руб./10 приведённых т · км против 8,0 у автомобильного транспорта), так и в период эксплуатации [4]. В момент проектирования железнодорожной инфраструктуры и расчета необходимого количества подвижного состава для организации перевозки в случаях изменения потоков и строительства новых цехов приходится закладывать резервы – простаивающие локомотивы и вагоны, избыточную развитость инфраструктуры, незадействованный персонал, складирование топливно-энергетических ресурсов.

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) в зависимости от заложенного функционала позволяют решать не только указанные задачи. ИТС может быть направлена на оценку производительности перевозочного процесса [5] и оптимизацию рабочего времени движения локомотивов. Позволит автоматизировать перевозочный процесс за счет применения программных комплексов, которые подсказывают или выбирают определенный алгоритм эффективных действий в той или иной ситуации [7]. Беспилотное управление техникой открывает большие возможности для экономии топливно-энергетических ресурсов по сравнению с системами помощи персоналу [8] и усиливает безопасность движения. На основе текущего местоположения подвижного состава и динамических цифровых двойников, которые являются частью ИТС, решаются проблемы определения статуса транспортного узла в будущем: низкая загруженность узла, нормальная (проектная) и высокая загруженность, ведущая к нестабильной работе транспортного процесса по обеспечению отдельных элементов транспортного узла. Прогнозирование дальнейшего развития ситуации транспортного процесса позволит определить будущее состояние процесса и достичь желаемых результатов при принятии решений.

Одним из элементов ИТС выступает технология цифрового двойника, которая является виртуальной копией физической транспортной системы, созданной на основе слияния модели и данных [9]. Основная цель цифровых двойников – это предоставление возможности получения как можно

---

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-11-00164, <https://rscf.ru/project/23-11-00164/>.

большей информации о текущем и будущем состояниях физического процесса. На основе цифрового двойника и полученной информации ИТС будет принимать оптимальное решение с ранее заданными параметрами – четко выстроенной стратегией предприятия.

Состояние транспортных систем постоянно изменяется во времени. Таким образом, транспортные системы – это динамические системы. В ИТС должен применяться динамический цифровой двойник. Цифровой двойник становится динамическим, если он получает пространственно-временные данные об объектах или элементах транспортной системы – данные о местоположении подвижного состава. Интеллектуальной транспортной системе важно «понимать» в каком состоянии и где находится подвижной состав [10].

В работе рассмотрены существующие системы позиционирования подвижных объектов, которые регистрируют пространственно-временные данные. К классическим системам относятся рельсовые цепи (используются на пространстве СНГ) и балисы (европейские железные дороги) [11]. Благодаря быстрому развитию технологий в области интернета вещей производство датчиков становится дешевле. Появляются бортовые системы, которые на основе технического зрения и радара миллиметрового диапазона могут определять местоположение локомотива с высокой точностью даже в подземных условиях [12]. В ходе выполнения работы рассмотрены 52 научных публикации, описывающих исследования в области систем позиционирования транспортных средств (таблица 1).

Таблица 1

Системы позиционирования подвижного состава

Наименование	Описание
Рельсовые цепи	Определение занятости участка железнодорожного пути на основе электрической цепи. Применяется в железнодорожной автоматике и телемеханике
Доплеровский радар	Радиолокационная система
Балиса	Техническое средство, передающие данные индуктивным способом, состоящие из стационарных меток, уложенных в междупутье, и бортовых систем. Широко применяется на европейских железных дорогах
Штрих-кодирование	Технология идентификации материальных объектов, реализующаяся путем присвоения каждой единице уникальной графической метки на основе оптического распознавания
RFID, passive (Radio Frequency Identification, Пассивная радиочастотная идентификация)	Технология радиочастотной идентификации, обнаружения и распознавания объектов
RFID, active (Radio Frequency Identification, Активная радиочастотная идентификация)	То же, что и RFID. Имеет активную метку
Система счета осей (ССО)	Индуктивные датчики, регистрирующие изменение электромагнитного поля при проезде колеса
Ручной ввод	Ввод информации о перемещении подвижного состава оператором
Техническое зрение	Распознавание номера подвижного состава с изображения, полученного с видеокамер
GNSS (Global Navigation Satellite System)	Глобальная спутниковая навигационная система
Беспроводная сенсорная сеть (WSN, wireless sensor network)	Распределённая, самоорганизующаяся сеть множества датчиков и исполнительных устройств, объединённых между собой посредством радиоканала
Zigbee	Беспроводная связь между устройствами с низким энергопотреблением
Bluetooth Low Energy (BLE Bluetooth с низким энергопотреблением)	Беспроводная связь между устройствами с низким энергопотреблением

Наименование	Описание
Wi-fi	Беспроводная связь между устройствами
Ultra-Wide Band (UWB)	Беспроводная связь между устройствами с низким энергопотреблением
Микроэлектромеханические системы (MEMS, micro-electromechanical systems)	Устройства, объединяющие в себе микроэлектронные и микромеханические компоненты
LiDAR (Light Detection and Ranging, световое обнаружение и определение дальности)	Технология определения расстояния до объекта на основе света и приемника
Лазерный датчик (Laser Sensor)	Технология на основе триангуляционного принципа
Датчик колеса	Тахометр и одометр
Инерционный измерительный блок (IMU, Inertial measurement unit)	Датчик положения (гироскоп и акселерометр)
Комбинация систем	
Train Location Unit (TLU, система определения местоположения поезда)	Включает в себя GNSS, IMU, оптический (лазерный) сканер скорости
GNSS + IMU	Определение координат в закрытых местностях на небольшом временном отрезке (появляется накопленная ошибка)
GNSS + Differential	Используется опорная стационарная станция с ранее известными координатами
Инерциальная навигационная система (INS, inertial navigation system)	Основан на свойствах инерции тел, являющийся автономным, не требует наличия внешних ориентиров или поступающих извне сигналов. Включает в себя акселерометр, гироскопические и другие устройства
Техническое зрение + радар миллиметрового диапазона	Радар работает путём передачи электромагнитных волн и обработки ответных волн, отражённых от окружающих объектов. На основе технического зрения нивелируются ошибки радара

В научной литературе представлены оценки эффективности систем позиционирования подвижного состава, однако не выработана система критериев их эффективности [13].

Нами выполнен анализ 26 источников по частоте упоминания различных параметров систем позиционирования, влияющих на эффективность их эксплуатации. Выявлен 121 параметр. Произведено объединение схожих параметров, в результате чего получены 44 критерия, которые, в свою очередь, были разделены по четырём группам: технические, функциональные, качественные, экономические. Например, к группе «технические» отнесены способ передачи информации о перемещении объекта (контактный/бесконтактный), наличие автономного хранилища данных, точность позиционирования, размер датчика, способность определять местоположение в закрытых помещениях или в местностях слабого покрытия сигнала, энергопотребление, снижение влияния человеческой ошибки при вводе данных, влияние температуры окружающей среды, погодных условий, внешнего электромагнитного поля на систему, проводной/беспроводной способ передачи данных, требования к расположению датчика. Результаты группировки критериев представлены в таблице 2.

Таблица 2

Группы критериев оценки эффективности систем позиционирования подвижного состава

Группа	Количество
Технические	18
Функциональные	12
Качественные	13
Экономические	17

Группа «функциональные» включает в себя различные дополнительные функции, которыми обладает система, «качественные» оценивают качество потоков данных в системах, «экономические» определяют затраты на реализацию и эксплуатацию систем в различных условиях.

Сформированные группы критериев предлагается использовать для выбора системы позиционирования подвижного состава при их развертывании на предприятии. Учитывая наличие множества противоречивых критериев оценки и большое число альтернатив, предлагается для выбора систем позиционирования использовать многокритериальные методы принятия решений (MCDM – Multi-Criteria Decision Methods) [14]. Применение MCDM позволит ранжировать критерии и ранжировать непосредственно сами альтернативы.

#### ЛИТЕРАТУРА

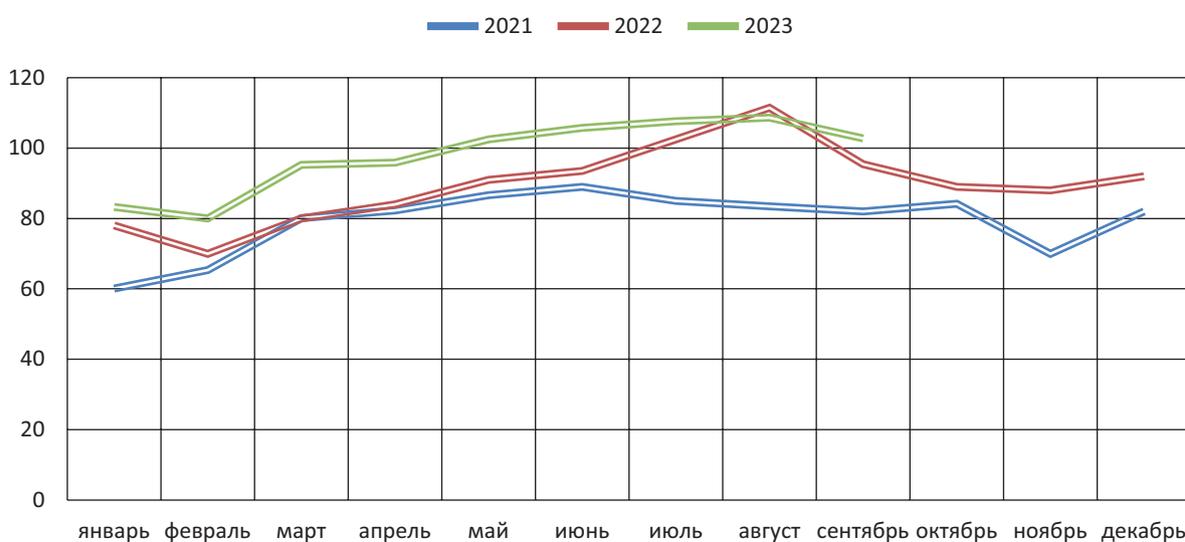
1. Федеральная служба государственной статистики. Перевозки грузов по видам транспорта. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 29.10.2023).
2. Федеральная служба государственной статистики. Объем погрузки основных видов грузов на железнодорожном транспорте. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 29.10.2023).
3. Попова Е. А. Проблемы клиентоориентированности на железнодорожном транспорте // Транспорт: наука, образование, производство (транспорт-2021) : труды международной научно-практической конференции, Воронеж, 19–21 апреля 2021 года. – 2021. – С. 172–174.
4. Терёшина Н. П., Подсорин В. А., Данилина М. Г. Экономика железнодорожного транспорта. М. : МГУПС (МИИТ), 2017. – 262 с.
5. Rácz-Szabó A., Ruppert T., Bántay L., Löcklin A., Jakab L., Abonyi J. Real-Time Locating System in Production Management // Sensors (Basel, Switzerland). – 2020. – 20. – № 23.
6. Рахмангулов А. Н., Корнилов С. Н., Мишкурлов П. Н., Александрин Д. В. Имитационные модели в цифровых двойниках железнодорожных узлов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 3 (55). – С. 43–59.
7. Гозбенко В. Е., Оленцевич В. А., Белоголов Ю. И. Автоматизация отдельных операций перевозочного процесса с целью обеспечения достаточных условий для оптимального функционирования «цифрового» транспорта и логистики // Modern technologies. System analysis. Modeling. 2018. 4 (60). pp. 125–132.
8. Albrecht Th., Lüddecke K., Zimmermann J. A precise and reliable train positioning system and its use for automation of train operation // IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT). 2013. Pp. 134–139.
9. Wagg D. J., Worden K., Barthorpe R. J., Gardner P. Digital Twins: State-of-the-Art and Future Directions for Modeling and Simulation in Engineering Dynamics Applications // ASCE-ASME J Risk and Uncert in Engrg Sys Part B Mech Engrg. 2020. 6. № 3.
10. Baranov L. A., Bestemyanov P. F., Balakina E. P., Okhotnikov A. L. Errors in Measuring the Distance to an Obstacle by Technical Vision Means and in Forecasting Braking Distance in Driverless Train Control Systems. World of Transport and Transportation // World of Transport and Transportation. 2022. 19. № 6. Pp. 6–12.
11. Faramarz Sadeghi, Mohammad Ali Sandidzadeh, Farzaad Soleymaani. Investigating the Operation and Data Exchange in Balise and its Simulation Based on European Train Control System (ETCS). Unpublished, 2019.
12. Wang Z., Yu G., Zhou B., Wang P., Wu X. A Train Positioning Method Based-On Vision and Millimeter-Wave Radar Data Fusion // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2022. 23. № 5. Pp. 4603–4613.
13. Otegui J., Bahillo A., Lopetegui I., Diez L. E. A Survey of Train Positioning Solutions // IEEE Sensors Journal. 2017. 17. № 20. Pp. 6788–6797.
14. Осинцев Н. А., Рахмангулов А. Н. Выбор зелёных технологий в складской логистике – многокритериальный подход // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2021. – № 1. – С. 4–17.

УДК 656.21+06

## ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Е. А. Андреева, ассистент кафедры «Управление эксплуатационной работой»  
Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону

В последние годы наблюдается стабильный рост объемов пассажирских перевозок. Это связано с увеличением спроса на железнодорожные перевозки, включая дальние и пригородные маршруты.



Динамика пассажирских перевозок на сети ОАО «РЖД», млн пасс.

За первые 9 мес. 2023 г. на сети РЖД перевезено 886,9 млн пассажиров (+4,3 % к январю-августу 2022 г.). Заметный вклад в общую динамику внесли пригородные перевозки, где 793,3 млн пассажиров воспользовались услугами РЖД, отметив прирост на 3,5 %, в сегменте дальних поездок зафиксирован значительный рост в 12 %, с общим числом перевезенных пассажиров, составившим 93,6 млн пассажиров.

В сентябре 2023 года отправлено 102,8 млн пассажиров – на 3,2 % больше, чем в сентябре 2022 г. В пригородном сообщении зафиксирован рост на 2,4 % с общим числом отправленных пассажиров в 92,3 млн чел. Сегмент дальних перевозок также отметился ростом в 10,6 %, где 10,5 млн чел. выбрали железнодорожные поезда в качестве предпочтительного средства передвижения.

Цифровизация как процесс интеграции информационных технологий в железнодорожную инфраструктуру и управление перевозками открывает перед пассажирскими железнодорожными перевозками множество новых возможностей. Она способствует повышению эффективности работы железнодорожной системы, сокращению времени в пути, улучшению безопасности и комфорта для пассажиров. Внедрение системы онлайн-бронирования билетов, мониторинга состояния поездов в реальном времени и автоматизированных систем управления движением позволяет увеличить конкурентоспособность железнодорожных перевозок.

Область исследований пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте является важной и актуальной в настоящее время. Научные исследования, охватывающие различные аспекты пассажирских железнодорожных перевозок, проводились в [1–5].

В исследовании, представленном в работе [1], освещается взаимосвязь между распределением пассажиров по категориям поездов и различными параметрами (время в пути, типы вагонов и маршруты следования поездов). Уникальность подхода заключается в использовании математического аппарата искусственной нейронной сети Кохонена, что позволяет более глубоко и точно анализировать динамику пассажирских потоков.

В статье [2] рассматриваются инновационные бизнес-модели для смешанных (комбинированных) пассажирских перевозок, а также их влияние на развитие комбинированных пассажирских перевозок как фактора, способствующего увеличению ёмкости рынка железнодорожных пассажирских перевозок.

В работе [3] акцентировано внимание на внешних и внутренних факторах, воздействующих на систему организации пассажирских перевозок в различных регионах и в стране в целом. Авторы анализируют научные подходы к организации пассажирских перевозок, ориентируясь на логистические принципы, что предоставляет глубокий взгляд на проблематику.

Статья [4] представляет обзор основных тенденций в области использования цифровых пассажирских сервисов на железнодорожном транспорте, опираясь на современные и перспективные технологии обслуживания, отмечены ключевые аспекты, формирующие современное лицо цифровизированных пассажирских услуг в железнодорожной отрасли.

Эти источники представляют лишь малую часть обширной литературы по пассажирским железнодорожным перевозкам. Исследования в этой области продолжают активно развиваться, учитывая современные вызовы, такие как экологическая устойчивость, технологические инновации и изменения в мобильности населения.

Цифровизация и внедрение новых технологий в пассажирском комплексе – ключевые аспекты, направленные на совершенствование и обеспечение высокого уровня обслуживания для пассажиров в транспортной отрасли. Рассмотрим, как эти тенденции влияют на пассажирский опыт и общую эффективность.

Бронирование билетов и онлайн-сервисы. Цифровые платформы и мобильные приложения позволяют пассажирам удобно бронировать билеты, выбирать оптимальные маршруты и получать актуальную информацию о расписании. Это упрощает процесс планирования поездки и повышает удобство путешествия.

Системы управления движением и безопасность. Внедрение современных систем управления движением и мониторинга обеспечивает более точное и эффективное управление движением поездов, снижает риски возникновения чрезвычайных ситуаций и улучшает общую безопасность пассажиров.

Интеллектуальные транспортные системы. Использование данных и искусственного интеллекта позволяет создать интеллектуальные транспортные системы. Это включает в себя предсказание и управление пассажирскими потоками, оптимизацию расписания и обеспечение максимальной эффективности использования ресурсов.

Бесконтактные технологии и IoT. Внедрение таких бесконтактных технологий, как бесконтактные билеты и сенсоры, а также интернета вещей (IoT) позволяет создавать более гибкие и комфортные условия для пассажиров, а также повышает эффективность обслуживания.

Развитие внутренней инфраструктуры в вагонах и на станциях. Внедрение современных технологий внутри поездов и на железнодорожных станциях (высокоскоростной Интернет, системы развлечений и услуги для пассажиров) создает более комфортные условия для путешествия.

Электронные платежи и лояльность. Цифровые технологии также реформируют системы оплаты билетов и дополнительных услуг. Внедрение электронных платежных систем и программ лояльности способствует удобству платежей и мотивирует пассажиров использовать железнодорожный транспорт.

Цифровизация и внедрение новых технологий в пассажирском комплексе не только улучшают качество обслуживания, но и повышают конкурентоспособность железнодорожных перевозок. Эти тенденции направлены на создание современной и устойчивой инфраструктуры, соответствующей ожиданиям и потребностям современных пассажиров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пазойский, Ю. О. Закономерность распределения пассажиропотока в пассажирских поездах дальнего следования / Ю. О. Пазойский, М. Ю. Савельев, Е. А. Середов // Экономика железных дорог. – 2022. – № 7. – С. 29–39.
2. Гуц, А. В. Модели организации комбинированных (смешанных) пассажирских перевозок // Мир транспорта. – 2020. – Т. 18, № 6. – С. 208–219.
3. Вакуленко С. П. Научные подходы к обеспечению качества обслуживания пассажиров при организации мультимодальных пассажирских перевозок / Е. В. Копылова, С. П. Вакуленко // Железнодорожный транспорт. – 2018. – № 6. – С. 21–27.
4. Алексеев С. А. Совершенствование пассажирских сервисов на основе цифровых технологий / С. А. Алексеев // Экономика железных дорог. – 2020. – № 5. – С. 39–40.
5. Числов, О. Н. Эгалитарный подход в оптимизации населенности поезда для высокоскоростной пассажирской магистрали / О. Н. Числов, Богачев В. А., И. Н. Егорова, Т. В. Богачев [и др.] // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 1 (52). – С. 12–20.

УДК 656.212.5

## РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ОСТАНОВКИ ОТЦЕПОВ В СОРТИРОВОЧНОМ ПАРКЕ ДО ТОЧКИ ПРИЦЕЛИВАНИЯ

А. А. Климов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Железнодорожные станции и узлы»  
Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

В России на общей сети железных дорог функционирует более ста сортировочных горок разной мощности. По технической оснащенности сортировочные горки классифицируют на автоматизированные, механизированные и немеханизированные. После реализации программы модернизации сортировочных горок на основных сортировочных станциях сети проведено обновление средств механизации, установлены системы горочной автоматики, что позволило повысить безопасность процесса сортировки вагонов за счет повышения надежности работы технических средств и снижения влияния человеческого фактора на процесс роспуска. При этом по-прежнему интервально-прицельное торможение, осуществляемое на парковых (ПТП) и частично на пучковых тормозных позициях, остается основным режимом регулирования скорости скатывания отцепов.

Процесс скатывания отцепов по спускной части автоматизированных сортировочных горок регулируется системами горочной автоматики и заключается в реализации двух основных функций: управление маршрутами скатывания отцепопотоков; определение необходимой степени торможения отцепов на каждой тормозной позиции (с целью создания между отцепами необходимых пространственно-временных интервалов).

Прицельное торможение заключается в определении скорости выхода отцепов с парковой тормозной позиции, которая должна обеспечивать докатывание отцепов до ближайших вагонов, находящихся на путях сортировочного парка и соединение отцепов с расположенными в парке вагонами со скоростью, не превышающей допустимую скорость соударения.

Для сортировочных горок с тремя тормозными позициями прицельное торможение производится с использованием не только парковой (третьей), но и пучковой (второй) тормозной позиции. Для большинства горок на сортировочных путях после ПТП отсутствуют технические средства для дальнейшего регулирования скорости скатывания отцепов. Следовательно, качество прицельного торможения зависит именно от скорости выхода отцепа в сортировочный парк, которая определяется по потребной дальности пробега, зависящей от характеристик отцепа, в том числе количества вагонов, массы и типа каждого вагона в отцепе; продольного профиля и плана сортировочного пути; метеорологических условий в период скатывания отцепа.

Ходовые свойства каждого отцепа являются случайными величинами с достаточно большим диапазоном допустимых значений. Поэтому отдельные вагоны легкой весовой категории (наиболее вероятные «плохие» бегуны) могут иметь меньшие значения основного удельного сопротивления движению, чем отдельные вагоны тяжелой весовой категории (наиболее вероятные «хорошие» или «очень хорошие» бегуны). Поэтому расчетные значения скоростей выхода отцепов в парк, в том числе определенные подсистемой горочной автоматики, не всегда обеспечивают достижение потребной дальности пробега (докатывание до точки прицеливания) и соблюдение допустимой скорости соединения вагонов на путях накопления.

Для оценки конструкции продольного профиля сортировочных путей в качестве одного из критериев рассматривается вероятность остановки отцепа до точки прицеливания  $P$ . Определяя значение  $P$  для каждого отцепа при фиксированных условиях, можно выполнять сравнение вариантов конфигурации продольного профиля сортировочных путей. Метод исследования основан на

имитационном моделировании процессов скатывания отцепов с сортировочной горки и заполнения путей накопления составов при расформировании [1–4].

Принципы моделирования скатывания отцепов с горки и заполнения сортировочного пути заключаются в следующем.

1) Для каждого отцепа фиксируются следующие расчетные характеристики: число вагонов, тип и масса каждого вагона.

2) Потребная дальность пробега каждого отцепа рассчитывается для средних значений плотности основного удельного сопротивления движению, установленных для каждой весовой категории [5].

3) Фактическая дальность пробега каждого отцепа определяется как среднее значение серии экспериментов, в которых значения основного удельного сопротивления генерируются случайным порядком с использованием числовых характеристик плотности распределения для соответствующей весовой категории [5].

4) На основании обработки результатов скатывания каждого отцепа для серии экспериментов (не менее 500 итераций) определяются наиболее вероятная координата остановки отцепа; оставшаяся свободная часть сортировочного пути, для которой рассчитывается потребная дальность пробега следующего отцепа; длина образующегося промежутка между вагонами (длина «окна») для отцепов, фактическая координата остановки которых ближе к ПТП по сравнению с координатой, соответствующей потребной дальности пробега; вероятность остановки отцепа до точки прицеливания.

Для исследования приняты технические характеристики реального сортировочного пути. Продольный профиль выходной части парка (расположенной на противоклоне) принят по существующим значениям, а уклон участка основной части сортировочного пути принят в соответствии с действующими нормативами – уклон 0,6 ‰ по направлению скатывания [6].

Расчет установленных показателей процесса скатывания отцепов в сортировочном парке производился для следующих экспериментов.

Скатывание отцепов из одиночных вагонов легкой весовой категории (массой в диапазоне 22–27 т) в неблагоприятных условиях.

Скатывание отцепов из одиночных вагонов тяжелой весовой категории (массой в диапазоне 72–100 т) в благоприятных условиях.

Моделирование скатывания отцепов производилось на участке сортировочного пути длиной 943 м, что и является координатой остановки отцепа № 1 (прицельная дальность), при этом фактическая дальность первого отцепа составила 721 м для легкой весовой категории (условия неблагоприятные), 879 м для тяжелой весовой категории (условия благоприятные).

При расчете потребной прицельной дальности отцепа № 1 и последующих отцепов (при необходимости) учитывались ограничения по допустимой скорости входа вагонов на замедлители ПТП, что приводило к снижению фактической дальности пробега особенно порожних вагонов в неблагоприятных условиях скатывания. В целом за один эксперимент моделировался процесс накопления сортировочного пути вместимостью из 67 отцепов, состоящих из одиночных вагонов.

Результаты расчета вероятностей остановки до точки прицеливания отцепов из одиночных вагонов легкой и тяжелой весовой категории приведены на рис. 1, 2. На автоматизированных горках производится сопоставление фактической траектории скатывания отцепа с расчетной траекторией и при необходимости выполняется корректировка режима торможения на последующих тормозных позициях. Тем самым обеспечивается учет случайного характера основного удельного сопротивления движению отцепов. Поэтому в реальных условиях эксплуатации на автоматизированных горках вероятность недокатывания отцепов до точки прицеливания будет несколько меньше, а используемый в данном методе критерий следует рассматривать как относительную вероятность остановки отцепов до точки прицеливания  $P_{от}$ .

Данные рис. 1, 2 показывают, что относительная вероятность остановки отцепов до точки прицеливания изменяется не линейно, что объясняется условиями проведения экспериментов – генерацией массы отцепа и основного удельного сопротивления движению в интервале допустимых значений. В целом на основной части маршрута относительная вероятность недокатывания

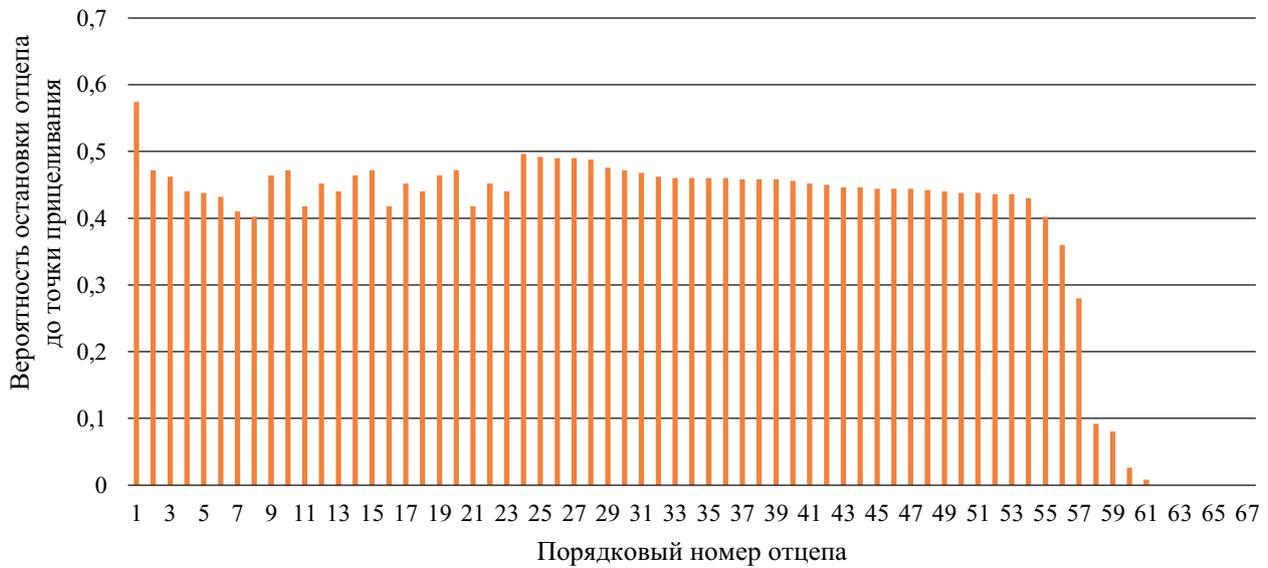


Рис. 1. Относительная вероятность остановки отцепов легкой весовой категории ранее точки прицеливания, условия неблагоприятные

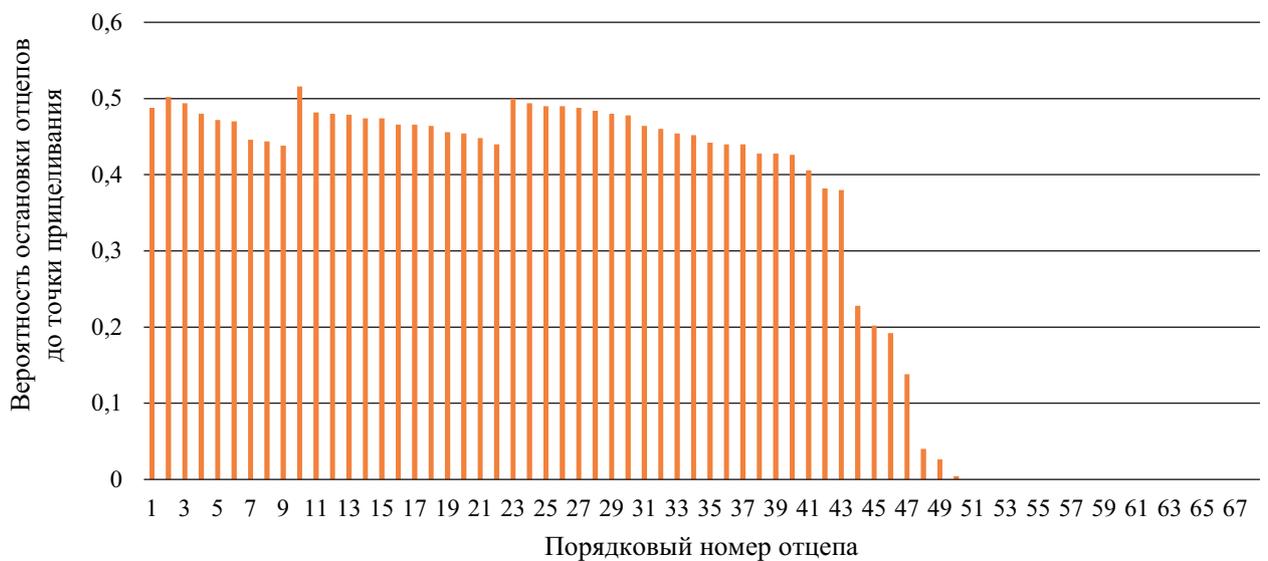


Рис. 2. Относительная вероятность остановки отцепов тяжелой весовой категории ранее точки прицеливания, условия благоприятные

отцепов незначительно превышает 0,40 для обеих весовых категорий (указанное расчетное значение  $P_{от}$  показывает, что из 500 повторений около 60 % отцепов достигнут координаты точки прицеливания).

Для вагонов тяжелой весовой категории с отцепов № 49 данная вероятность практически равна нулю, что соответствует участку пути сортировочного парка длиной 252 м от нижнего стыка ПТП. Для заданных условий указанное значение можно считать зоной гарантированного достижения отцепом координаты точки прицеливания. Для вагонов легкой весовой категории аналогичная ситуация фиксируется только для отцепов № 62 – участок сортировочного пути длиной 70 м от нижнего конца ПТП.

Результаты расчета длины образующихся «окон» в сортировочном парке при накоплении нового состава приведены на рис. 3, 4.

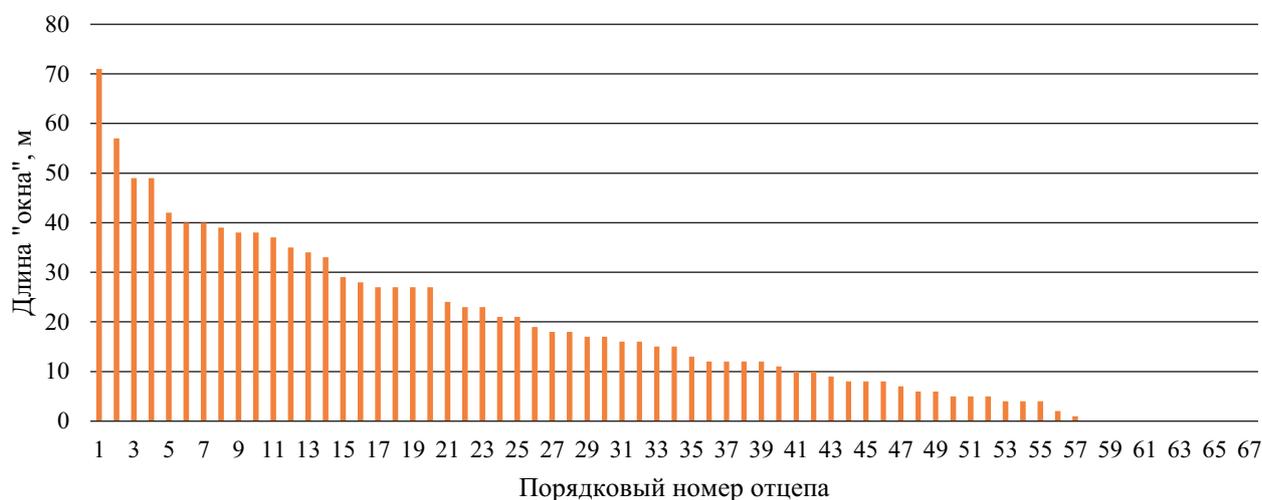


Рис. 3. Средняя длина образующихся «окон» при скатывании отцепов легкой весовой категории в сортировочном парке, условия неблагоприятные

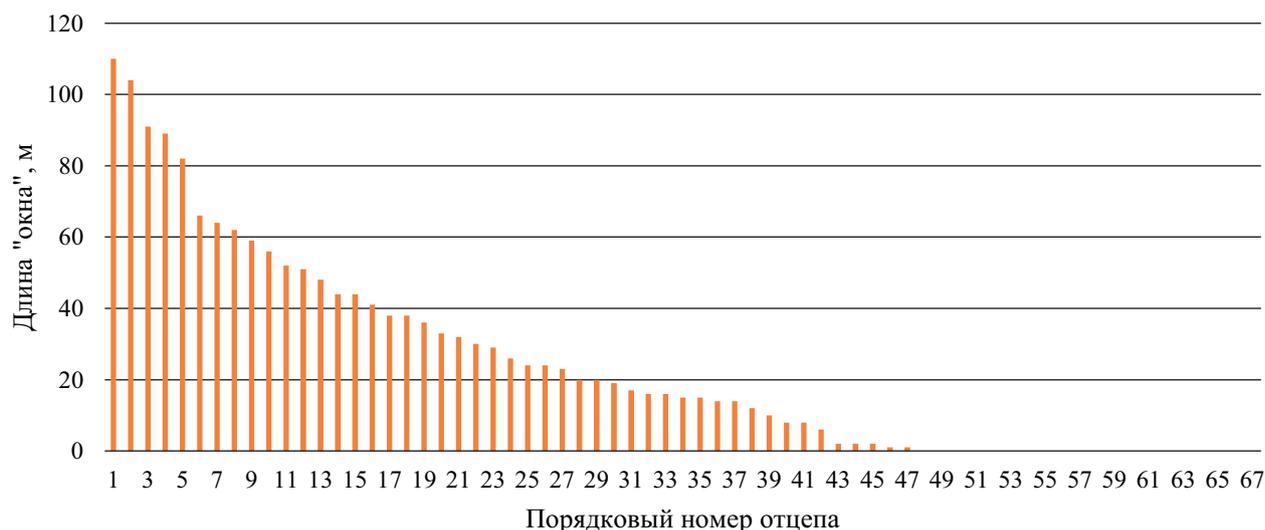


Рис. 4. Средняя длина образующихся «окон» при скатывании отцепов тяжелой весовой категории в сортировочном парке, условия благоприятные

Приведенные на рис. 3, 4 результаты показывают, что средняя длина «окна» сокращается по мере заполнения сортировочного пути. Для груженых вагонов «окна» длиной более 20 м образуются для первых 27 отцепов, а начиная с отцепа № 43 «окна» заполнение пути накопления идет практически без «окон» (что соответствует участку пути длиной 336 м от нижнего стыка ПТП). Для порожних вагонов «окна» более 20 м образуются для первых 25 отцепов, с отцепа № 57 «окна» практически не образуются (что соответствует участку пути длиной 140 м от нижнего стыка ПТП). Указанные значения длин начального участка сортировочного пути от нижнего конца ПТП можно рассматривать в виде показателей процесса заполнения при анализе конструкции продольного профиля и сравнении вариантов проектных решений.

Представленный метод расчета вероятностей остановки отцепов ранее точки прицеливания может использоваться при сравнении конкурирующих вариантов конструкции продольного профиля основного участка сортировочного пути, расположенного на уклоне по направлению скатывания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климов А. А., Гунбин А. А. Моделирование процесса скатывания отцепов из нескольких вагонов с сортировочной горки при роспуске // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – № 2. – С. 88–91.
2. Климов А. А., Гунбин А. А. Программа имитационного моделирования скатывания отцепов из нескольких вагонов с сортировочной горки «СКАТ-Отцеп» : Свидетельство о регистрации электронного ресурса в ОФЭРНиО № 18663 от 12.11.2012 г.
3. Климов, А. А. Принципы моделирования процесса заполнения путей сортировочного парка при расформировании составов / А. А. Климов // Политранспортные системы : М-лы XII Международн. научн.-техн. конф. Часть 3. – Новосибирск : Сибирский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 126–131.
4. Климов А. А., Гунбин А. А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023618062 Российская Федерация. Программа для расчета показателей процесса заполнения путей сортировочного парка : № 2023616946 от 8.04.2023
5. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм : утв. МПС РФ 10.10.03. – М.: Техинформ, 2003. – 168 с.
6. Свод правил СП 225.1326000.2014. Станционные здания, сооружения и устройства. – 2014. – 117 с.

УДК 656.222.6

# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ КАК МЕРА ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ВОЛНОВОМУ ЭФФЕКТУ

Н. И. Осипов, аспирант (научный руководитель – С. А. Бессоненко, д-р техн. наук)  
Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск.

Стремительное развитие бесцветной сигнализации на основе цифровой связи делает возможным сокращение межпоездного интервала до трёх минут [1]. Существуют различные варианты интервального регулирования движения поездов (ИРДП), находящиеся на различных этапах эксплуатационной готовности. К активно внедряемым решениям относятся реализующая технологию «подвижных» блок-участков микропроцессорная автоблокировка АБТЦ-МШ и «виртуальная сцепка» (ВСЦ), которая применяется совместно с числовой кодовой автоблокировкой (ЧКАБ) и является, по сути своей, промежуточным этапом между «фиксированными» и «подвижными» блок-участками, сокращая интервал между попутно следующими поездами на величину, зависящую от сложности условий на перевальных элементах профиля главного пути [2].

Каждый вариант ИРДП обеспечивает разный уровень взаимовлияния поездов в потоке, выраженный «волновым эффектом». Термин «волновой эффект» (или «ударная волна») берёт своё начало из исследований автомобильных перевозок. Согласно теории транспортных потоков, возмущение скорости потока является незатухающим, что демонстрирует неустойчивость его поведения [3]. В случаях, когда по соотношению плотности  $\rho$  и величины потока  $q$  происходит переход в фазовое состояние широких перемещающихся пробок (рис. 1), транспортные единицы в потоке повсеместно вынуждены трогаться с места и вскоре останавливаться. Это явление носит название «ударная волна». Источниками таких волн служат узкие места железнодорожной сети.

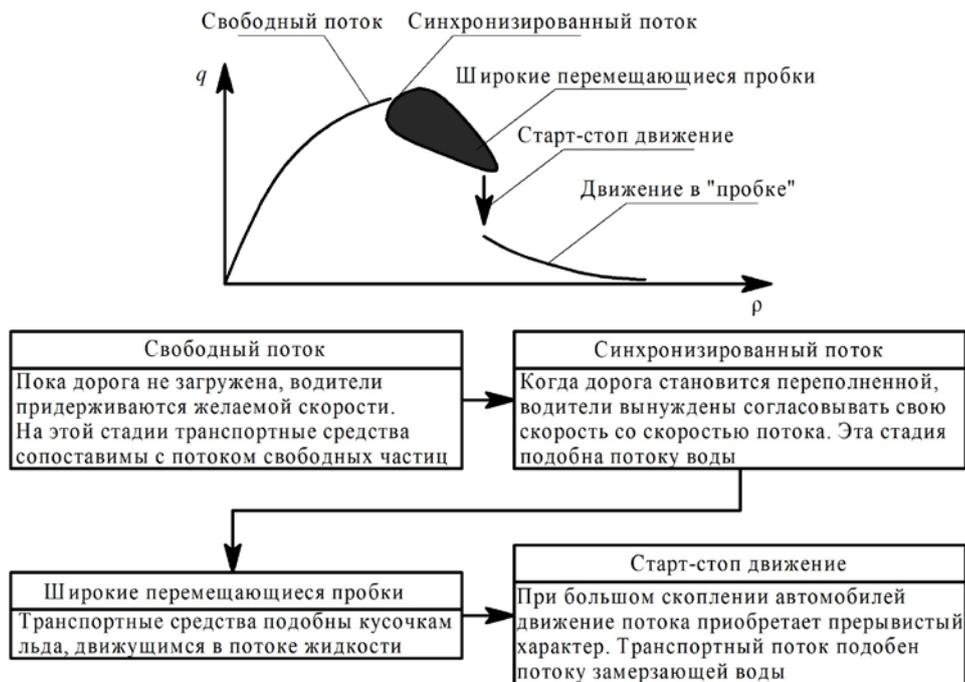


Рис. 1. Характеристика фазовых состояний транспортных потоков

Оценка влияния ИРДП на продвигающийся по участку поездопоток требует наиболее передовых методов, поскольку как графические, так и аналитические методы не способны в полной мере отразить взаимовлияние поездов внутри сгущаемого потока. В связи с этим всё большую актуальность приобретает метод имитационного моделирования (ИМ), при котором реальная структура системы заменяется компьютерной моделью, что позволяет проводить различного рода эксперименты без каких-либо сопряжённых с нарушениями безопасности движения или нерациональными инвестициями в развитие инфраструктуры рисков для оригинала [4].

Имитационное моделирование проводилось в среде Anylogic с применением процессного подхода для задания логики следования поездов по участку и агентного подхода для имитации действий машиниста и системной динамики для выполнения тяговых расчётов; на основе прогонов модели проведён анализ статистических данных.

Пользователь авторской модели выступает в качестве поездного диспетчера (ДНЦ) и берёт на себя принятие решений о приёме или проследовании поездов по участку (рис. 2).

При следовании поезда с помощью диаграмм состояний и переходов между ними (рис. 3) для каждого из агентов FreightTrain и PassengerTrain имитируется логика действий машиниста при выборе режимов ведения поезда (тяга, выбег, различные виды торможения).



Рис. 2. Реализация процессного подхода в авторской модели

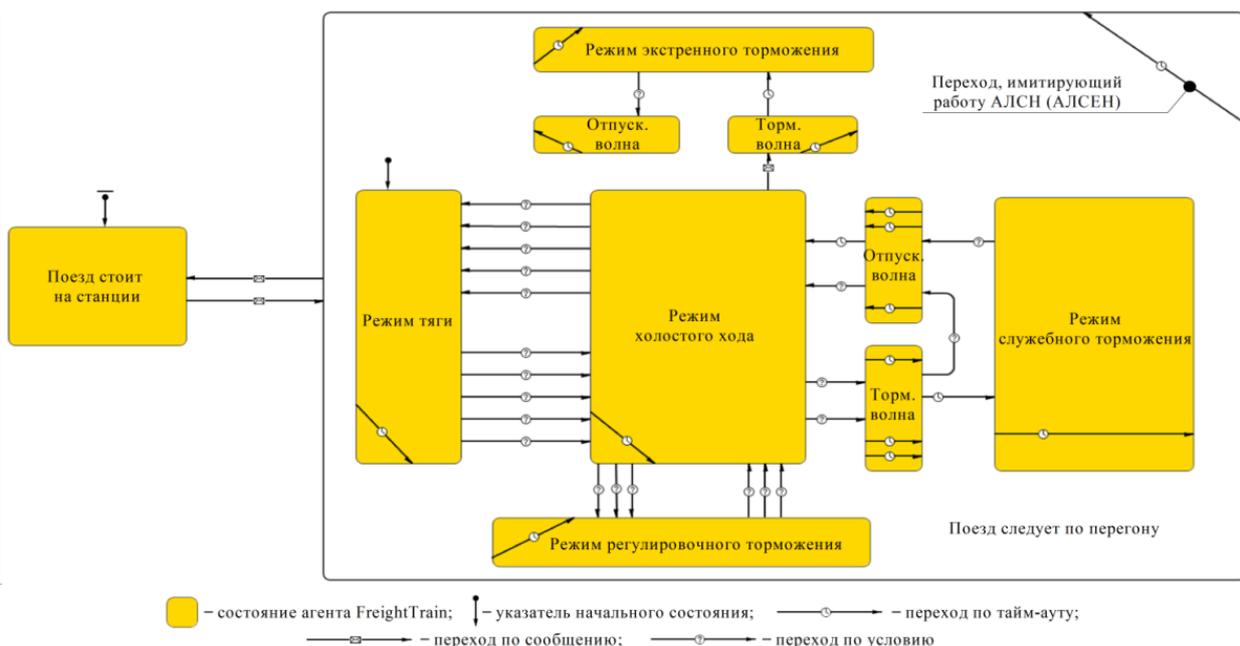


Рис. 3. Реализация агентного подхода в авторской модели

Комплексной частью модели является имитация тяговых расчётов посредством элементов системной динамики. С помощью взаимосвязей между накопителем, параметрами, табличными функциями, простыми и динамическими переменными (рис. 4) методом Эйлера в реальном времени решается основное уравнение движения поезда и выполняется расчёт тормозного пути методом интервалов скорости в соответствии с [5]. Важная особенность разработанной модели – возможность регулирования фактически реализуемой доли силы тяги (посредством бегунка), что способствует повышению достоверности продвижения поездов в части сложности поддержания оптимального межпоездного интервала (в особенности без использования автоведения [6, 7]).

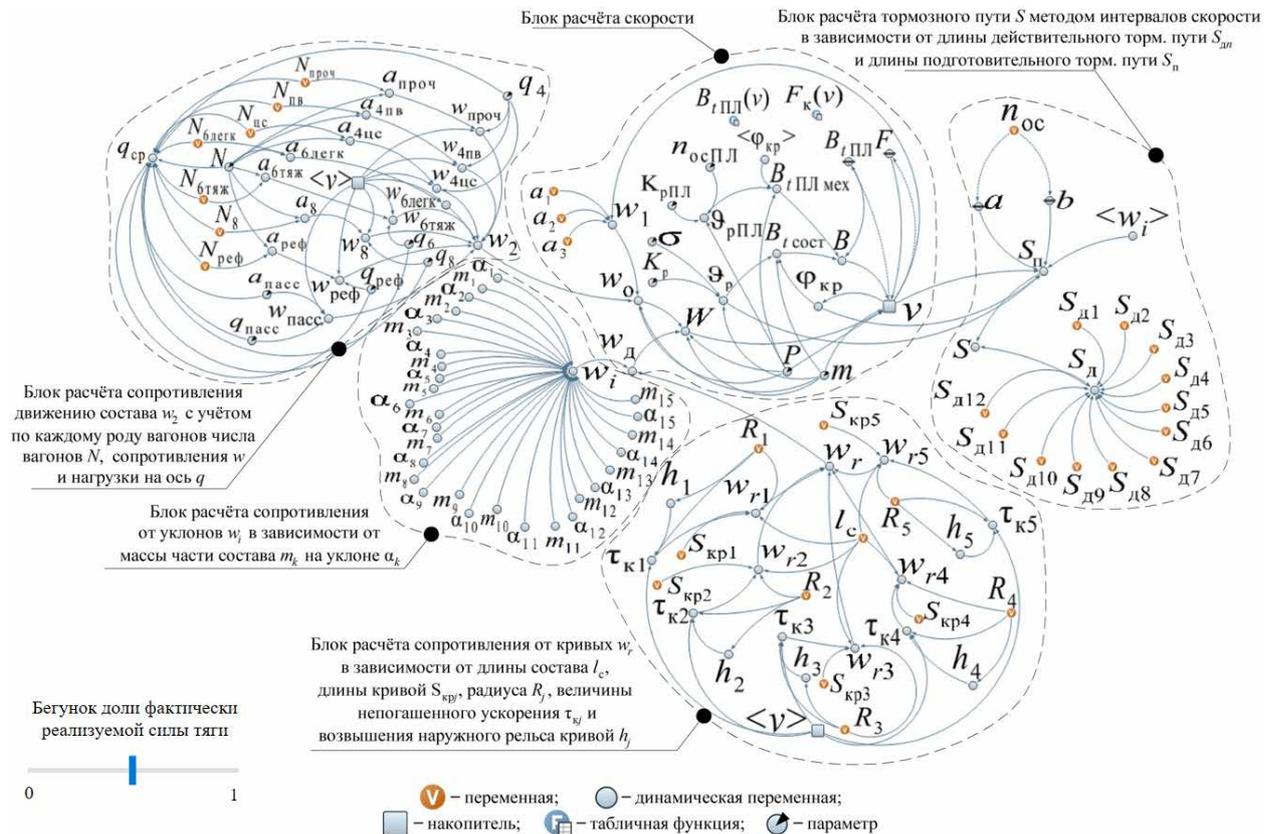


Рис. 4. Реализация системной динамики в авторской модели

При приближении к горловинам технических станций, к местам действия предупреждений, к элементам неблагоприятного профиля перегона и другим узким местам первый поезд способен замедлить идущие за ним, а после их преодоления – значительно отдалиться от последующих поездов [8].

Отечественные теория и практика в области внедрения и развития ИРДП на особо грузонапряжённых двухпутных линиях [9] в сравнении с однопутными линиями в последние десятилетия естественным образом оказались более активными.

Однако, принимая во внимание современную геополитическую обстановку, следует учитывать возможность резкого переориентирования поездопотоков по другим, недостаточно востребованным ранее однопутным железнодорожным линиям, на которых ИРДП может оказаться экономически выгодной альтернативой сооружению вторых главных путей.

С точки зрения теории транспортных потоков, однопутные линии также находятся в обособленном положении – из-за негативного влияния не только попутных, но и встречных поездов отклонение от нормативного графика движения поездов на таких линиях сложнее компенсировать. Потенциальными узкими местами при внедрении ИРДП на однопутных линиях может стать потребность скрещения пакетов поездов на промежуточных станциях в силу необходимости поездов

снижать скорость при движении по станционным горловинам и возможного дефицита приёмоправочных путей для стоянки пакетов поездов. В рамках исследования выбрана одна из типичных однопутных линий Восточного полигона протяжённостью 268 км (рис. 5).

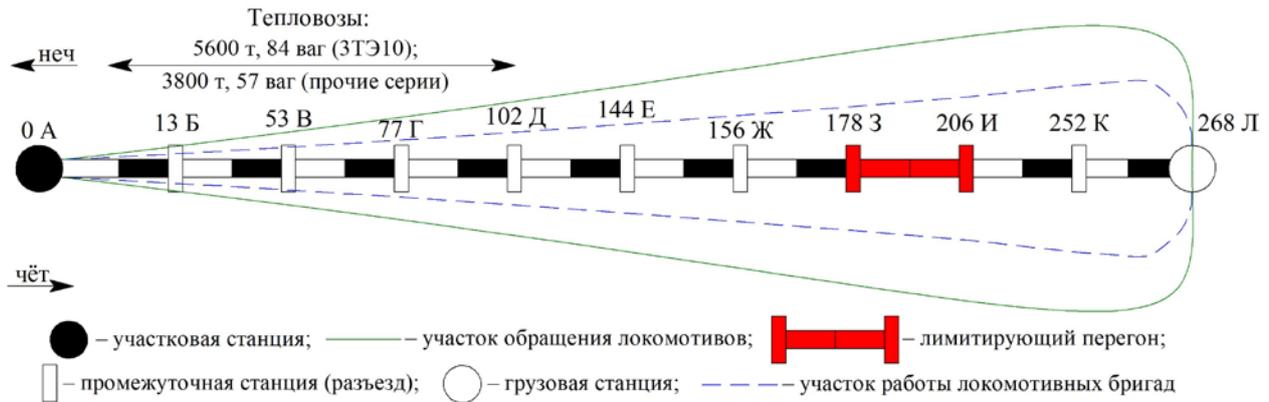


Рис. 5. Схема рассматриваемой однопутной линии

Для анализируемой однопутной линии рассмотрены три способа организации движения – с применением ПАБ, автоблокировок с «фиксированными» (ЧКАБ) и с «подвижными» (АБТЦ-МШ) блок-участками. Для анализа устойчивости систем к увеличению размеров движения разработаны девять сценариев, предполагающих увеличение количества пассажирских и грузовых поездов при непараллельном графике движения. По результатам прогонов модели проанализирована участковая скорость, являющаяся одним из ключевых индикаторов качества освоения участком запланированных размеров движения [10].

Участковая скорость грузовых поездов по результатам ИМ при увеличении размеров движения в условиях эксплуатации каждой из систем (рис. 6) снижается по причине увеличения простоя пакетов поездов под скрещением, однако при более совершенной системе возможно сокращение негативного влияния от сгущения поездопотока на скорость его движения.

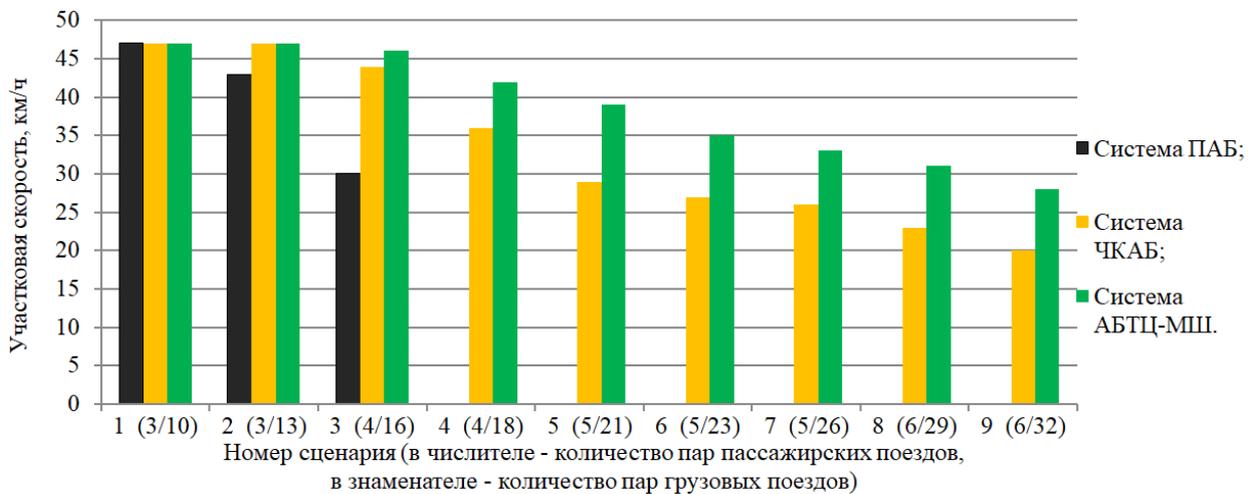


Рис. 6. Участковая скорость грузовых поездов по результатам моделирования движения при различных вариантах размеров движения и СИРДП

Итак, для имитации работы линии задействовано моделирование с использованием системной динамики для тяговых расчётов, процессного с целью имитации логики действий диспетчерского аппарата и агентного для симуляции движения каждого из поездов видов моделирования, модель апробирована на одной из характерных однопутных линий ввиду недостаточного числа

исследований по эффективности ИРДП на таких линиях вкупе с возможным дефицитом пропускной способности при переориентировании грузопотоков на менее востребованные направления, при увеличении размеров движения более совершенная система замедляет темпы снижения участковой скорости и может быть задействована как эффективная мера для купирования части волнового эффекта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Розенберг Е. Н. Принципы построения систем управления и интервального регулирования движением поездов четвертого поколения // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование : Труды Восьмой научно-технической конференции с международным участием (ИСУЖТ-2019), Москва, 21 ноября 2019 г. – Москва : ОАО «НИИАС», 2019. – С. 27–32.
2. Осипов Н. И. Определение факторов влияния внедряемых систем интервального регулирования движения поездов на пропуск транзитного поездопотока без переработки по железнодорожным направлениям со сменой родов тягового тока // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. – 2022. – № 1 (4). – С. 53–62.
3. Власов А. А. Теория транспортных потоков : монография. – Пенза : Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2014. – 123 с.
4. Осипов Н. И. Применение имитационного моделирования для оценки влияния величины интервала прибытия поездов на работу станций стыкования родов тягового тока // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. – 2022. – № 4 (7). – С. 16–22.
5. Правила тяговых расчётов для поездной работы : распоряжение ОАО «РЖД» от 12.05.2016 г. № 867р.
6. Бушуев С. В. Пути повышения провозной способности участков железных дорог // Автоматика на транспорте. – 2022. – Т. 8, № 4. – С. 343–353.
7. Бушуев С. В., Голочалов Н. С. Технические решения повышения пропускной способности станции при использовании технологии виртуальной сцепки // Транспорт Урала. – 2023. – № 3 (78). – С. 46–55.
8. Diaz de Rivera A., Dick C. T. Illustrating the implications of moving blocks on railway traffic flow behavior with fundamental diagrams // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2021. – Vol. 123, Issue 7. – Pp 1–19.
9. Бессоненко С. А., Климова Е. В., Осипов Н. И. Оценка эффективности интервального регулирования движения поездов // Транспорт Урала. – 2023. – № 3 (78). – С. 35–45.
10. Корниенко Н. В., Мехедов М. И. Выбор системы интервального регулирования движения поездов в условиях возрастающих потребностей освоения прогнозируемых объемов перевозок // Вестник ВНИИЖТ. – 2022. – Т. 81, № 1. – С. 63–70.

УДК 656.212.5

## ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОПЕРАТИВНЫХ РАБОТНИКОВ СИСТЕМЫ ПРИЕМА И РАСФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ

А. А. Арбузова, аспирант кафедры «Железнодорожные станции и узлы»  
(научный руководитель – С. В. Карасев, канд. техн. наук)  
Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

В настоящее время с ростом поездопотоков необходимо повышать пропускную способность существующей инфраструктуры, в том числе за счет цифровой трансформации железных дорог, развития мультимодальных перевозок, создания автоматизированных систем учета и мониторинга оперативной информации, а также применения других типовых технологических и информационных решений. Работа железнодорожного транспорта в рыночных условиях требует сокращения потерь на всех стадиях перевозочного процесса [1].

Время нахождения вагона на технической станции в процессе выполнения технических, технологических и грузовых операций, а также в ожидании их (простой вагона) серьезно сказывается в эксплуатационной деятельности железных дорог, влияет на эффективность использования вагонного парка и железнодорожной инфраструктуры [2].

От работы сортировочных станций зависит эффективность функционирования железнодорожных участков, узлов и в целом железных дорог. Организация качественной работы сортировочной станции зависит от слаженного взаимодействия нескольких служб. Эксплуатационная работа в соответствии с технологическим процессом осуществляется комплексными бригадами. Именно от того, насколько слаженно работает комплексная бригада, зависят показатели работы станции, участка и выполнение сменных и суточных заданий.

Комплексная бригада – это бригада работников, выполняющая операции по приему, отправлению поездов, обработке составов, расформированию и формированию составов и другую маневровую работу на станции. В состав комплексных бригад входят станционный (маневровый) диспетчер (ДСЦ), дежурные по горкам (ДСПГ), дежурные по станции (ДСП), составители поездов, сигналисты, старшие осмотрщики вагонов, операторы пунктов технического обслуживания и др. Именно от слаженной работы комплексной бригады зависит выполнение качественных и количественных показателей, а также выполнение задания на смену с учетом строгого соблюдения безопасности движения поездов и охраны труда.

Как и в любой сложно организованной системе, в работе комплексных бригад могут наблюдаться непроизводительные потери, чьи причины: некачественное планирование оперативной работы на уровне дежурно-диспетчерского аппарата; отсутствие и(или) несвоевременное получение информации, необходимой для принятия решений, получение ее в неполном объеме; трудности, возникающие при взаимодействии со смежными подразделениями, задействованными в одном технологическом процессе в работе комплексных бригад и др., в том числе из-за несогласованности приоритетов выполнения технологических операций.

Оперативное планирование перевозочного процесса начинается в диспетчерском центре управления перевозками (ДЦУП). За один час до начала смены из ДЦУП на станцию в форме диспетчерского приказа передается сменное задание, устанавливающее плановые показатели поезда и грузовой работы, а также другие задания, вытекающие из требований оперативной обстановки на железнодорожных участках и в узле.

Дополнительно в план поездной и грузовой работы станции на смену включают задания на выполнение норм всех видов простоя и роспуск вагонов с сортировочных горок, план выдачи локомотивов и локомотивных бригад под поезда по трехчасовым периодам.

Далее оперативное планирование происходит в границах конкретной сортировочной станции при выполнении регулировочных мер диспетчеров ДЦУП: предварительное – 4-6-часовой период (предварительная информация поступает из ДЦУП вместе с заданиями на смену); точное – 1-2-часовой период (передается со станции формирования в виде телеграммы – натурального листа на каждый поезд).

Текущее планирование проводится для заблаговременного выявления несоответствия предстоящих размеров работы и возможностей ее выполнения; рационального распределения ресурсов; своевременного применения регулировочных мер; внесения корректировок при отклонении от выполнения сменно-суточного плана; создания и поддержания оптимальных режимов работы.

Станционный диспетчер (руководитель смены) на станции планирует работу на 4-6-часовые периоды посредством анализа задания из ДЦУП и доводит текущий план работы до непосредственных исполнителей – комплексной бригады. Дежурный по станции планирует работу на более короткий срок – 1-2-часовой период, в зависимости от поездного положения на прилегающих диспетчерских участках и от ситуации на станции. ДСПГ планирует очередность надвига готовых к роспуску составов из парка прибытия, очередность их расформирования и формирование новых поездов согласно плану формирования.

Остальные работники комплексной бригады в планировании эксплуатационной работы станции фактически не участвуют, а выполняют лишь операции по нормативному графику работы в зависимости от заданий, выданных ДСЦ, ДСП и ДСПГ.

Рассмотрим детально планирование работы на 1-2-часовой период. Точное планирование – довольно сложный процесс и требует от дежурного по станции абсолютно правильного принятия решений. Зачастую принятие решений дежурным по станции не привязывается к постоянному выполнению показателей работы станции, что приводит к неэффективной работе. Принятие решений зависит от его опыта и квалификации, интенсивности работы и от качества работы других работников станции. Чтобы качественно планировать подход поездов на станцию, дежурный по станции должен понимать, сколько путей освободится за определенный промежуток времени. Следовательно, должно быть четкое и слаженное взаимодействие с дежурным по сортировочной горке, так как именно от работы горки зависит освобождение путей парка прибытия и путей транзитного парка при параллельном его расположении к парку прибытия (если предусмотрена возможность взаимозаменяемости путей этих парков).

Проанализируем технологическое взаимодействие с детальным разбором лимитирующих работу параметров на примере конкретной двухсторонней сортировочной станции с параллельным расположением транзитного парка и парка прибытия.

На рис. 1 приведена схема разделения зон планирования текущей работы между дежурно-диспетчерскими работниками, из которой следует, что в границах станции диспетчера ДЦУП не планируют работу, как и ДСП не планирует работу сортировочного парка. Но именно ДСП принимает решения, как планировать подвод поездов к станции по мере освобождения путей транзитного парка и парка прибытия. Очередность расформирования составов определяется совместно с ДСПГ и ДСЦ.

Оперативное планирование поездной работы производится по сквозным технологиям, определяющим взаимодействие всех уровней управления эксплуатационной работой при использовании единых информационных баз и единого порядка решения задач [3].

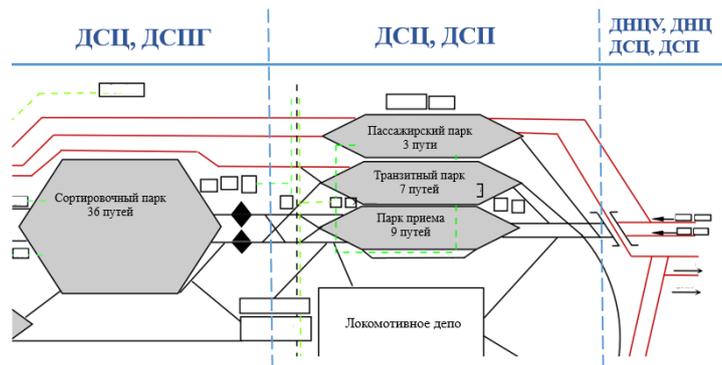


Рис. 1. Разделение зон планирования текущей работы между дежурно-диспетчерскими работниками

Взаимодействие между работниками дежурно-диспетчерского аппарата производится через информационно-управляющие системы и средства автоматизации (АС «ГИД-Урал», ГИР «Оникс», АСУ СТ, АСУ-Т, АС «Полиграф», КСАУ СП, КЗП-ИЗ и др.); по телефону; лично.

Как правило, взаимодействия бывают в части плановой работы и внеплановой. Внеплановая работа представляет собой регулировочные меры при затрудненной оперативной обстановке на станции и подходах к станции.

Рассмотрим информационные потоки между работниками дежурно-диспетчерского аппарата, которые связаны с самыми затрудненными ситуациями в работе в части прогнозирования моментов занятия/освобождения путей парка прибытия и транзитного парка (при условии взаимозаменяемости путей); рис. 2).



Рис. 2. Информационные потоки между работниками дежурно-диспетчерского аппарата в части затруднения прогнозирования моментов занятия/освобождения путей парка прибытия и транзитного парка (при условии взаимозаменяемости путей)

На рис. 2 видно, что моменты занятия путей парка прибытия и транзитного парка (при условии взаимозаменяемости путей) зависят не только от ДСП, но и от ДНЦ, ДСЦ и ДСПГ. А моменты освобождения от готовности составов техническом отношении и от ДСПГ при совместном планировании с ДСЦ.

Таким образом, необходимо точно определить моменты возникновения занятости и освобождения путей парка прибытия и транзитного. Также необходимо определить методы и оптимизировать схему технологического взаимодействия дежурно-диспетчерского персонала для совершенствования регулировочных мероприятий, позволяющих компенсировать отклонения, возникающие в ходе реализации текущего плана.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Романова П. Б., Железнов Д. В. К вопросу создания единой технологии работы цифровой сортировочной станции и прилегающих участков // Вестник транспорта Поволжья. – 2020. – Вып. 5 (83). – С. 51–56.
2. Обухов А. Д. Совершенствование технологии работы сортировочных станций в современных условиях на основе факторного анализа // Бюллетень транспортной информации. – 2015. – Вып. 1. – С. 28–33.
3. Александров А. Э. Автоматизация сквозной технологии оперативного планирования поездообразования и поездной работы // Вестник УрГУПС. – 2013. – Вып. 3 (19). – С. 50–59.

УДК 656.073.7: 658.78

## ВЫБОР КОНФИГУРАЦИИ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

**А. А. Кайгородцев**, менеджер

ООО «Торговый дом ММК», г. Магнитогорск

**А. Н. Рахмангулов**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Логистика и управление транспортными системами»

Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, г. Магнитогорск

Актуальность разработки методологии и методики конфигурирования цепей поставок для уменьшения логистических издержек и доли транспортно-складских затрат в себестоимости продукции и услуг обусловлена наметившейся тенденцией увеличения доли обрабатывающих производств в структуре ВВП России. Одновременно наблюдается дисбаланс в обеспеченности регионов качественной складской недвижимостью. Основная доля складов класса А и В приходится на Москву и МО, Санкт-Петербург, в других регионах нет складских площадей такого класса. Например, в [1] показано, что создание региональных распределительных центров (РЦ) в РФ должно производиться для перестройки маршрутов транзитных грузопотоков, которые перерабатываются преимущественно в центральных регионах. От 60 до 80 % грузов, перерабатываемых в логистических центрах Москвы, Санкт-Петербурга и соответствующих областей, имеют именно транзитное назначение, и развитие РЦ в регионах позволит сократить отмеченный дисбаланс.

Развитие сети региональных РЦ служит стимулом для реализации транзитного потенциала регионов РФ [2, 3] и одним из ключевых направлений оптимизации как существующих, так и проектируемых цепей поставок. Решение этой задачи основано на оценках и выборе лучшего из множества появляющихся альтернативных вариантов конфигурации цепей поставок [4, 5]. Эффект от оптимизации достигается в результате уменьшения затрат на формирование грузовых партий, их хранение и транспортировку, сокращения периода выполнения заказов потребителей, снижения уровня совокупных запасов в цепи поставок и ускорения их оборачиваемости, формирования стабильного и оптимального ассортимента товаров.

Анализировать влияние места размещения РЦ на цепь поставок предлагается на основе систематизации факторов, определяющих конфигурацию цепи поставок с последующим ранжированием этих факторов с использованием многокритериальных методов. Далее предлагается оценивать взаимосвязи множества факторов и показателей функционирования цепей поставок в динамике с последующей оптимизацией параметров инфраструктурных элементов цепи поставок.

Предлагаемая двухуровневая система факторов конфигурации цепи поставок сформирована на основе анализа исследований влияния различных факторов как на отдельные инфраструктурные элементы цепей поставок, так и транспортные коридоры в целом. В работе предлагается рассматривать известные факторы в комплексе и выделять группы факторов в зависимости от их общности с учётом оценки степени их влияния на эффективность функционирования цепи поставок на разных периодах планирования. В результате использования такого подхода выделены следующие группы факторов: географические (природно-климатические особенности региона), потоковые (параметры логистических потоков), инфраструктурные (развитость инфраструктуры региона), экономико-географические (показатели экономики региона), политические (поддержка бизнеса) и экономические (затраты на формирование цепи поставок).

Первый уровень образуют группы факторов, второй – параметры и показатели, конкретизирующие эти группы факторов [6].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-11-00164.

Ранжирование факторов и вариантов конфигурации цепи поставок в данном исследовании выполнялось с использованием одного из самых популярных методов в MCDM – метода анализа иерархий (АНР или МАИ), адаптированного к решению задачи конфигурирования цепей поставок [7, 8]. Использовалась девятибалльная фундаментальная шкала Т. Л. Саати [9, 10]. Для предварительно отобранных вариантов конфигурации цепи поставок была построена системно-динамическая имитационная модель [11] оценки долгосрочного взаимовлияния факторов конфигурации и элементов цепи поставок, размещаемых в этом регионе. В настоящем исследовании построена модель, позволяющая проводить исследования цепи поставок, включающей в себя одну фокусную компанию-поставщика, один распределительный центр и восемь региональных складов, обслуживающих конечных потребителей в различных регионах [12].

В качестве программного инструмента для построения имитационной модели и расчётов методом МАИ выбрана среда имитационного моделирования AnyLogic. Такое решение связано с тем, что полученные результаты ранжирования используются в качестве исходных данных для оптимизации параметров цепи поставок в системно-динамической имитационной и оптимизационной моделях.

Разработанная системно-динамическая модель (рис. 1) состоит из связанных между собой подмоделей – материальных и финансового потоков, динамики экономико-географических

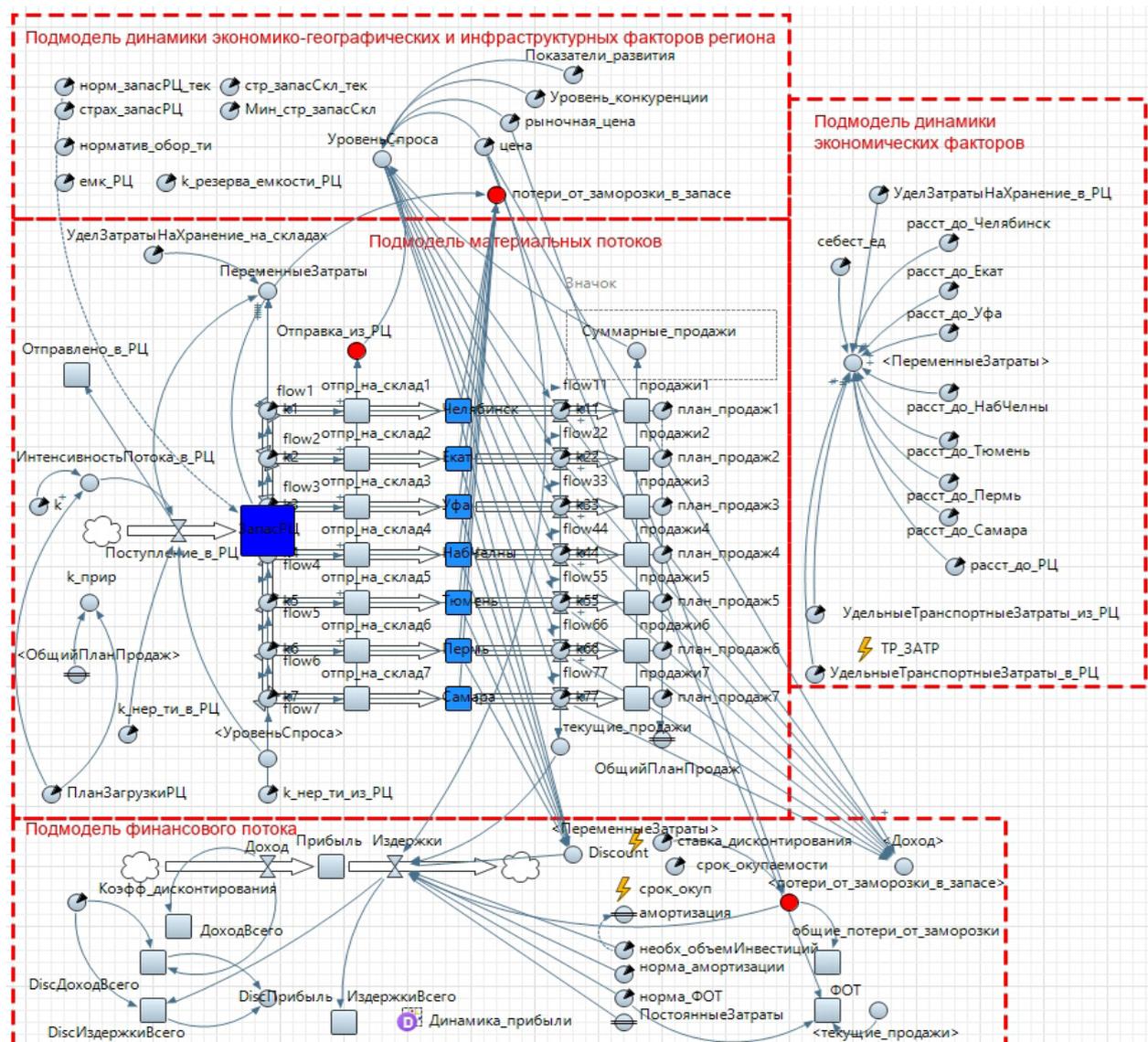


Рис. 1. Схема системно-динамической модели взаимосвязи параметров цепи поставок и транзитного потенциала региона

и инфраструктурных факторов региона и операционных затрат на функционирование цепи поставок (экономические факторы).

Предлагаемая методика состоит из трех основных этапов: подготовка исходных данных (альтернативные варианты размещения РЦ, состав показателей и факторов влияния); многокритериальный отбор стратегически рациональных вариантов конфигурации; оценка и оптимизация параметров выбранных вариантов цепей поставок с использованием имитационной модели. Предусмотрено также построение детализированной имитационной модели цепи поставок для уточнения параметров цепи поставок – вместимости РЦ, технического оснащения, схем транспортирования, размеров транспортно-грузовых партий.

Апробация разработанной методики проводилась на примере решения задачи конфигурирования сбытовой цепи поставок металлургического предприятия, расположенного в Магнитогорске. В качестве локаций размещения складов, через которые происходит снабжение потребителей фокусной компании, выбраны Самара, Казань, Набережные Челны, Уфа, Пермь, Екатеринбург, Челябинск, Тюмень. В расчётном примере исследованы четыре варианта размещения распределительного центра фокусной компании: 1 – Екатеринбург, 2 – Магнитогорск, 3 – Самара и 4 – Уфа.

Полученные в результате второго этапа методики результаты позволили отобрать для дальнейшего анализа два варианта с максимальными оценками глобального приоритета, полученного методом МАИ (вариант 2; Магнитогорск и вариант 4; Уфа).

С использованием исходных данных проведена верификация, результаты которой показали, что построенная системно-динамическая модель пригодна для проведения экспериментов (рис. 2) по оптимизации параметров различных вариантов цепи поставок.

В качестве цели оптимизационного эксперимента выбрана прибыль, получаемая цепью поставок. Оптимизируемые параметры – величины текущего и страхового запасов в РЦ, страховых запасов в региональных складах. Период моделирования составлял пять лет с шагом в один день. Для каждого варианта конфигурации цепи поставок проведены десять уникальных прогонов.

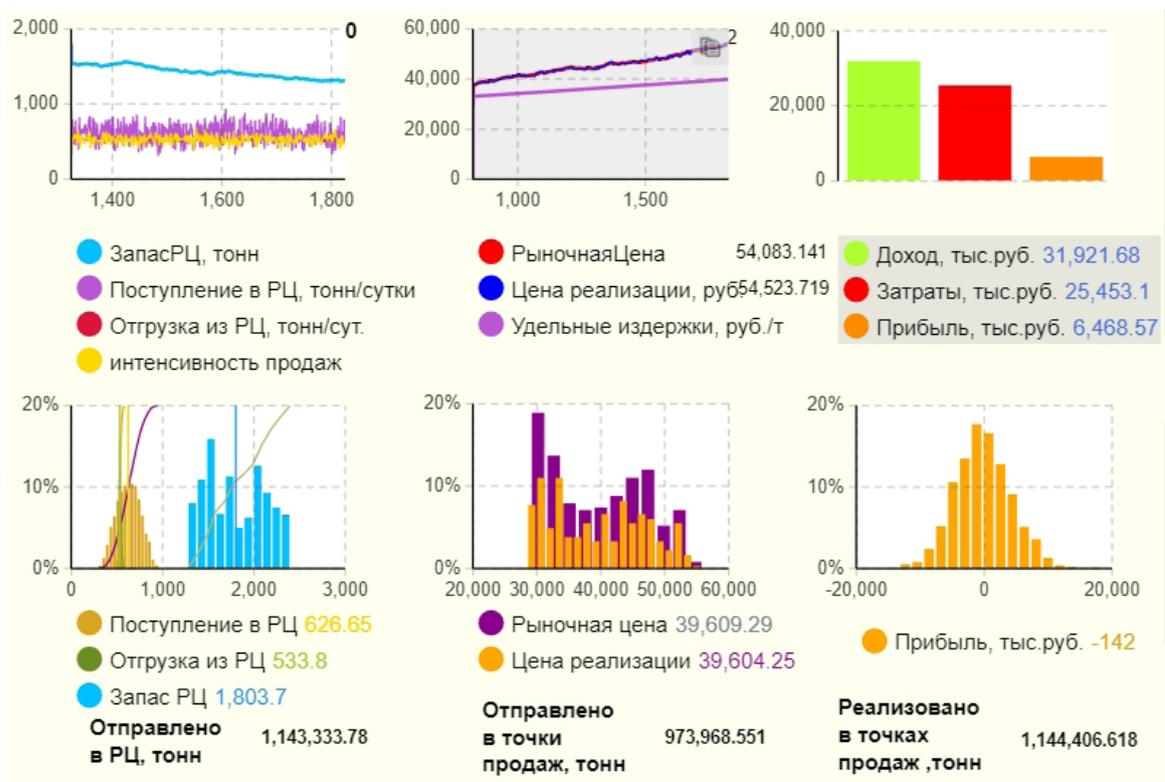


Рис. 2. Пример представления результатов имитационного эксперимента с системно-динамической моделью цепи поставок

Оптимизация параметров каждого варианта цепи поставок производилась с использованием встроенного в AnyLogic оптимизатора OptQuest.

Результаты экспериментов позволили оценить влияние размеров страховых запасов на величину прибыли, а также разброс результатов оптимизационных экспериментов для разных рыночных условий в городах размещения элементов цепи поставок. Оптимальный вариант размещения РЦ показан сравнением плотностей распределения вероятностей получения максимальной прибыли по результатам всех оптимизационных экспериментов. Построенная имитационная модель позволяет оценить вероятность получения прибыли для различных вариантов размещения РЦ. В результате сравнения вероятность получения более высокой прибыли в различных рыночных условиях выше для размещения РЦ в локации «вариант 4» (Уфа).

Результаты оптимизационных экспериментов оказались согласованными с оценками вариантов размещения РЦ, полученными с помощью МАИ, так как вариант размещения РЦ в Уфе получил приоритет по сравнению с вариантом размещения в Магнитогорске.

В исследовании показана необходимость реализации транзитного потенциала регионов России на основе развития региональной транспортно-логистической инфраструктуры и рационального конфигурирования цепей поставок. Анализ исследований в области формирования и функционирования цепей поставок показал необходимость учёта влияния множества факторов социально-экономической среды регионов потенциального размещения элементов транспортно-логистической инфраструктуры при решении задачи конфигурирования этих цепей. Выявлено отсутствие системности в учёте влияния множества факторов на уровне региона и отмечено недостаточное внимание к инфраструктурным факторам. Для оценки вариантов предложено использовать универсальную систему факторов конфигурации цепи поставок.

Особенность представленной методологии и методики её реализации заключается в использовании для конфигурации цепи поставок комбинации многокритериального метода оценки транзитного потенциала региона с системно-динамической имитационной моделью функционирования и оптимизации параметров элементов транспортно-логистической инфраструктуры.

Адекватность разработанной методики проверена на примере конфигурирования цепи поставок металлопроката, состоящей из одного поставщика, одного распределительного центра и восьми региональных складов. Представлены порядок выбора рационального варианта размещения распределительного центра, а также результаты оптимизации величины страховых запасов в РЦ и в региональных складах.

Предлагаемую методику авторы рекомендуют использовать на стратегическом уровне принятия решений для выбора и оценки вариантов конфигурации цепи поставок, а также на этапе технико-экономического обоснования проектных решений по строительству распределительных центров и региональных складов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алклычев, А. М., Зойдов, К. Х. Медков, А. А., Зойдов, З. К. Инфраструктурное обеспечение территориального развития экономики России // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2011. – № 3. – С. 209–214.
2. Прокофьева, Т. А. Развитие системы российских и евроазиатских транспортных коридоров // Восточная аналитика. – 2010. – № 1. – С. 96–104.
3. Прокофьева, Т. А. Развитие транспортно-логистической инфраструктуры в азиатской части России – стратегическое направление реализации транзитного потенциала страны в системе Евроазиатских МТК // Вестник транспорта. – 2010. – № 11. – С. 9–16.
4. Bashiri, M., Mirzaei, M. Hybrid fuzzy capacitated hub center allocation problem with both qualitative and quantitative variables // World Applied Sciences Journal, 2008. № 5 (4). 507–516.
5. Chandra, C., Grabis, J. Supply chain configuration: Concepts, solutions and applications // Springer. 2007. 342 p.
6. Осинцев, Н. А. Параметры и показатели потоков в зелёных цепях поставок // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2019. – № 9 (1). – С. 27–40.

7. Кайгородцев, А. А. Адаптация метода анализа иерархий к решению проблемы конфигурирования цепей поставок // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2014. – № 1. – С. 21–25.
8. Mihajlović, J., Rajković, P., Petrović, G., & Ćirić, D. The selection of the logistics distribution fruit center location based on MCDM methodology in southern and eastern region in Serbia // Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications. 2019. № 2 (2). Pp. 72–85.
9. Саати, Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. – М. : Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.
10. Kim, S.-H., Lee, K.-H., & Kang, D.-W. Analytic hierarchy process modelling of location competitiveness for a regional logistics distribution center serving Northeast Asia // Journal of Korea Trade. 2020. № 24 (3). Pp. 20–36.
11. Каталевский, Д. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении. – М. : Изд-во Московского университета, 2011. – 304 с.
12. Крылатков, П., Прилуцкая, М. Управление цепью поставок (SCM). – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 140 с.

УДК 656.21

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПЕРЕВОЗКИ ТКО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

**М. М. Алаев**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Железнодорожные станции и транспортные узлы»  
Российский университет транспорта, Москва

**Р. Р. Гусейнов**, советник генерального директора  
ООО «ДД-групп», Москва

**Т. И. Каширцева**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Логистические транспортные системы и технологии»  
Российский университет транспорта, Москва

Проблема перевозки твердых коммунальных отходов (ТКО) на удаленные полигоны их размещения существует не первый год. ОАО «РЖД» принимает активное участие в обсуждении и разработке эффективных технологий перевозки ТКО железнодорожным транспортом [1].

В 2016 г. организована отправка двух универсальных полувагонов, груженных брикетированными сортированными ТКО, по маршруту Москва-Товарная-Курская (Московская ЖД) на ст. Блочная (Свердловская ЖД) [2].

ООО «Лига-Транс» осуществил сбор ТКО (более 90 т) в жилых районах, ответственность за обслуживание которых оно несет; разработал проект местных технических условий (МТУ) размещения и крепления груза в полувагоне с целью организации его перевозки в универсальных полувагонах; ТКО отсортированы, спрессованы и упакованы стрейч-пленкой для приведения их в установленный проектом МТУ вид.

Сформированные кипы ТКО (вес кипы – до 650 кг) с пункта сортировки перевезены на станцию Москва-Товарная-Курская для проведения испытаний на соударение в рамках проводимой проверки соответствия разработанного проекта МТУ (кипы ТКО с помощью козлового крана погружены в полувагон согласно разработанному проекту МТУ размещения и крепления. Вес груза в полувагоне составил 36 т, что меньше минимальной весовой нормы загрузки полувагона; проведены обязательные испытания на соударения путем разгона загруженных ТКО полувагонов и удара о стену. В ходе 12 соударений с различными скоростями от 4 до 9 км/ч груз сместился относительно реперных точек на расстояние от 20 до 70 см, что не превышает предельного показателя для подобных испытаний; комиссия составила акт опытных соударений, результирующей частью которого было рекомендовано проведение второго обязательного этапа проверки МТУ – организации опытной перевозки груза на расстояние не менее 1500 км; сквозная ставка на перевозку 1 т ТКО на расстояние не менее 1500 км, включающая оплату железнодорожного тарифа за 1 полувагон, предоставление полувагона АО ФГК, оплату услуг погрузки-выгрузки груза силами Московской и Свердловской дирекций по управлению терминально-складским комплексом (структурных подразделений Центральной дирекции по управлению терминально-складским комплексом – филиала ОАО «РЖД») составила около 4 тыс. руб. (без НДС)).

Вскоре после проведенных испытаний произошло слияние компаний ООО «Лига-Транс» и ООО «Эколайн» [3], которые прорабатывали в первую очередь нормативно-правовые, технико-технологические и финансово-экономические вопросы реализации проекта организации перевозки ТКО железнодорожным транспортом. Опытные перевозки они больше не осуществляли.

Опытную реализацию проекта организации перевозки ТКО железнодорожным транспортом возобновили в конце 2018 г. по инициативе компании ООО «ЭкоРейлПро», которая владела парком полувагонов и собиралась их использовать для перевозки ТКО.

Помимо московских компаний ООО «Лига-Транс» и ООО «ЭкоРейлПро» к практической реализации проекта организации перевозки ТКО железнодорожным транспортом приступала и компания из Санкт-Петербурга ООО «ТехноРециклингГрупп», которая, в отличие от столичных компаний, в качестве приоритетного способа перевозки определила для себя перевозку в универсальных крупнотоннажных контейнерах на платформах.

Наряду с перевозкой ТКО в полувагонах и контейнерах в настоящее время используются контейнеры [4].

Хорошо зарекомендовала себя перевозка контейнеров полносоставным контейнерным поездом по маршруту Силикатная – Новосибирск в 2022 г. [5].

В настоящее время предложения о внедрении технологии перевозок ТКО в полувагонах и контейнерах из крупных мегаполисов находятся в стадии детальной разработки.

Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года запланировано широкое внедрение контейнерных перевозок [6].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гусейнов, Р. Р. Выбор и обоснование эффективного способа перевозки ТКО железнодорожным транспортом [Текст] / М. М. Алаев, Т. И. Каширцева, Р. Р. Гусейнов // Современные методы и принципы управления перевозочным процессом на транспорте. – М. : РУТ (МИИТ), 2023. – С. 7–18.
2. Официальный сайт правительства Москвы. URL: <https://www.mos.ru/authority/documents/doc/7905220/>. (дата обращения: 25.10.2023).
3. Электронный журнал Infox.ru. URL: <https://www.infox.ru/news> (дата обращения: 01.11.2023).
4. Гусейнов, Р. Р. Технико-экономическое обоснование сфер эффективного применения железнодорожных станций, обслуживающих контейнерный терминал [Текст] / Р. Р. Гусейнов // Наука и техника транспорта. – 2014. – № 4. – С. 108–109.
5. ОАО «РЖД». URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069>. (дата обращения: 08.11.2023).
6. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. URL: <http://static.government.ru/media/files.pdf>. (дата обращения: 15.11.2023).

УДК 656.07:004.8

## ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

**П. Н. Мишкур**ов, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Логистика и управление транспортными системами»

**А. Н. Рахмангу**лов, д-р техн. наук, профессор; кафедра «Логистика и управление транспортными системами»

**С. Н. Корни**лов, д-р техн. наук, профессор; кафедра «Логистика и управление транспортными системами»

Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, г. Магнитогорск

Актуальность задач принятия управленческих решений в логистических транспортных системах (ЛТС) связана с увеличением степени неопределённости как внешней, так и внутренней сред, развитием концепции «тотального» управления, возрастанием сложности самих логистических транспортных систем. Совершенствование информационных и коммуникационных технологий создало условия для регистрации больших объёмов оперативных данных об изменении параметров ЛТС. В таких условиях оперативным и административным руководителям становится сложнее принимать эффективные управленческие решения. Задачи управления в ЛТС являются многовариантными, требующими развития и реализации экспертных [1], самообучающихся [2] и адаптивных систем поддержки принятия оптимальных решений [3] на основе использования методов интеллектуализации на различных уровнях управления с учётом возможных ограничений.

Для условий функционирования сложных ЛТС, в которых каждый оперативный руководитель технологического процесса по-разному оценивает влияние факторов внешней и внутренней сред, используются различные комбинации методов прогнозирования, оптимизации и анализа состояния систем [4]. Основное ограничение использования таких комбинированных методов заключается в недостаточной точности результатов их использования в условиях высокой динамики загруженности транспортной инфраструктуры и вариативности последовательностей технологических операций как в ЛТС, так и в отдельных её элементах. Это связано с большим количеством технологических операций по переработке и продвижению транспортных потоков в ЛТС.

Попытки учесть данные пространственно-временные зависимости при оперативном управлении приводят к решению задач большой размерности, которые можно отнести к NP-сложным. Широкое применение при решении таких задач в течение заданного времени и с необходимой точностью нашли адаптированные алгоритмы, построенные на основе нейронных сетей [5], которые позволяют расширить функциональные способности систем поддержки принятия решений. Перспективным направлением развития стали методы пространственно-временной оптимизации.

Решение задач пространственно-временной оптимизации параметров ЛТС заключается в сокращении оптимизируемого пространства путём представления его в виде пространственно-временного графа на основе использования графовой нейронной сети и методов динамической оптимизации. Графовые и гибридные нейронные сети теоретически способны учитывать пространственно-временные зависимости на основе распознавания текущего состояния транспортной инфраструктуры [6]. Однако остаётся актуальным вопрос повышения оперативности и точности прогнозирования последовательностей технологических операций по переработки и продвижению транспортных потоков в ЛТС.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-11-00164.

Повысить оперативность и точность принятия решений позволяют аналитико-имитационные модели. Функциональные модули аналитико-имитационной модели определяются исходя из специфики задач оперативных руководителей. Кроме того, при выборе инструмента имитационного моделирования необходимо предусмотреть наличие или возможность создания объектно-ориентированных библиотек технологических операций и методов оптимизации по уровням управления. Использование аналитико-имитационных моделей позволит учитывать интенсивность загрузки транспортной инфраструктуры в зависимости от технологических операций при обучении графовой нейронной сети, а также формировать варианты состояния транспортной инфраструктуры в ЛТС. В свою очередь, графовая нейронная сеть прогнозирует варианты последовательностей технологических операций в зависимости от сложившейся инфраструктурной обстановки (рис. 1).

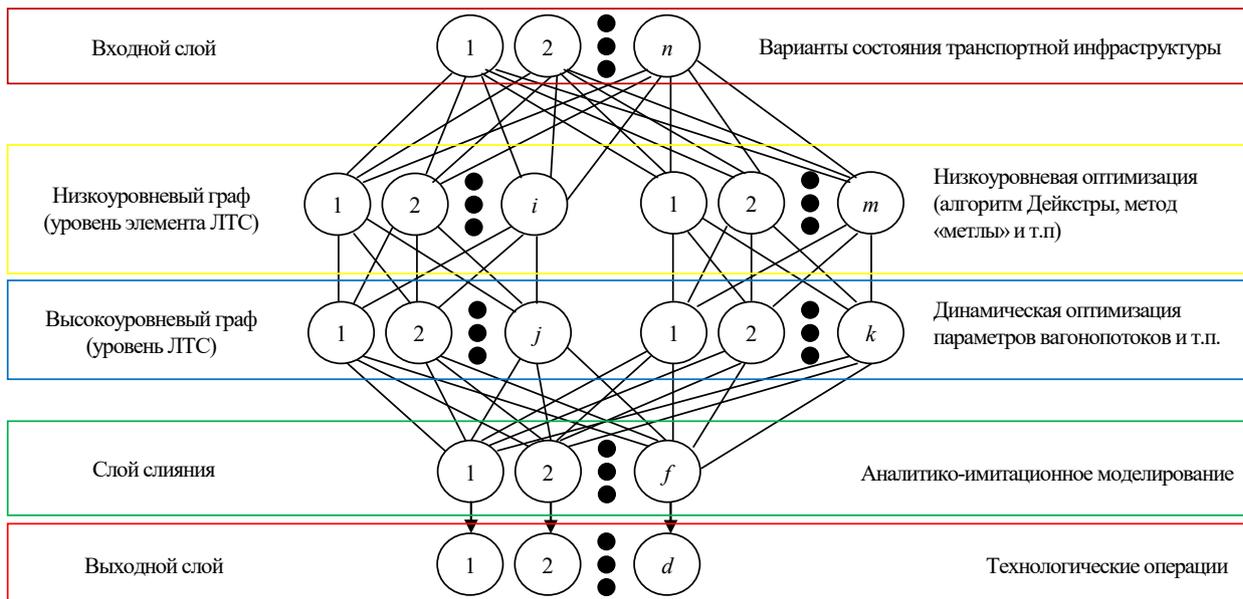


Рис. 1. Схема разработанной графовой нейронной сети пространственно-временной оптимизации

Более сложной проблемой, связанной с организацией управления ЛТС на основе пространственно-временной оптимизации в режиме реального времени, является проблема синхронизации управленческих решений, принимаемых оперативными руководителями и рекомендуемых графовой нейронной сетью. Во-первых, на решения руководителя перевозочного процесса могут влиять дополнительные внешние факторы, которые графовая нейронная сеть не учитывает. На наш взгляд, руководителям необходимо обеспечить контроль последовательности технологических операций, её изменение путём удаления или добавления операций, а также предоставить возможность руководителям самостоятельно формировать данные последовательности. Во-вторых, окончательный выбор последовательности технологических операций предлагается осуществлять на основе использования современных многокритериальных методов принятия решений [7, 8] (MCDM – Multi-Criteria Decision Making). Это позволит выполнить анализ управленческих решений на основе ранжирования критериев оценки эффективности функционирования ЛТС.

Предлагается подход к организации систем поддержки принятия решений в ЛТС на основе комплексного использования методов пространственно-временной оптимизации (рис. 2). Комплексное использование методов пространственно-временной оптимизации включает многокритериальные методы ранжирования критериев оценки эффективности управленческих решений; комбинацию метода имитационного моделирования с графовой нейронной сетью для идентификации и прогнозирования инфраструктурной обстановки; способ формализации сценариев развития инфраструктурной обстановки в виде пространственно-временного графа; алгоритмы динамической оптимизации сформированного пространственно-временного графа. В соответствии с предложенным подходом, использование пространственно-временной оптимизации в системах

поддержки принятия решений позволит повысить уровень согласованности оперативного руководства при ситуационном управлении ЛТС.



Рис. 2. Схема взаимодействия основных модулей пространственно-временной оптимизации

Реализация представленной комбинации методов пространственно-временной оптимизации для решения задач интеллектуализации ситуационного управления позволит повысить уровень согласованности оперативного руководства и обеспечит переход существующих информационно-управляющих систем к передовым интеллектуальным логистическим транспортным системам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов П. А., Вакуленко С. П., Колокольников В. С. О построении интеллектуальных систем управления железнодорожными станциями // Наука и техника транспорта. – 2019. – № 2. – С. 70–76.
2. Pascariu B., Samà M., Pellegrini P., D’Ariano A., Rodriguez J., Pacciarelli D. Performance evaluation of a parallel ant colony optimization for the real-time train routing selection problem in large instances // European Conference on Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization (Part of EvoStar). Cham: Springer International Publishing, 2022. – Pp. 46–61.
3. Ерофеев А. А., Чапский С. Ю. Прогнозирование продолжительности выполнения технологических операций в интеллектуальной системе управления перевозочным процессом // Вестник Белорусского государственного университета транспорта. – 2022. – № 1 (44). – С. 52–56.
4. Рахмангулов А. Н., Корнилов С. Н., Мишкурин П. Н., Александрин Д. В. Имитационные модели в цифровых двойниках железнодорожных узлов // Вестник УрГУПС. – 2022. – № 3 (55). – С. 43–59.
5. Числов О. Н., Лябах Н. Н., Бакалов М. В. Нейро-нечеткое моделирование транспортно-логистических процессов // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2022. – № 10. – С. 23–27.
6. Jiang W., Luo J. Graph Neural Network for traffic forecasting: A survey // Expert Systems with Applications. – 2022. – № 207. – Pp. 117921.
7. Осинцев, Н. А. Мультикритериальные методы принятия решений на транспорте и в логистике // Транспорт Урала. – 2021. – № 4 (71). – С. 4–17.
8. Осинцев Н. А., Рахмангулов А. Н. Выбор зелёных технологий в складской логистике – многокритериальный подход // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2021. – № 1. – С. 4–17.

УДК 625.096

## **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ УрГУПС, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ, ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТРАНСПОРТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

**И. Л. Васильев**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

В Федеральном законе №-16ФЗ от 09.02.2007 года «О транспортной безопасности» определены требования к подготовке работников транспортной безопасности [1].

Ст. 10 №-16ФЗ ограничивает возможность допуска конкретных физических лиц к работам по транспортной безопасности. В соответствии с п.п. 8 п. 1 ст. 10, лица, не прошедшие специализированную подготовку, не могут работать в сфере транспортной безопасности [1].

В этом законе есть статья 12.1, которая определяет порядок подготовки кадров в области транспортной безопасности; п. 1 указывает, что подготовка кадров в данной сфере осуществляется согласно нормативам, установленных Минтрансом в сотрудничестве с МВД, Минпросом и Миннауки.

В соответствии с п. 5, ст. 12.1 предписывает, что требования к профессиональной подготовке кадров в области транспортной безопасности определяются Минтрансом. Законодательно устанавливаются специальная подготовка работников транспортной безопасности, допуск конкретных физических лиц к работам по транспортной безопасности, определение требований для профессиональной подготовки кадров в области транспортной безопасности.

Для конкретного использования положений №-16ФЗ по подготовке работников транспортной безопасности действуют приказы Минтранса.

Приказ [2] определяет требования к подготовке работников транспортной безопасности, которые направлены на приобретение обучающимися знаний, умений и навыков, необходимых для выполнения работ, в сфере транспортной безопасности. При этом подготовка кадров в сфере транспортной безопасности осуществляется по образовательным программам профессионального обучения и программам повышения квалификации (образовательная программа). Обучающиеся должны изучать теорию и практики, применяемые в сфере транспортной безопасности. Предусматривается обязательное использование образовательными организациями для обучения специализированных тренажеров. Тренажеры должны обеспечивать имитацию действий работников транспортной безопасности и проверку полученных обучающимися знаний (умений).

Отдельно указаны требования для образовательных организаций, ведущих подготовку кадров для проведения досмотра в сфере транспортной безопасности.

Требования для образовательной организации подготовке кадров в сфере транспортной безопасности: наличие специализированных тренажеров и программы профессионального обучения и/или программы повышения квалификации.

На федеральном уровне представлены только программы повышения квалификации, которые рекомендованы приказом Минтранса [3], которым приказом определены восемь категорий работников транспортной безопасности и соответствующие программы повышения квалификации обучающихся.

### **Требования для образовательной организации высшего образования по обучению студентов, специализирующихся на эксплуатации железных дорог, по дисциплине «Транспортная безопасность»**

1. Образовательная организация должна иметь специализированные [2].
2. Рабочая программа дисциплины «Транспортная безопасность» должна соответствовать требованиям приказа Минтранса [3].

3. Студенты, специализирующиеся на эксплуатации железных дорог, должны обладать знаниями, умениями и навыками, определенными приказом Минтранса [4].

Программа подготовки студентов УрГУПС, специализирующихся на эксплуатации железных дорог, включает изучение дисциплины «Транспортная безопасность». Учебный план предусматривает лекции, практические занятия, лабораторные и самостоятельные работы студентов, включая выполнение расчетно-графической работы.

Содержание рабочей программы дисциплины разработано на основе приказа Минтранса [3].

УрГУПС обладает специализированным учебным центром для работников транспортной безопасности (УЦТБ). В УЦТБ УрГУПС располагаются специализированные тренажеры и натуральные технические средства по транспортной безопасности, которые обеспечивают проведение практических занятий и лабораторных работ с обучающимися.

Программа дисциплины «Транспортная безопасность» для студентов, специализирующихся на эксплуатации железных дорог, разработана на основе [1], где определены задачи обеспечения транспортной безопасности в контексте железнодорожного транспорта.

1. Определение специальной категории учебной железнодорожной станции.

2. Анализ уязвимости учебной железнодорожной станции.

3. Изучение требований, связанных с обеспечением транспортной безопасности учебной железнодорожной станции.

4. Представление и внедрение мер, направленных на обеспечение транспортной безопасности учебной железнодорожной станции.

5. Изучение угроз актов незаконного вмешательства, совершаемых нарушителями на учебной железнодорожной станции.

6. Досмотр физических лиц и его багажа на учебной железнодорожной станции.

7. Способы наблюдения за физическими лицами и собеседование с ними на учебной железнодорожной станции.

8. Обучение работников транспортной безопасности для учебной железнодорожной станции.

9. Федеральный государственный контроль (надзор) за обеспечением транспортной безопасности на объекте транспортной инфраструктуры железнодорожного транспорта, метрополитене и транспортных средствах железнодорожного транспорта.

10. Инженерно-технические средства обеспечения транспортной безопасности на учебной железнодорожной станции и их сертификация.

Изучение студентами данных разделов рабочей программы дисциплины «Транспортная безопасность» потребует с их стороны изучения и применения на практических занятиях и лабораторных работах нормативно-правовых документов, включенных в список литературы [5–13].

### **Основные сложности при изучении дисциплины**

1. Большой объем нормативно-правовых документов, которые изучают студенты, что снижает их интерес к изучаемому материалу, им становится скучно.

2. Частые изменения, которые вносятся в изучаемые нормативно-правовые документы, что требует от преподавателей использовать только актуальные нормативно-правовые документы.

3. Часть информации для изучения студентами, например, результат оценки уязвимости объекта транспортной инфраструктуры и плана обеспечения транспортной безопасности объекта транспортной инфраструктуры, относится к документам «Для служебного использования», поэтому можно использовать такие документы и задания к ним с грифом «Учебные».

4. Отсутствует образовательная программа высшего образования по подготовке кадров в сфере транспортной безопасности.

### **Выводы и предложения**

1. В России выстроена система обеспечения транспортной безопасности, в том числе по подготовке кадров.

2. УрГУПС обладает всей необходимой материальной-технической базой; состав преподавателей позволяет вести подготовку студентов по дисциплине «Транспортная безопасность».

3. Для дальнейшего развития в подготовке кадров в сфере транспортной безопасности необходимо на федеральном уровне разработать и утвердить основную образовательную программу высшего образования по подготовке сил обеспечения транспортной безопасности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 09.02.2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» (с изм. и доп. вступ. в силу с 28.06.2022 г.) // СПС КонсультантПлюс.
2. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 12.07.2021 г. № 232 «Об утверждении порядка подготовки сил обеспечения транспортной безопасности» // СПС КонсультантПлюс.
3. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 29.12.2020 г. № 578 «Об утверждении типовых дополнительных профессиональных программ в области подготовки сил обеспечения транспортной безопасности» // СПС КонсультантПлюс.
4. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 21.08.2014 г. №231 «Об утверждении требований к знаниям, умениям, навыкам сил обеспечения транспортной безопасности, личностным, (психофизиологическим) качествам, уровню физической подготовки отдельных категорий сил обеспечения транспортной безопасности, включая особенности проверки соответствия знаний, умений, навыков сил обеспечения транспортной безопасности, личностных (психофизиологических) качеств, уровня физической подготовки отдельных категорий сил обеспечения транспортной безопасности применительно к отдельным видам транспорта» // СПС КонсультантПлюс.
5. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 07.09.2020 г. № 358 «О порядке установления критериев категорирования объектов транспортной инфраструктуры» // СПС КонсультантПлюс.
6. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 15.09.2020 г. № 377 «Об утверждении порядка ведения реестра объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств» // СПС КонсультантПлюс.
7. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации, ФСБ Российской Федерации, МВД Российской Федерации от 05.03.2010 г. № 52/112/134 «Об утверждении Перечня потенциальных угроз совершения АНВ в деятельность ОТИ и ТС» // СПС КонсультантПлюс.
8. Приказ Министерства транспорта России от 23.07.2015 г. N 227 «Об утверждении правил проведения досмотра, дополнительного досмотра, повторного досмотра в целях обеспечения транспортной безопасности» // СПС КонсультантПлюс.
9. Приказ Министерства транспорта России от 01.11.2021 г. N 370 «О порядке проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры, судо ледокольного флота, используемых для проводки по морским путям, судов, в отношении которых применяются правила торгового мореплавания и требования в области охраны судов и портовых средств, установленные международными договорами Российской Федерации» // СПС КонсультантПлюс.
10. Постановление Правительства Российской Федерации от 08.10.2020 г. № 1633 «Об утверждении требований по обеспечению транспортной безопасности, в том числе требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий), учитывающих уровни безопасности для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры железнодорожного транспорта» // СПС КонсультантПлюс.
11. Постановление Правительства Российской Федерации от 10.10.2020 г. № 1653 «Об утверждении требований по обеспечению транспортной безопасности, учитывающих уровни безопасности транспортных средств железнодорожного транспорта» // СПС КонсультантПлюс.
12. Постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2020 г. № 2344 «Об уровнях безопасности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств и о порядке их объявления (установления)» // СПС КонсультантПлюс.
13. Постановление Правительства Российской Федерации от 08.10.2020 г. № 1641 «Об утверждении требований по обеспечению транспортной безопасности, в том числе требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий), учитывающих уровни безопасности для различных категорий объектов инфраструктуры внеуличного транспорта (в части метрополитенов)» // СПС КонсультантПлюс.

# ЛОГИСТИКА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

---

УДК 656.27

## СЕБЕСТОИМОСТЬ КОНТРЕЙЛЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК

М. А. Талдыкина, 2 курс (научный руководитель – К. Е. Ковалев, канд. техн. наук)  
Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,  
Санкт-Петербург

В настоящее время в РФ существуют крупные экспедиторские организации, которые имеют соответствующие ресурсы и возможности для контрейлерных перевозок. Но этот сегмент почти не развивается.

Показатели по грузообороту за 2022 г. по трем видам транспорта указывают на значение 7,95 млрд т, что оказалось на 1,2 % меньше предыдущего года [1]. Большая доля перевозок так или иначе приходится на автомобильный транспорт; за 2022 г. объем перевозок составил 5,51 млрд т, что превышает показатель предыдущего года на 0,3 %. Железнодорожный транспорт, в свою очередь, показывает снижение в показателях: 1,24 млрд т к 1,28 млрд т за 2021 г.

По прошествии 2021 г. средняя цена за автомобильную перевозку груза возросла на 20 %. Обусловлено это, прежде всего, дефицитом грузового автотранспорта, нехваткой водителей и повышением цен на топливо.

В развитии контрейлерного вида сообщения могут быть заинтересованы владельцы скоропортящихся товаров (например, сезонных овощей или фруктов) или владельцы опасных грузов. Для них важна скорость доставки и безопасность перевозки. Другие сегменты грузов будут принимать решение в пользу контрейлерной перевозки скорее из-за тарифов, если предложение окажется более выгодным, и лишь потом рассмотрят ранее названные факторы.

При подготовке к реализации важно изучить каждый из возможных маршрутов с точки зрения пропускной способности пунктов, габаритных возможностей, и, кроме того, спрос на данный вид услуг в том или ином регионе. Последний фактор должен набирать силу по мере расширения возможностей и развития необходимой инфраструктуры для данного вида перевозок.

Внедрение регулярного контрейлерного сообщения на территории РФ не представляется возможным при помощи иностранных разработок в этой области. Далеко не все из них приживутся в российских условиях. Это связано с конструктивными характеристиками технологий и особенностями экономики в стране. Кроме того, важно учитывать и климатический фактор.

Наибольшая эффективность контрейлерного сообщения достигается на расстояниях от 1000 км, когда по расходам такой вид перевозок действительно остается в выигрыше.

Рассмотрим возможность перевозки грузов по маршруту Санкт-Петербург – Нижний Новгород.

При организации перевозки важно, чтобы она могла обеспечить наибольшую производительность и меньшую себестоимость за перевозку. Определим два варианта доставки грузов для будущих расчетов: перевозка груза автотранспортом по всему маршруту и перевозка комбинированная (часть – автомобильным транспортом и большая часть – по железной дороге).

Путь между Санкт-Петербургом и Нижним Новгородом равен 1 128 км. Сроки доставки грузов автомобильным регламентируются в соответствии с [3].

На стоимость перевозки автомобильным транспортом влияют тип перевозимого груза, тарифы на грузоперевозки в разных регионах (везде разные), изменчивость цен на топливо, состояние дорог по маршруту и даже погодные условия.

Для расчета расхода топлива по предложенному маршруту воспользуемся данными из [4].

Вычисления расхода производится по формуле, предназначенной для грузовых бортовых автомобилей, тягачей и фургонов:

$$Q_H = 0,01 \cdot (H_{san} \cdot S + H_w \cdot W) \cdot (1 + 0,01 \cdot D), \quad (1)$$

где  $Q_H$  – искомый расход, л;  $H_{san}$  – норма расхода топлив на пробег автомобиля или автопоезда в снаряженном состоянии без груза, л/100 км;  $S$  – пробег автопоезда, в км;  $H_w$  – норма расхода топлив на транспортную работу, л/100 т км;  $W$  – объем транспортной работы, т · км;  $D$  – поправочный коэффициент, %.

Также важно учесть дополнительные расходы на перевозку, включающие зарплату водителей, погрузо-разгрузочные работы и др. Годовые амортизационные отчисления:

$$A = C/T_3, \quad (2)$$

где  $C$  – первоначальная стоимость автомобиля;  $T_3$  – срок полезного использования тягача и прицепа.

В общем виде формула расчета расходов:

$$T_{жд} = T_{тар} + T_{доп}, \quad (3)$$

где  $T_{тар}$  – расходы по тарифу железной дороги, руб.;  $T_{доп}$  – дополнительные расходы, руб.

При контрейлерном сообщении автотранспорт участвует во всем процессе два раза: во время подвозки и развозки контрейлера, в перегрузке груза с автотранспорта на железную дорогу и наоборот.

Введем факторы, которые будут учитываться при оценке автомобильной составляющей при перевозке:

$$S_{авт} = \Theta_{погр} + \Theta_{дост(арен)} + \Theta_{арен(тяг)} + (\Theta_{арен(приц)} + \Theta_{вод})T_{гр}, \quad (4)$$

где  $\Theta_{погр}$  – расходы на погрузку прицепа в пункте отправления;  $\Theta_{дост(арен)}$  – расходы на доставку АТС на терминал, руб.;  $\Theta_{арен(тяг)}$  – суточные расходы на аренду тягача на период железнодорожной перевозки (для сопровождаемой перевозки);  $\Theta_{арен(приц)}$  – суточные расходы на аренду прицепа на период железнодорожной перевозки;  $\Theta_{вод}$  – суточные расходы на оплату водителей (при сопровождаемой перевозке);  $T_{гр}$  – срок доставки груза железной дорогой, сут.

Для расчета расходов на контрейлерную перевозку принимают во внимание тарифы на автомобильную и железнодорожную перевозки:

$$S_{комб} = S_{жд} + S_{авт}, \quad (5)$$

где  $S_{жд}$  и  $S_{авт}$  – расходы на железнодорожную и автомобильную перевозку, руб.

Три возможных направления следования для перевозки из Санкт-Петербурга в Нижний Новгород представлены на рис. 1.



Рис. 1. Транспортная сеть на направлении следования Санкт-Петербург – Нижний Новгород

Принимая во внимание время, расстояние и цену перевозки выбраны наиболее экономически привлекательные варианты организации контейнерной перевозки (рис. 2), где часть маршрута груз движется на автотранспорте, а оставшаяся – по железной дороге.

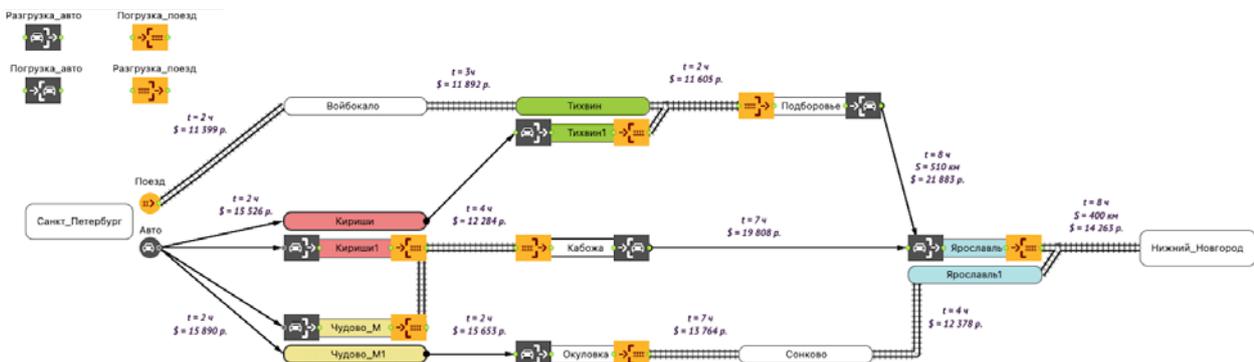


Рис. 2. Себестоимость перевозок

Для грузоотправителей вариант с контейнерной перевозкой может быть выгодным по сравнению с прямой перевозкой автомобильным транспортом на предложенном маршруте. Приоритетным вариантом для грузоотправителя оказался вариант маршрута Санкт-Петербург – Чудово-Московское – Окуловка – Сонково – Ярославль – Нижний Новгород. С учетом всех дополнительных затрат его стоимость составит 70 948 рублей.

Расчет автомобильной (собственным АТС) и железнодорожной составляющих показал, что контейнерные перевозки могут быть выгодными для грузоотправителей в отличие от прямой доставки автотранспортом. К тому же, при организации перевозок на железной дороге затраты более привлекательны для грузоотправителей в случае несопровождаемой перевозки, при которых экономия составит 6 124 руб. (–8 %). Тем не менее на основании расчетов выявлено, что при существующих тарифных схемах на расходы автотранспорта приходится большая часть затрат при организации контейнерной перевозки. Особенно показатели возрастают (+20 %), если грузоотправитель пользуется услугами сторонней организации и арендует автотранспорт.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. SeaNews. Грузооборот российского транспорта, итоги 2022 : электрон. ресурс. URL: <https://seanews.ru/2023/02/14/ru-gruzooborot-rossijskogo-transporta-itogi-2022-perevozki-snizilis-na-1-2/> (дата обращения: 15.10.2023).
2. РЖД. Концепция организации контейнерных перевозок на пространстве 1520: электрон. ресурс. URL: <http://логополис.рф/wp-content/uploads/2015/12/Концепция-организации-контейнерных-перевозок-13-04-2012.pdf> (дата обращения: 17.10.2023).
3. Федеральный закон «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта» от 08.11.2007 № 259-ФЗ (последняя редакция), ст. 14., 2007 (дата обращения: 20.10.2023).
4. Нормативно-правовое регулирование в области развития контейнерных перевозок. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36424313> (дата обращения: 25.10.2023).

УДК 656.01

## ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ РОССИИ

И. А. Горохова, канд. техн. наук

О. Л. Домнина, канд. техн. наук

Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород

Развитие транспортных международных путей на фоне свободной рыночной экономики улучшает сообщение между странами, не оставляя места изолированности регионов. Ценовой диапазон перевозимых товаров зависит от аспектов логистики, предопределяющей выбор клиентов в отношении продукции и транспортных услуг в целом.

Оптимизация функционирования транспортной компании включает множество критериев, начиная от выбора наиболее бюджетных маршрутов и экономии топлива, заканчивая бухгалтерской отчетностью и подключением автопарка к системе ГЛОНАСС. Но специалисты однозначны в мнении, что улучшение работы транспорта требует комплексного подхода. Его суть состоит в модернизации не только транспортных факторов, но и кадровых – соответствующее влияние должно оказываться на весь персонал в целом, включая руководящий состав. Именно поэтому особое значение в условиях современности приобретает логистический менеджмент.

Для исследования логистического менеджмента, с помощью которого можно повысить КПД практически любой транспортной компании как на международном уровне, так и муниципальном, необходимо идентифицировать аспекты, подлежащие корректировке в области транспорта; выявить алгоритмы совершенствования работы транспортных компаний; проанализировать мнения ведущих иностранных и российских умов на осуществление главных принципов логистического менеджмента.

Сопоставляя результаты научных изысканий в направлении логистического менеджмента, а также исследования состояния транспортного рынка [1–3], легко выделить слабые места: несвоевременная модернизация парка транспортных средств; отсутствие систематических амортизационных видов работ, в результате чего могут преждевременно выходить из строя основные агрегаты транспортных средств; низкое качество транспортной инфраструктуры (отсутствие достаточного количества подъездных путей, развязок, плохое покрытие дорог и др.); некорректная загрузка транспортных средств (недогрузка или перегрузка); несоблюдение сроков доставки продукции; нарушение целостности перевозимых грузов, недостача; махинации и халатность персонала, ответственного за непосредственную логистику; недостаточная транспарентность перевозок в целом.

Все это присуще отечественной транспортной сфере, а что-то пропитало своей обыденностью глобальную логистику [3]. Можно выделить следующие болевые направления развития транспортной логистики: нарушение сроков поставки, причиной которому потенциально является много аспектов, среди которых военные конфликты (в частности, на Ближнем Востоке) [2, 4], перегруженность морских портов и терминалов, в результате чего манипуляции погрузочно-разгрузочных работ имеют неконтролируемый пролонгированный характер [2, 3, 5], нападения пиратов на морской транспорт [3], соблюдение национальных традиций, например, китайского Нового года [3, 5]; завышенные требования к качеству услуг транспортных компаний со стороны постоянных крупных клиентов. Менеджмент логистических групп преследует целью удовлетворение потребностей заказчиков, в частности, по отношению к полноценной транспарентности бизнес-процессов – от транспортировки сырья до производственных факторов и обратной логистики товарных групп по пути следования. У каждого участника на этой цепи производства, включающей транспортные составляющие, свои требования, соответствовать которым на высоком уровне обслуживания становится все сложнее для логистической компании [6]. Множество

контрагентов и менеджеров провоцирует на внедрение особых методик контроля и мониторинга бизнес-системы в целом. Это означает соответствующее обслуживание, а, значит, повышение стоимости услуг транспортной компании, что влечет впоследствии и подорожание конечных цен перевозимых товаров; сохранность грузов и безопасность перевозок в целом. Поставщики доставляют товары на склады, где их сортируют и транспортируют в порты, занимающиеся дальнейшей перегрузкой. Таким образом, транспортируемые объекты перегружаются до восьми раз за один логистический маршрут. На каждом этапе существуют свои риски, поэтому безопасность транспортировок требует более внимательного подхода [2, 3, 7]; транспортная инфраструктура, систематически подстраивающаяся под возрастающие потребности компаний в отношении объема перевозимых грузов. Порты не в состоянии своевременно обслуживать крупногабаритные современные корабли с увеличенной вместимостью грузов – необходима модернизация стоянок, кранов, складов, дорог, включая железнодорожные пути [3]. Этот фактор включает огромные перспективы; непредвиденные глобальные изменения экономического характера, спрогнозировать которые практически невозможно.

Для повышения конкурентоспособности на рынке оказания услуг транспортные компании задействуют все внутренние ресурсы, минимизируя издержки производства и внедряя технологические решения. Их задача вполне обоснованна: увеличивать прибыль каждый квартал, если это возможно. Новые тенденции менеджмента включают смещение фокуса внимания с максимизации прибыли на качественное удовлетворение потребностей клиентов, выполнение которого априори гарантирует достойную прибыль в перспективе [6]. Воплощение алгоритма идеи простое.

1. Повышение качества оказываемых транспортных услуг, ориентированных на запросы заказчиков. Сюда входит и оптимизация бизнес-процессов, и внедрение передовых информационных технологий, включая установку датчиков на транспортные средства, и подключение их к соответствующим системам мониторинга.

2. Удовлетворение потребностей заказчиков, повышение конкурентоспособности.

3. Максимизация прибыли.

Такая последовательность возможна при реализации эффективного менеджмента на всех его стадиях (планирование, анализ, контроль), что нереально без должного информационного сообщения как между участниками логистической области, так и в системе технологического мониторинга в целом.

В данной концепции под понятием «логистический менеджмент» подразумевается не только контроль над логистикой, как часто предполагают директора организаций, но и целостное многофакторное администрирование транспортных процессов на всех их стадиях с помощью информационно-компьютерных инноваций, состоящих в формировании и функционировании структуры спутникового мониторинга за маршрутами, состоянием транспортных средств, расходом топлива и т.д. [8]. Концепции логистического менеджмента включают корпоративные векторы управления стандартного образца, среди которых оптимизация ресурсов на всех этапах их использования; эффективное взаимодействие отделов компании как друг с другом, так и с филиалами, контрагентами, диспетчерской службой, бухгалтерией; грамотный маркетинг на платформе налаженной работы производственной сферы предприятия.

Логистический менеджмент прочно связан с социально-экономическими концепциями фирмы, где человеческий фактор играет одну из ключевых ролей. Его основные ресурсы направлены на реализацию главных стратегий компании, суть которых состоит в минимизации издержек производства и максимизации прибыли, но исключительно через повышение качества услуг и удовлетворение потребностей клиентов [8].

Составляющие логистического менеджмента подтверждают, что эта сфера – не просто контроль над логистикой. Осуществление качественного менеджмента направлено на слаженную работу всех факторов производства в рамках социально-экономического взаимодействия всего персонала в целом – от рядовых водителей до руководящего состава предприятия. Оказывая соответствующее влияние на кадры, можно добиться эффективной оптимизации управленческих процессов, налаживания грамотной работы всей логистической системы в целом.

Многие бизнес-процессы транспортных компаний охватывают цепи производства от добычи сырья до реализации изготовленной продукции конечным покупателям. Логистический менеджмент ответственен за все транспортные манипуляции на каждой производственной стадии, включая все аспекты управления персоналом. В задачи этой науки входит своевременность доставки на этапах производства, минимизация затрат – финансовых, кадровых, временных, мотивация сотрудников компании соответственно занимаемым должностям.

Анализ логистических факторов выявил следующие проблемы этого сегмента экономического функционирования предприятия: высокая волатильность нужд заказчиков на рынке транспортных услуг, неразвитая инфраструктура, отсутствие полноценной сохранности перевозимых товаров, нарушение сроков поставок.

Модернизация портов, автомобильных и железнодорожных путей, совершенствование грузовых транспортных средств вычеркнут из общего списка проблем лишь некоторые. Основные останутся за человеческим фактором, главным рычагом влияния на функционирование транспортной компании. Технологическое оснащение производства и грамотное управление персоналом – рельсы, по которым может поехать поезд прогресса логистического менеджмента при их правильной установке.

Это, в свою очередь, улучшит функционирование отечественных транспортных предприятий, позволит выйти им на международный рынок, где уже давно эффективно работают спутниковые навигационные системы, реализуется грамотное управление кадрами с их соответствующей мотивацией и контролем качества совершенного труда. На перспективы отрасли влияют навыки, возможности и решения, принимаемые управленческими руководителями (требования к их компетенции повышаются соответственно социально-экономическим тенденциям предприятия в целом).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Домнина, О. Л. Основные проблемы транспортного комплекса России и пути их решения / О. Л. Домнина, А. Н. Ситнов, И. В. Липатов // Речной транспорт (XXI век). – 2019. – № 3 (91). – С. 23–25.
2. Домнина, О. Л. Влияние санкций на перевозку грузов / О. Л. Домнина // Транспорт. Горизонты развития : труды второго Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 07–09 июня 2022 года. – Нижний Новгород : Волжский государственный университет водного транспорта, 2022. – С. 9.
3. Serkan Kavas, The 5 biggest problems of global logistics. URL: <https://www.morethanshipping.com/the-5-biggest-problems-of-global-logistics/>
4. Проблемы экономической безопасности: новые решения в условиях ключевых трендов экономического развития / М. Стуль, Ш. А. Смагулова, А. Е. Ермуханбетова [и др.]. – Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2020. – 461 с.
5. Karpenko, O., Kovalchuk, S., Shevchuk, O. Prospects on Ukrainian logistics market orientation for international customers // Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics. – 2016. – № 1. – Pp. 27–33.
6. Juan D. Morales, Logistics & transportation executives facing today's challenges, seek solutions well into the future. URL: <https://www.stantonchase.com/logistics-transportation-executives-facing-todays-challenges-see-solutions-well-into-the-future/>
7. Домнина, О. Л. Анализ безопасности внутреннего водного транспорта и законодательных мер, направленных на ее повышение / О. Л. Домнина // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2012. – № 33. – С. 114–121.
8. Данильченко, М. А. Ключевые показатели эффективности логистики / М. А. Данильченко, К. И. Черноголовая // Актуальные вопросы экономических наук. – 2015. – № 47. – С. 145.

УДК 656.02

## ОСОБЕННОСТИ ДОСТАВКИ КРУПНОТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЛЕСНЫХ ГРУЗОВ НА ЭКСПОРТ В ВОСТОЧНОМ НАПРАВЛЕНИИ

И. Д. Векшин, 2 курс (научный руководитель – И. Н. Кагадий, канд. техн. наук)  
Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

Более 26 % общей площади лесных массивов на планете находится на территории России, а около 46,6 % всей территории страны покрыто лесами [1]. Однако большая часть лесной продукции в России экспортируется без первичной деревообработки. Это означает, что древесина отправляется на экспорт в форме бревен, лесоматериалов или цельных стволов.

Внутренний рынок лесной продукции в России почти полностью контролируется частными предприятиями: большая часть древесных материалов и продукции из дерева, предназначенных для использования внутри страны, реализуется сугубо в коммерческих целях.

Решением проблем может быть разработка комплексного подхода к транспортной системе и выбору оптимального способа доставки лесных грузов. Также возможны альтернативные решения, направленные на улучшение инфраструктуры и разработку новых методик перевозки пиломатериалов. Например, создание оптимальных маршрутов, объезд крупных городов при автомобильной перевозке или развитие специализированных контейнеров для удобной загрузки и выгрузки при транспортировке контейнерами.

Экспортные перевозки в контейнерах – важная составляющая международной торговли, так как контейнеры обеспечивают защиту товаров и упрощают процесс перевозки, позволяя легко переставлять груз с одного транспорта на другой.

...Усть-Илимск расположен в окружении богатых лесов, что предоставляет возможности для развития лесопромышленного комплекса и экспорта лесных ресурсов. Усть-Илимский лесопромышленный комплекс (ЛПК) служит одним из важных факторов экономического развития города. Экспортный потенциал леса также связан с наличием городских лесов: администрация Усть-Илимска управляет городскими лесами, что представляет значительный ресурс для использования и возможности для развития экотуризма и рекреации.

Самый удобный способ экспортной перевозки пиломатериалов – контейнер. Пиломатериалы загружаются в 40-футовый контейнер у экспортера, далее они следуют по железной дороге в российский порт. Но главная проблема в том, что исходящий поток контейнеров в десятки раз больше входящего. Получается, что потребность отправить контейнеры на экспорт есть, а контейнеров в наличии у перевозчиков нет, т. к. в Усть-Илимске практически ничего не заказывают в контейнерах. Здесь и возникает вопрос доставки контейнеров до станции Усть-Илимск. Из-за нехватки контейнеров возникает потребность в их доставке до станции экспортера (двумя способами: когда контейнер приходит с грузом, на станцию или порожний контейнер подсылается на станцию).

Перед тем как подсылать контейнеры на станцию Усть-Илимск, нужно определиться, какая станция будет станцией отправления, для этого сравнивается возможность отправления с железнодорожных станций из Москвы (центр европейской части России) и Новосибирска и Красноярска (азиатская часть). Также рассмотрено сравнение подсыла из другой страны, а именно, из Казахстана (Алма-Ата). Сравнение производится по цене подсыла одного контейнера, времени в пути, наличию стока контейнеров в данном городе, возможности согласования ГУ-12 (рис. 1).

Схема подачи № 1 Москва – Усть-Илимск; самый долгий маршрут следования, обусловленный долгим транзитным временем и самым большим железнодорожным тарифом, однако здесь учитывается наличие большого стока контейнеров в этой части России, поэтому за неимением других вариантов подсыла, например, из-за отсутствия контейнеров, такой вариант был бы лучшим.

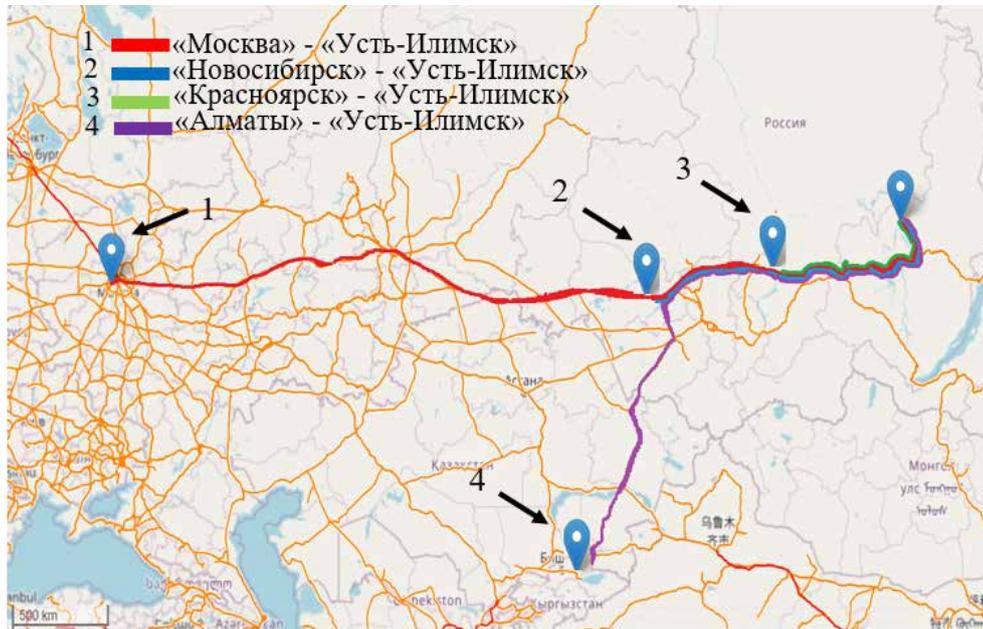


Рис. 1. Схемы подачи порожних контейнеров в контейнерном поезде

Схема подачи № 2 Новокузнецк – Усть-Илимск: имеет среднюю цену на тариф из-за сравнительно небольшого расстояния до станции направления, также сток контейнеров по их количеству не уступает схеме № 1, поэтому этот вариант в любом случае перспективнее, чем схема № 1.

Схема № 3 Красноярск – Усть-Илимск: имеет самый низкий тариф подсыла, однако эта схема подсыла неосуществима, потому что в Красноярске маленький контейнеропоток, и стока контейнеров практически нет, поэтому нет технической возможности собрать порожний контейнерный поезд.

Схема подсыла №4 Алма-Аты – Усть-Илимск: самый сложный маршрут (начинается в Казахстане). В стране большой поток импортных товаров, обусловленный ограниченным внутренним производством, потребностями в разнообразных товарах и услугах, недостатком сырья и ресурсов, активным участием в международной торговле. Переизбыток контейнеров, пришедших из других стран с импортными товарами, а чтобы владельцы этих контейнеров вернули их в страну, из которой прибыли, собственники контейнеров доплачивают перевозчикам за то, что они отвезут их контейнеры в страны Юго-Восточной Азии. В среднем это составляет 850 у.е./конт. Поэтому при расчете тарифа учитывается дотация и вычитается из значения тарифа. Тариф состоит из железнодорожных тарифов РФ и Казахстана.

Величина железнодорожного тарифа за схему №4 была рассчитана [2, 3]:

$$\Pi = T_{\text{рф}} + T_{\text{кз}} - D, \quad (1)$$

где  $T_{\text{рф}}$  – тариф за перевозку по железным дорогам РФ, руб.;  $T_{\text{кз}}$  – тариф за перевозку по железным дорогам Казахстана, руб.;  $D$  – дотация собственников контейнеров за перевозку из Казахстана в страны Юго-Восточной Азии, руб.

Время в пути для схем №1–4:

$$t = \frac{\sum S_{\text{общ}}}{\sum V_{\text{суточная}}} \cdot 24, \quad (2)$$

где  $S$  – количество км в маршруте следования, км;  $V_{\text{суточная}}$  – норма суточного пробега, км/сут; 24 – часы в сутках.

Затраты на амортизацию вагона-платформы определяются:

$$A_{п} = \frac{Q \cdot t}{T_{сл} \cdot 12 \cdot 29,3 \cdot 24}, \quad (3)$$

где  $Q$  – среднерыночная цена новой 80-футовой фитинговой платформы, руб.;  $T_{сл}$  – нормативный срок службы платформы; 12 – кол-во месяцев в году; 29,3 – среднее количество дней в месяце; 24 – количество часов в сутках.

Расчеты по данным формулам приведены в таблице 1.

Таблица 1

## Сравнение схем подачи порожних контейнеров

Критерии оценки схем подсыла порожних контейнеров	Схемы подсыла порожних контейнеров			
	1	2	3	4
Расстояние, км	5340	1962	1205	3568
Время в пути, ч	320,4	151,9	93,3	225,3
Цена подсыла, руб./конт.	75547,20	33991,20	22402,80	-17225,59
Наличие стока контейнеров на станции отправления	+	+	-	+
Амортизация платформы, руб.	4153	1969	1209	2920

Получается, что при использовании схемы № 4 провозной платы за перевозку порожнего контейнера не только нет, но и компания-перевозчик зарабатывает с каждого контейнера по 17225,59 руб.

Заключительным этапом оказался расчет перевозки со станции Усть-Илимск до порта Шанхай (Китай). Перевозка мультимодальная, т.к. в ней участвуют железнодорожный и морской виды транспорта.

Цена за фрахт 40-футового контейнера с порта Находка-Экспортная до порта Шанхай принята в 1700 у.е.:

$$П_{экс} = T_{рф} + T_{мор}, \quad (4)$$

где  $T_{мор}$  – цена за фрахт 40-футового контейнера.

Итоговая цена за экспортную перевозку от Усть-Илимска до Шанхая представлена в таблице 2.

Таблица 2

## Итоговая цена за экспортную перевозку Усть-Илимск – Шанхай

Итоговые затраты	Схемы экспортной перевозки Казахстан – Усть-Илимск – Шанхай
Усть-Илимск – Шанхай	
Транзитное время Усть-Илимск – Находка-Экспортная, ч	274
Амортизация платформы, руб.	3552
Итоговая цена Усть-Илимск – Шанхай, руб.	226545
Жеты-Су – Усть-Илимск	
Цена подачи одного 40ф контейнера, руб.	-14305
Транзитное время, ч	484
Жеты-Су – Усть-Илимск – Шанхай	
Транзитное время, ч	758
Итоговая цена Усть-Илимск - Шанхай, руб.	212688

В результате анализа грузоперевозок в контейнерах, направленных на станцию Усть-Илимск, и экспортного грузопотока, направленного из города Усть-Илимск в страны Юго-Восточной Азии, следует, что вариативность схем по организации подачи порожних контейнеров на рассматриваемую станцию для дальнейшей перевозки грузов в страны Юго-Восточной Азии достаточно обширна. Однако все эти схемы организации контейнерных поездов труднореализуемы из-за тяжелой эксплуатационной ситуации на железной дороге России, которая связана со сменой направления перевозок в сторону стран Азиатско-Тихоокеанского региона, в частности, из-за европейского эмбарго на импорт угля из России, что требует внедрения новых принципов логистики в цепочках поставок.

Предложен альтернативный способ подачи в виде подсыла порожних контейнеров, не прибегая к организации перевозок порожних контейнерных поездов. Альтернативный маршрут подачи порожних контейнеров состоит из двух плечей, одно из которых является перевозкой груженого маршрутного поезда с соответствующей выгрузкой груза у получателя и освобождения контейнеров, а второе плечо – это подача порожних контейнеров на небольшие расстояния до железнодорожных станций. Маршрут следования груженого плеча начинается на железнодорожной станции Новосибирска, а выгружаются контейнеры на станции в Новой Чаре, затем порожние контейнеры отправляются в Усть-Илимск. Примерная схема подсыла изображена на рис. 2.

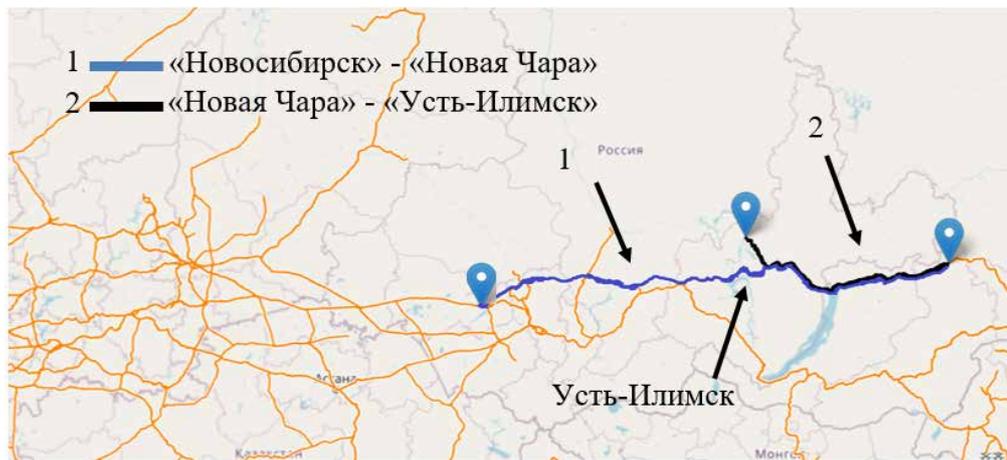


Рис. 2. Альтернативная схема подачи порожних контейнеров

Преимуществом альтернативной схемы перед организацией контейнерного поезда станет то, что из-за мелких партий подсыла контейнеров ГУ-12 согласовывается проще и эффективнее, а, учитывая, что западное направление сейчас менее нагружено, так как количество импортных перевозок намного ниже, чем экспортных, то основное скопление грузопотоков направлено именно на восток (таблица 3).

Таблица 3

Показатели альтернативного маршрута подсыла порожних контейнеров

Критерии оценки схем подсыла порожних контейнеров	Схемы подсыла порожних контейнеров с помощью ломаного маршрута
Расстояние, км	1360
Транзитное время, ч	105,3
Цена подсыла, руб./контейнер	28064,4
Наличие стока контейнеров в пункте отправления	+
Амортизация платформы, руб.	1365

Дальнейшая схема перевозки также изменится, отправка будет повагонная, поэтому провозная плата поменяется (таблица 4).

Таблица 4

## Итоговая цена для за экспортную перевозку Усть-Илимск – Шанхай

Итоговые затраты	Схемы экспортной перевозки Новая Чара – Усть-Илимск – Шанхай
Усть-Илимск – Шанхай	
Транзитное время Усть-Илимск – Находка-экспортная, ч	504
Амортизация платформы, руб.	6533
Итоговая цена Усть-Илимск – Шанхай, руб.	234155
Новая Чара – Усть-Илимск	
Цена подсыла одного 40-фут. контейнера, руб.	29429
Транзитное время, ч	105,3
Новая Чара – Усть-Илимск – Шанхай	
Транзитное время по ЖД, ч	609
Итоговая цена Усть-Илимск – Шанхай, руб.	263584

Таким образом, в условиях ограничений и сложности формирования контейнерных поездов на восток предложены несколько схем доставки контейнеров и определена экономическая эффективность как для перевозчика, так и для клиентов, способных реализовывать экспортно-импортный потенциал России.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года. URL: <http://minpromtorg.gov.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
2. Тарифы на перевозки грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые российскими железными дорогами. URL: <http://doc.rzd.ru/> (дата обращения: 20.10.2023).
3. Тарифные расстояния между станциями на участках железных дорог URL: <http://doc.rzd.ru/> (дата обращения: 20.10.2023).

УДК 349.6

## ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ КАК ОДНА ИЗ АКТУАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ИНИЦИАТИВ ОАО «РЖД»

В. С. Блохин, канд. пед. наук, доцент кафедры «Мировая экономика и логистика»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Известные российские компании, чьи названия и деятельность практически на слуху у каждого, реализуют различные стратегии экологического характера. Приведем для примера лишь некоторые из них:

– в сфере предоставления банковских услуг: в 2020 г. Министерство природных ресурсов и экологии РФ заключило с ПАО «Банк ВТБ» соглашение о сотрудничестве в осуществлении мероприятий по сохранению биологического разнообразия и совершенствования экологического туризма, предусмотренных национальным проектом «Экология». В настоящее время Банк ВТБ реализует ряд экологических инициатив (внедряет карты из биоразлагаемого материала – полилактида, поддерживает Всемирный фонд дикой природы, ведет электронный документооборот (вместо традиционного бумажного), проводит программу «Миссия: чистая вода», способствует осуществлению услуг проката велосипедов в городах, призывает клиентов участвовать в акции «Подари лес другу») [8];

– в нефтяной отрасли: одна из крупнейших нефтяных компаний ПАО «ЛУКОЙЛ» в своей экологической деятельности руководствуется важными соображениями, нацеленными на поэтапное уменьшение техногенной нагрузки на природную среду и климат за счет использования новейших технологий в области добычи нефти, а также путем совершенствования управления посредством автоматизации [7];

– в сфере общественного питания: сеть ресторанов быстрого питания «Вкусно – и точка» реализует проведение Всероссийского экомарафона по уборке территорий «#МойЭкоДень» в рамках волонтерской акции, проводимой по всей России. Компания заявляет о себе как первой в России сети общепита, разместившей в залах баки для раздельного сбора отходов и занимающейся формированием культуры ответственного обращения с мусором и другими отходами [6].

Очевидно, что современные транспортные компании России активно участвуют в программах природоохранного содержания, т.к. транспорт – одна из отраслей, деятельность которой активно воздействует на окружающую среду.

Заметный вклад в указанные программы делает ОАО «РЖД». По состоянию на 2023 г., действуют свыше сорока документов организационно-распорядительного характера, направленных на правовое регулирование деятельности компании в области поддержки и сохранения окружающей среды.

Историография вопроса об экологических инициативах и политике, направленной на охрану и защиту окружающей среды, предпринимаемых в сфере железнодорожного транспорта, объективно отражает высокую степень актуальности данной тематики. В частности, подходы к разработке и реализации экологических стратегий ведущих железнодорожных компаний мира, сравнительный анализ результатов их природоохранной деятельности и наиболее заметных технологических решений зарубежных компаний по реализации экологической стратегии представлены в статье [3]. Характеристика актуальных проблем, связанных с процессом обеспечения экологической безопасности на объектах железнодорожного транспорта, анализ экологических правоотношений в сфере железнодорожного транспорта и предложений, содержащих рекомендации по улучшению мер экологической безопасности, состояние и оценка текущей деятельности, реализуемой в рамках «Экологической стратегии ОАО «РЖД», рассматривается в [4–5].

Что касается формирования экологически ответственного поведения среди сотрудников компании, то важную роль в этом направлении играет локальный нормативно-правовой акт – ныне действующий «Кодекс деловой этики» [1].

Ст. 14 разд. IV «Этичное ведение бизнеса» посвящена вопросам охраны окружающей среды. Здесь нашли свое отражение нормы, закрепленные в ранней редакции Кодекса деловой этики (введенного распоряжением от 6 мая 2015 г. № 1143р и ныне отмененного). Компания заявляет, что одним из направлений ее деятельности является забота о планете, что выражается в осознанном подходе к проблемам экологии и осуществлении природоохранных мероприятий согласно требованиям российского и международного законодательства о защите окружающей среды.

Кодекс деловой этики предусматривает, что ОАО «РЖД»:

- разумно и эффективно использует природные ресурсы, тем самым стремясь приложить максимальные усилия для бережного отношения к окружающей среде;
- уменьшает количество и/или степень опасности отходов, выбросов и сбросов, снижая пагубное воздействие деятельности железнодорожного транспорта на компоненты природной среды;
- разрабатывает и применяет на практике ресурсосберегающие технологии, реализует имеющиеся в настоящее время стратегии для экологического менеджмента и контроля за состоянием окружающей среды;
- постоянно развивает и улучшает программы природоохранного характера;
- поддерживает инициативы в сфере сохранения лесного фонда России;
- внедряет и развивает электронный документооборот внутри компании и при деловых отношениях с другими организациями;
- использует в своей деятельности современные методики подсчета и уменьшения углеродного воздействия на природную среду.

Важным локальным документом выступает «Экологическая стратегия ОАО «РЖД» на период до 2020 года и перспективу до 2030 года» [2].

Стратегия содержит комплекс мероприятий, направленных на уменьшение выбросов загрязняющих веществ, снижение расходов природных ресурсов, повышение энергоэффективности, рациональное использование территории и бережное отношение к природным ресурсам. «Экологическая стратегия ОАО «РЖД» содержит подходы к управлению деятельностью по охране окружающей среды; показывает, какие усилия компания предпринимает для охраны атмосферного воздуха и водных ресурсов, защиты от шумового фактора; дает оценку возможностей ОАО «РЖД» (технологических, организационных, правовых, научно-инновационных) в области экологической безопасности; предусматривает систему работы с отходами производства и потребления; обозначает направления мероприятий, реализуемых для совершенствования контроля за соблюдением природоохранных норм и требований; ставит необходимость в экологическом просвещении населения и в целом – в проведении мероприятий, связанных с формированием экологической культуры. Компания «РЖД» заинтересована в том, чтобы и работники и пассажиры приобретали навыки бережного отношения к природе.

Для просветительских целей компания сформировала свыше тридцати экологических электропоездов, оснащенных наглядными материалами. Каждый такой электропоезд должен дать понять пассажирам, что ОАО «РЖД» – экологически ответственный холдинг, политика которого направлена на защиту и охрану природной среды [2].

Аналогичные задачи стоят и перед передвижным выставочно-лекционным комплексом, представляющим собой особый поезд, который удачно иллюстрирует инновационные решения железнодорожного транспорта. В составе комплекса имеется вагон, в котором можно узнать о деятельности железнодорожного транспорта России в сфере энергосбережения и энергоэффективности, повышения экологической безопасности отрасли. Материалы, представленные в экспозиции, показывают, каким образом осуществляется в ОАО «РЖД» природоохранная деятельность и используются современные технологии для этого.

Следует обратить внимание и на то, что частью экологического просвещения компании выступает деятельность детских железных дорог, которых в настоящее время в России насчитывается

25. Эти учреждения (напомним, что они относятся к системе детского дополнительного образования) включают свыше семидесяти экологических дружин, участники которых приобретают навыки ответственного отношения к окружающему природному миру.

Компания ОАО «РЖД» является членом Комиссии по экологической культуре и просвещению Федерального экологического совета, созданного при Министерстве природных ресурсов и экологии РФ, внося вклад в деятельность Комиссии по экологическому просвещению молодежи.

Таким образом, крупнейший транспортный холдинг ОАО «РЖД» имеет целый комплекс мероприятий, связанных с приобщением населения нашей страны к основам экологической культуры, поощрением экологического образования и воспитания:

- формирование экологической ответственности как мировоззрения и важнейшей экзистенциальной ценности;

- использование всех возможных каналов информации (Интернет, телевидение, газеты, радио, листовки, буклеты) для распространения сведений о проводимой в компании политике экологической и ресурсосберегающей направленности, а также проведение тематических мероприятий;

- повышение знаний в области экологической грамотности и формирование экологически ответственного поведения у работников компании;

- развитие системы подготовки и повышения квалификации в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности руководителей и специалистов компании, ответственных за принятие решений при осуществлении экономической и иной деятельности, которая оказывает или может оказать негативное воздействие на окружающую среду.

Обращаясь к практике преподавания правовых дисциплин в Уральском государственном университете путей сообщения на профильных специальностях, следует заметить, что знакомство студентов с вышеупомянутыми документами ОАО «РЖД» обязательно.

Студенты получают возможность ознакомиться с действующими Кодексом деловой этики и Экологической стратегией ОАО «РЖД» в рамках подготовки перечня нормативно-правовых актов, регулирующих сферу будущей профессиональной деятельности. Кроме того, при изучении соответствующих тем студенты вместе с преподавателем комментируют и дают характеристику документам (выделяют правовые понятия, встречающиеся в тексте документа, связывают смысл правовых норм с примерами реализации документов на практике).

Обращение к экологическим инициативам ОАО «РЖД», их связь с деятельностью, реализуемой в рамках сохранения и сбережения окружающей природной среды, проводимой другими транспортными компаниями, происходит также в процессе исследовательской деятельности студентов в форме подготовки сообщений и докладов на круглые столы, написания статей для последующей публикации в сборниках трудов научных конференций, анализа экологических вопросов при выполнении выпускных квалификационных работ. Использование подобных технологий в условиях высшей школы способствует формированию правового поведения, экологически ответственного отношения в профессиональной деятельности и повседневной жизни.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кодекс деловой этики: Распоряжение ОАО «РЖД» от 18.07.2023 № 1792р. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=961#4012> (дата обращения: 23.10.2023).
2. Об утверждении Экологической стратегии ОАО «РЖД» на период до 2017 года и на перспективу до 2030 года : распоряжение ОАО «РЖД» от 12 мая 2014 года N 1143р (в ред. Распоряжения ОАО «РЖД» от 22.06.2016 N 1227р). URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=958#3042> (дата обращения: 23.10.2023).
3. Галкин В. А., Кузина Е. Л., Василенко М. А., Василенко Е. А., Лиманчук Л. Н. Анализ зарубежного опыта повышения экологичности транспортного обслуживания // Компетентность / Competency (Russia). – 2023. – № 1. – С. 20–27.
4. Духно Н. А., Ивакин В. И. Экологическая безопасность на объектах железнодорожного транспорта // Аграрное и земельное право. – 2016. – № 2 (134). – С. 92–101.
5. Духно Н. А., Ивакин В. И. Экологическая стратегия охраны окружающей среды на российских железных дорогах // Аграрное и земельное право. – 2016. – № 4 (136). – С. 98–115.

6. ЛУКОЙЛ – Окружающая среда (lukoil.ru). URL: <https://lukoil.ru/Sustainability/Environment> (дата обращения: 23.10.2023 г.).
7. МойЭкоДень. Всероссийский экомарафон по уборке территорий – «Вкусно – и точка» (vkusnoitochka.ru). URL: <https://vkusnoitochka.ru/ecoday> (дата обращения: 23.10.2023).
8. Экологическая и социальная ответственность – Группа ВТБ сегодня – Путеводитель акционера ВТБ (vtb.ru). URL: <https://shareholder-guide.vtb.ru/vtb-today/environmental-and-social-responsibility> (дата обращения: 23.10.2023).

УДК 656.212.7

## ВЛИЯНИЕ ПЕРЕОРИЕНТАЦИИ ГРУЗОПОТОКОВ НА ВОСТОК НА ЛОГИСТИКУ ПЕРЕВОЗКИ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ

Е. Е. Лесникова, 4 курс

Е. М. Бондаренко, канд. техн. наук, доцент кафедры «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав»

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

Большая часть скоропортящихся грузов транспортируется с использованием восточного полигона, что характерно как для экспорта, так и для импорта. Из-за санкций грузопотоки переориентированы на восток. Это увеличило загрузку инфраструктуры восточного полигона. При организации цепей поставки приоритет отдается стратегическим перевозкам угля, нефти, леса, металла и удобрений. Значит, необходимы новые маршруты перевозки скоропортящихся грузов.

Логистика перевозки скоропортящихся грузов имеет свои особенности, к которым относятся потребность в организации частых отправок сравнительно небольшой массы, в осуществлении нескольких перегрузок за рейс при использовании в логистической схеме нескольких видов транспорта, отсутствие примыкания железнодорожных путей к складам для хранения скоропортящихся грузов. Оптимальный вид сообщения при организации экспортных и импортных перевозок скоропортящихся грузов – интермодальная перевозка, позволяющая загружать скоропортящиеся грузы в транспортный модуль и доставлять его несколькими видами транспорта по одному перевозочному документу.

Транзитные перевозки при организации международного сообщения осуществляются по трем основным направлениям: через Россию и пограничный переход Забайкальск, через Монголию и пограничный переход Наушки, через Казахстан пограничные переходы Достык и Алтыкөнь (рис. 1).

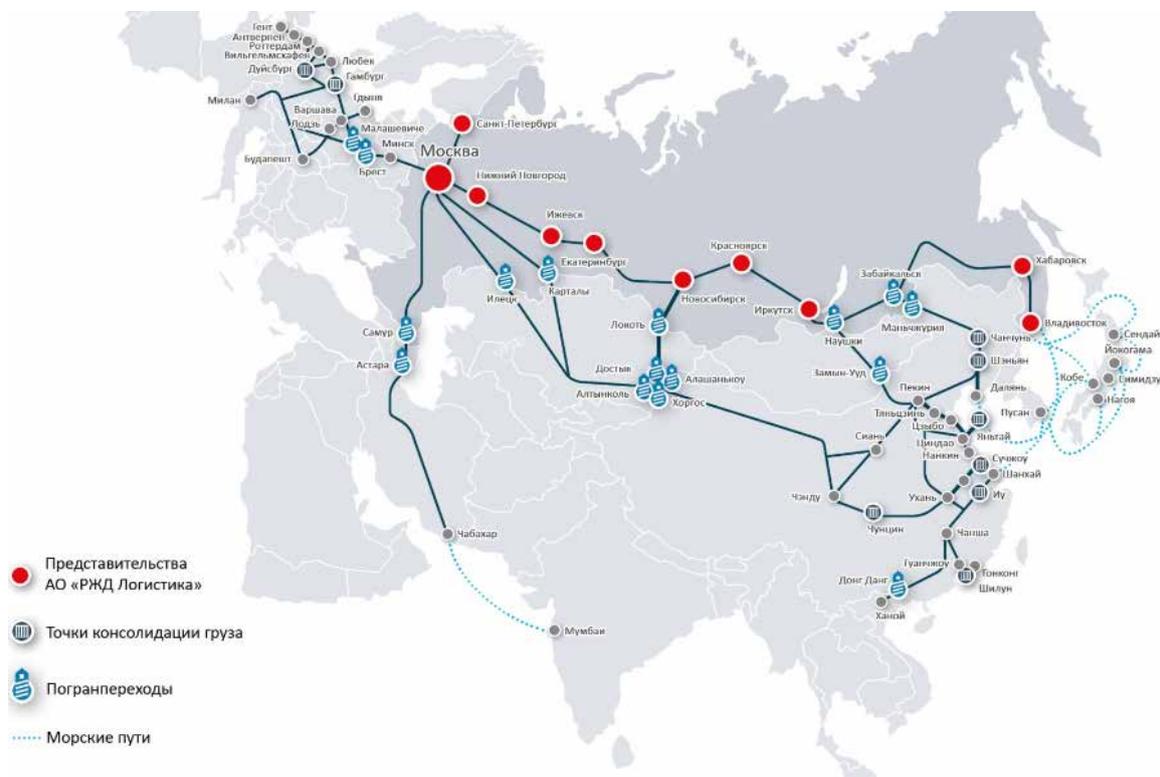


Рис. 1. Направления перевозки скоропортящихся грузов транзитом



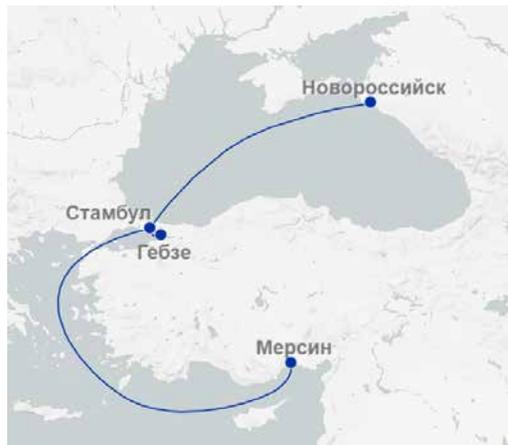
Рис. 2. Маршрут перевозки скоропортящихся грузов во Вьетнам

В начале 2023 года появилось несколько новых морских маршрутов: из северо-западных портов в Китай и обратно, из Санкт-Петербурга через Суэцкий канал. Кроме того, организовываются регулярные сервисы во Вьетнам и Турцию [1, 4].

Маршрут морских перевозок из России во Вьетнам и обратно: Владивосток – Хошимин – Хайфон – Тайчунг/Килунг – Владивосток (рис. 2).

При организации перевозки скоропортящихся грузов из России в Турцию используются два основных маршрута: Новороссийск – Стамбул – Мерсин (рис. 3, а), Новороссийск – Стамбул – Александрия (с проследованием в Египет) (рис. 3, б) [3]. Существует перспектива развития логистических схем в Египет и страны Персидского залива, особенно молочной продукции.

а)



б)

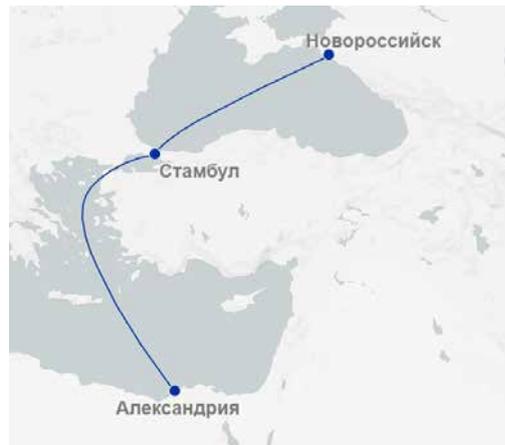


Рис. 3. Варианты маршрутов перевозки скоропортящихся грузов в Турцию  
а – первый вариант; б – второй

Железнодорожный транспорт открыл прямую перевозку мяса в Китай. Уже в первый квартал 2023 г. российские перевозчики экспортировали более 2,5 тыс. TEU мясной продукции в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Преимущественно это Китай и Вьетнам, более половины всего объема перевезено интермодальным маршрутом через порты Дальнего Востока.

В 2023 г. резко возросли поставки мяса из КНР – в Приморский край уже поступило 123 партии мяса из Китая общим весом 3 214 т (в прошлом году была импортирована 31 партия весом 757 т), а также значительно увеличился ввоз мяса из Индии – из этой страны поступило 248 партий общим весом 2 311 т (в 2022 году – 72 партии весом 531 т) [4].

В 2023 г. на рынок перевозок скоропортящейся продукции выводят «рыбный шаттл»: сервис предусматривает доставку рыбной продукции в рефрижераторных контейнерах из портов Дальнего Востока в Китай, а также из Мурманска и Санкт-Петербурга в страны Азиатско-Тихоокеанского региона без смены контейнера и зачастую без смены пломб.

Таким образом, перевозки скоропортящихся грузов востребованы грузоотправителями различных видов транспорта: железнодорожного, автомобильного, водного. Для формирования устойчивой грузовой базы на железнодорожном транспорте необходимо реализация транспортного продукта, отвечающего требованиям клиентуры в области перевозки скоропортящейся продукции: обеспечение возможности частой отгрузки небольших партий скоропортящихся грузов

в транспортных модулях – изотермических контейнерах. Этим требованиям отвечает транспортный сервис ОАО «РЖД» «Холодный экспресс».

Транспортная услуга «Холодный экспресс» – это перевозка скоропортящихся грузов в рефрижераторных контейнерах, следующих регулярными контейнерными поездами по маршруту Санкт-Петербург – Москва – Екатеринбург – Новосибирск – Иркутск – Владивосток с остановкой на промежуточных станциях. Сервис способствует увеличению объемов и регулярности перевозок. На «Холодный экспресс» оказывают влияние несколько факторов, главный – наличие груза. Объемы скоропортящихся грузов постоянно приумножаются, что обеспечивает востребованность и потребность в перевозке. Следовательно, такая технология поможет распределить и перевезти груз с наименьшими временными затратами и увеличить прибыль, а также привлечь новых клиентов. Однако «Холодный экспресс» требует немалых капиталовложений на строительство или реконструкцию контейнерных площадок. Так как скоропортящиеся грузы относятся к высококодходной категории грузов, то сама перевозка этих грузов на значительные расстояния позволяет окупить вложения в строительство и обустройство контейнерных площадок на всем маршруте следования поезда [5, 6].

Таким образом, пока нагрузка на Восточный полигон будет увеличиваться, для повышения пропускной и перерабатывающей способностей восточного направления необходимо развивать инфраструктуру и обновлять подвижной состав. На сегодняшний день основной вид транспорта здесь – железнодорожный. Перевозчики выстраивают новые логистические цепочки для поддержания необходимых объемов грузов, требующих перевозки. В частности, речь идет и о транспортном сервисе «Холодный экспресс», который значительно сокращает срок доставки грузов. Переориентация грузопотока на восток является одной из главных логистических задач, решение которой требует как быстрого, так и комплексного подхода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Информационное агентство РЖД-партнёр.ру. URL: <https://www.rzd-partner.ru/> (дата обращения: 30.10.2023).
2. Транспортный портал Gudok.ru. URL: <https://gudok.ru/> (дата обращения: 28.10.2023).
3. Международная транспортная компания FESCO [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fesco.ru/ru/> (дата обращения: 30.10.2023).
4. АО РЖД логистика. URL: <https://rzdlog.ru> (дата обращения: 29.10.2023).
5. Бондаренко, Е. М. Логистический подход при выборе варианта транспортного обслуживания производственного предприятия. Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика : М-лы XLII Международн. научн.-практ. конф. «Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной революции». – Алматы : Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, 2018. – С. 143–146.
6. Бондаренко, Е. М. Анализ возможных путей развития новых логистических технологий в современных условиях / Е. М. Бондаренко // Мировые исследования в области естественных и технических наук : м-лы VI Международн. научн.-практ. конф., Ставрополь, 30 апреля 2023 года. – Ставрополь : ООО «Ставропольское издательство «Параграф»», 2023. – С. 140–141.

УДК 656.078

## ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ С НЕПРЕРЫВНЫМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ЦИКЛОМ

Д. А. Семин, аспирант, 1 курс (научный руководитель – Т. И. Каширцева, канд. техн. наук)  
Российский университет транспорта (МИИТ), Москва

На сегодняшний день процесс доставки продукции осложняется низкой скоростью движения грузопотоков, что противоречит главному принципу транспортной логистики: организация всех перемещений с минимальными затратами, за минимально короткое время.

Поэтому многие транспортно-экспедиционные компании начали активно развивать услуги 3 PL- и 4 PL-логистики.

3 PL – комплекс услуг, включающий складирование, промежуточное хранение груза, проектирование, разработку информационных систем, в том числе с использованием услуг субподрядчиков. К основным функциям 3 PL можно отнести организацию, управление перевозками, учет и управление запасами, подготовку импортно-экспортной, фрахтовой документации, складское хранение, обработку груза, в том числе упаковку, перегрузку и маркировку, доставку продукции конечному потребителю.

4 PL – объединение всех функций участников перевозочного процесса при поставке продукции потребителю. К основным задачам 4 PL-логистики можно отнести анализ, планирование, управление и контроль за всеми логистическими процессами компании-заказчика.

Для повышения эффективности поставок продукции все больше и больше предприятий переходят на контейнерные перевозки. Несмотря на действующие санкции и логистические ограничения, они продолжают расти.

По итогам января-сентября 2023 г. по сети ОАО «РЖД» перевезено 5 444,3 тыс. ДФЭ, что на 13,1 % выше аналогичного периода 2022 г. В сентябре рост составил 14,5 %. Количество грузённых контейнеров во всех видах сообщения с начала года увеличилось на 17,6 %, превысив 4 млн ДФЭ [1].

Вследствие поиска новых рынков сбыта в Южной и Юго-Восточной Азии и выстраивания новых цепочек импорта продолжается переориентация контейнерных потоков на порты и пограничные переходы Дальнего Востока. При этом главным фактором, сдерживающим рост объемов контейнерных перевозок, несмотря на продолжающееся развитие, остается недостаточная пропускная способность железнодорожных дорог Восточного полигона, железнодорожных подходов к портам и сухопутным пограничным переходам, терминально-логистической инфраструктуры пограничных переходов. На объемы железнодорожных контейнерных перевозок негативно влияет и снижение фрахтовых ставок на фоне повышения мировой рецессии.

Одна из сложностей управления цепями поставок продукции в таких условиях заключается в изменении масштабов транспортных и производственных систем, усложнении структуры грузопотоков и несомненном повышении требований потребителей к качеству товаров и услуг.

Прорабатывается проект строительства Северо-Сибирской железной дороги. Новая дорога свяжет Транссиб, СМП и железнодорожные пограничные перевалочные переходы с Китаем. Северо-Сибирская железная дорога должна разгрузить БАМ, обеспечить дополнительные экспортные коридоры через регионы Сибири и улучшить подвоз грузов к арктическим портам. По новой магистрали повезут уголь, щебень, древесину, контейнеры и другие грузы. Также прорабатывается вопрос развития портовой и логистической инфраструктуры с учетом расширения использования Северного морского пути (СМП) [2].

Практически все крупные производственные предприятия в РФ являются предприятиями с непрерывным производственным циклом, которые напрямую зависят от своевременной поставки грузов, снабжения и вывоза готовой продукции. Однако транспортная отрасль с ее основными транспортно-логистическими системами не всегда учитывает их специфику работы. Все это влияет не только на величину расходов, но и сам процесс производства.

Транспортировку каждого вида груза необходимо рассматривать в отдельности, так как каждый груз имеет свои особенности и свою специфику перевозки, что зависит от логистической инфраструктуры и транспортных систем, задействованных в конкретной перевозке. Доставку грузов необходимо рассматривать в полном взаимодействии со всеми видами транспорта, транспортными системами и, конечно же, спросом на продукцию в определенный момент и в определенном месте.

Эффективность деятельности предприятия обеспечивается в том числе за счет грамотно выстроенной внутренней и внешней логистики. Все логистические процессы должны быть четко выстроены и обеспечивать весь процесс поставки продукции от производства до конечного потребителя.

Цепи поставок продукции предприятий с непрерывным производственным циклом включают в себя множество элементов, например: подача подвижного состава под погрузку, погрузка, возможное таможенное оформление груза, транспортировка груза, возможное хранение груза, возможная перегрузка, разгрузка.

При поставке продукции от поставщика к покупателю, как правило, применяются все виды транспорта и транспортные системы, а затраты на эти операции могут составлять до 50 % от затрат на всю логистику.

По состоянию на 2023 г., превышение транспортных расходов с использованием частных вагонов, привлеченных по рыночным ставкам для перевозок, по сравнению с полным тарифом общесетевого перевозчика составило 15,8 %. Для расчетных условий 2021 г. (до отмены понижающих коэффициентов за дальность) превышение составило 50 % [3].

По эффективности логистики Россия занимает 88 место, что свидетельствует о необходимости проработки данного вопроса с обязательным уделением внимания развитию логистической инфраструктуры и разработке методических основ развития цепей поставок продукции предприятий с непрерывным производственным циклом [4].

Для предприятий с непрерывным производственным циклом актуально развитие цепей поставок продукции. Вопрос взаимодействия производственных процессов, в том числе самого производства с транспортировкой и цепями поставок продукции недостаточно изучен с точки зрения методического подхода. Разработка методических основ позволит увязать между собой все процессы, повысить эффективность производства, выбрать оптимальный маршрут транспортировки продукции, сократить время доставки и приведет к соблюдению баланса интересов государства, населения и бизнеса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Перевозки контейнеров на сети ОАО «РЖД» в январе – сентябре 2023. Перевозки контейнеров на сети ОАО «РЖД» в январе-сентябре 2023: экспресс-анализ ИПЕМ (ipem.ru): экспресс-анализ ИПЕМ.
2. Поручение Президента РФ № ПР-2005 п. 1 д)-3, п.6. URL: kremlin.ru. (дата обращения: 31.10.2023).
3. Информационное агентство РЖД Партнер.ру. URL: <https://ipem.ru/content/perevozki-konteynerov-na-seti-oao-rzhd-v-yanvare-sentyabre-2023-ekspress-analiz-ipem/>. (дата обращения: 24.10.2023).
4. Doing Business 2023. Complaining Business Regulation in 139 Economies. – World Bank Group, 2023. – 51 p.

УДК 656.02

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ ГРУЗОВОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА И ЛОГИСТИКИ РОССИИ

И. А. Горохова, канд. техн. наук

Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород

Отечественный железнодорожный транспорт значительно уступает мировому по уровню цифровизации и логистики. Это объясняется нежеланием заказчиков инвестировать в новые сервисы, относящиеся к телеметрии объектов и управлению парками транспортных средств. Кроме этого, на темпы цифровизации влияют отсутствие национальных стандартов, которые могли бы помочь в практическом внедрении лучших решений, и недостатки нормативно-правовой базы.

Отставание от мировых лидеров не говорит о полном отсутствии цифровых технологий на российских железных дорогах. Существует программа, согласно которой к 2025 г. эксплуатационные затраты ОАО «РЖД» на информсистемы сократятся на несколько процентов (до 5 %) в год. Все благодаря улучшению операционной модели информтехнологий. Она позволит уменьшить штат IT-специалистов на 15 % и снизить расходы на закупках на 1,2 млрд руб. [3].

Цифровые технологии – это эффективный инструмент в конкурентной борьбе компаний. В РФ у РЖД конкурентов нет по определению, поэтому цифровизация транспортно-логистической сферы направлена в первую очередь на улучшение позиций на международных рынках. Решение этой задачи планируется через оптимизацию расходов. Но изменение транспортного комплекса невозможно без внедрения цифрового управления пассажирским и грузовым транспортом.

По максимуму электронные технологии будут интегрироваться в области перевозок грузов, а конечная цель – переход на полное цифровое управление. Чтобы повысить конкурентоспособность и продвинуться в вопросе цифровизации, произведено внедрение цифровой платформы транспортного комплекса. Это сложный механизм, призванный помочь в создании и использовании цифровых сервисов для нужд государства и бизнеса. Комплекс реализован в виде информационного пространства, невосприимчивого к влиянию извне. Используя все доступные ресурсы и партнерскую инфраструктуру, он призван создать набор цифровых сервисов для нужд государства и сферы бизнеса [2].

ОАО «РЖД» занимает ведущее место в ассоциации «Цифровой транспорт и логистика». Ее работа основана целиком на отечественных разработках, в том числе на российском ПО. Без этой площадки крайне сложно эффективно оптимизировать достаточно большие издержки при ведении коммерческой деятельности и госрегулировании перевозок. При формировании Big Data (большие данные) появится практическая возможность создания общей доверенной среды.

Создание единой платформы транспортного комплекса является одним из этапов реализации государственной программы Минтранса РФ «Цифровая экономика». В качестве базы здесь использована технология известного комплекса взимания платы «Платон». Успешный запуск системы произошел в 2022 г. Согласно официальным источникам, она должна помочь унифицировать все существующие транспортно-логистические решения и значительно уменьшить издержки.

В перспективе единая цифровая платформа позволит создать условия, при которых транзитные грузы будут проходить по территории России без каких-либо барьеров (юридических, административных и т.д.). Для этого необходимо довести до идеала электронный документооборот, выработать схему использования электронных пломб и реализовать концепцию «физического интернета». На пути к глобальной цифровизации ОАО «РЖД» прикладывает огромное количество усилий. В частности, принимает непосредственное участие в следующих инициативах: ускорение перемещения контейнеров на поездах, курсирующих между крупными терминалами, интермодальными

центрами и терминалами-хабами; запуск специальных контейнерных поездов ускоренного типа, передвигающихся от приграничных переходов до терминалов в морпортах; обеспечение условий для быстрого формирования контейнерных поездов, перевозящих грузы между станциями при-мыкания (интермодальные центры) и выделенными площадками грузоотправителей [1].

Среди направлений цифровизации грузового ЖДТ выделяется создание и практическая интеграция цифровых сервисов, например, электронная торговая площадка «Грузовые перевозки» (ЭТП ГП), созданная в рамках реализации программы «Цифровая железная дорога». С конца 2016 г. сервис активно тестировался, а в апреле 2017 г. был переведен в режим промышленной эксплуатации. По своей сути ЭТП ГП – это совокупность программно-технических средств и решений и организационных мероприятий. Они призваны установить централизованное взаимодействие между владельцами железнодорожного транспорта, отправителями грузов и их получателями.

Появление платформы позволило предоставить клиентам комплексную услугу с возможностью выбора составляющих. Это могут быть аренда одного или нескольких вагонов нужного типа или контейнеров; перевозка по железной дороге без ограничений по направлению и протяженности пути, с соблюдением надлежащих условий; локация для удобной погрузки и/или выгрузки; ответственное хранение грузов; разработка ТУ для перевозки любых грузов; доставка «из рук в руки»; оформление всех необходимых документов с соблюдением требований законодательства [5].

Особенность такого взаимодействия в том, что создание и согласование заказов, а также оформление необходимых бумаг проходит электронно. Отправителю груза остается только внести данные в стандартную форму. Как только заявка заполнена, ее параметры получают все связанные поставщики услуг. В этом кроется ключевая особенность работы площадки.

Получая заявки, поставщики изучают их и формируют свои предложения по предоставлению подвижного состава и осуществлению перевозок. Согласование и формирование заявок на транспортировку грузов и предоставление вагона/контейнера происходит в автоматическом режиме. Вагоны поступают в указанную локацию, где производится погрузка. По ее завершении отправителю остается только оформить специальный документ на перевозку. Во время перевозки он может использовать функцию отслеживания (доступна в личном кабинете), позволяющую в режиме реального времени определять дислокацию каждого вагона и видеть происходящие с ним манипуляции. При этом зарегистрироваться на ЭТП ГП и заключить договор на перевозку можно удаленно. Перевести средства за услуги разрешается на основании счета и акта (формируются автоматически) после поступления груза в пункт назначения [6]. В настоящее время грузоотправителям доступны на выбор две схемы оплаты: через авансовые платежи на едином лицевом счете (его можно открыть у оператора ЭТП ГП) или по счетам.

Электронная торговая площадка «Грузовые перевозки» предоставляет оператору массу преимуществ, например, простой алгоритм сотрудничества (договор-оферта); отсутствие проблем с оплатой; идеальную организацию бизнес-процессов (электронный документооборот); большая клиентская база; получение дополнительного канала со стабильной прибылью (благодаря попутной загрузке); возможность осуществлять экспедирование (что также станет статьей доходов).

Еще одно важнейшее направление цифровизации железнодорожного транспорта – технология «большие данные» (Big Data). Она представляет собой хранилища огромных объемов с разнообразными данными, технологию их быстрого поиска и анализа. Наличие структуры не имеет значения. Информация попадает в систему через сервисы «Платон» и ЭРА-ГЛОНАСС, а затем становится базой для создания электронных сервисов для сферы транспорта. Если говорить исключительно про железнодорожный транспорт, то в нем стремительно развиваются технологии сбора данных с многочисленных датчиков. Их размещают на контейнерах и вагонах, на локомотивах и т.п. Также клиенты активно используют онлайн-бронирование мест, доступное благодаря современным приложениям и продвинутым интернет-технологиям. Запросы поступают операторам или водителям, а при наличии свободные места закрепляются за грузоотправителями [4].

ОАО «РЖД» приветствует опыт других компаний, поэтому использует наработки Яндекса в сфере обработки больших объемов информации. Это позволяет оперативно реагировать на

нештатные ситуации, быстро восстанавливать инфраструктуру и устранять любые сбои. Подобный подход снижает расходы на содержание инфраструктурных объектов и повышает их безопасность.

ОАО «РЖД» осуществляет сбор данных с многочисленных датчиков и собирает их в едином дата-центре. Далее при помощи технологии Yandex Data Factory информация анализируется и используется по назначению. В обмен на свою разработку Яндекс получает доступ к внутренним сведениям, касающимся работы железнодорожного транспорта. Интернет-компания может видеть все отклонения поездов от графиков следования. Подобное взаимодействие не ограничивается Яндексом – в числе возможных партнеров рассматриваются многие другие компании, чьи разработки могут помочь в совершенствовании обработки данных.

Параллельно ОАО «РЖД» реализует важные проекты «Доверенная среда» и «Умный локомотив». Они направлены на решение двух задач: автоматизация диагностических процедур, позволяющих оценить техническое состояние, создание цифровых двойников. С их помощью можно в режиме реального времени проводить визуализацию любых (в том числе транспортных) объектов.

В конечном итоге это поможет собрать достаточную базу для проведения предиктивной диагностики техсостояния локомотивов. Дополнительным мостиком к переходу на цифровые рельсы является использование ОАО «РЖД» блокчейн-систем. Они работают в единой информационной среде и вместе с повышением эффективности цепочек поставок значительно улучшают логистику. Возможность внедрения в железнодорожные перевозки распределенного реестра упростит взаимодействие между грузополучателями, собственниками подвижного состава и грузоотправителями. Они получают возможность указывать любые данные с электронных носителей, поэтому смогут отказаться от оформления любых сопроводительных документов.

Технология позволяет быстро оформлять первичные документы в онлайн-режиме и получать данные о местонахождении вагона/контейнера. А если сюда добавить возможности ИИ, то качество планирования выйдет на совершенно новый уровень. Для ОАО «РЖД» приоритетным является блокчейн-проект от многопрофильной компании Bitfury. Разработка позволяет провести оптимизацию использования компонентов для ремонта. Секрет эффективности технологии кроется в постоянном взаимодействии участников рынка перевозок железнодорожным транспортом. Также крупнейшая транспортная компания в РФ видит большие перспективы в использовании интернета вещей (IoT). Совместно с госкорпорацией «Ростех» она намерена основать Центр разработки устройств сети LPWAN XNB и технологий в сфере интернета вещей для отечественной транспортно-логистической отрасли. Партнеры намерены создать венчурный фонд, который будет источником финансирования для ведущих организаций в сфере промышленного интернета вещей, стартапов, подготовки кадров и транспортной телематики [6].

Без IoT невозможно применять электронные пломбы, которые ставятся на все контейнеры. Вмонтированные в них датчики собирают информацию, а затем направляют ее в таможенную и налоговую службы. Такой алгоритм обеспечивает возможность точного отслеживания грузов и ведения электронного документооборота.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровизация транспортной логистики как драйвер будущего развития страны / О. Л. Домнина, В. В. Цверов, А. А. Лисин, О. В. Чувилина // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2019 : м-лы XII Международн. конф. «Научное электронное издание», Москва, 01–03 октября 2019 года / под общей ред. С. Н. Васильева, А. Д. Цвиркуна. – Москва : Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2019. – С. 668–670.
2. Домнина, О. Л. Концепция применения технологии блокчейн в транспортной логистике / О. Л. Домнина, А. В. Курманов, М. Н. Фомичев // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 6 (95). – С. 1156–1163.
3. Домнина О. Л. Цифровизация транспортной логистики как основной драйвер ее развития в период трансформации общества. URL: [http://вф-река-море.рф/2023/7\\_5.pdf](http://вф-река-море.рф/2023/7_5.pdf) (дата обращения: 18.11.2023).

4. Егоров Ю. В., Сакс Н. В. Особенности экономики цифровой железной дороги: отечественный и зарубежный опыт // Развитие экономической науки на транспорте: создание методологической основы для развития компетенций цифровизации транспортных систем : сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 132–138.
5. Павлова А. В. Современное состояние и перспективы цифровизации грузового железнодорожного транспорта и логистики России // Транспортное право и безопасность. – 2020. – № 1 (33). – С. 162–170.
6. Кокорева В. А., Якунина Т. А. Цифровая экономика в сфере железнодорожного транспорта // Новая наука и формирование культуры знаний современного человека : сборник научных трудов / под ред. С. В. Кузьмина. – Казань, 2018. – С. 198–201.

УДК 004.946

## АЛГОРИТМ ОРГАНИЗАЦИИ СБОРНЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК

П. С. Казанцева, 2-й курс (научный руководитель – Д. И. Кочнева, канд. техн. наук)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

В настоящее время большую популярность получили сборные контейнерные перевозки (LCL, от англ. Less container load).

В период активного развития малого и среднего бизнеса открытым остается вопрос о сокращении затрат на логистику. Транспортировка является наиболее дорогостоящим этапом логистического цикла. Для гибкой реакции на изменение потребительского спроса предприятия-производители переходят на работу с мелкими партиями сырья и готовой продукции. Перенос данной тенденции в логистическую сферу проявляется в повышении интереса к сборным перевозкам [1].

Сборные перевозки – это перевозки мелкогабаритных грузов различных заказчиков сборными партиями в одном направлении на одном транспортном средстве. Такой вид отправки существенно сокращает расходы на доставку каждому грузополучателю.

Перевозка LCL отличается от обычной контейнерной перевозкой не только тем, что в контейнере следуют грузы для нескольких грузополучателей, сама схема перевозки существенно отличается. Во-первых, все грузы для сборной отправки необходимо собрать на складе консолидации до отправки. После выгрузки груза на стороннем складе грузы необходимо доставить всем заказчикам «до двери».

Зачастую все сборные контейнеры вывозят на сторонний склад для расформирования, так как не все станции оснащены объемной складской мощностью.

Схема организации сборных контейнерных перевозок представлена на рис. 1.

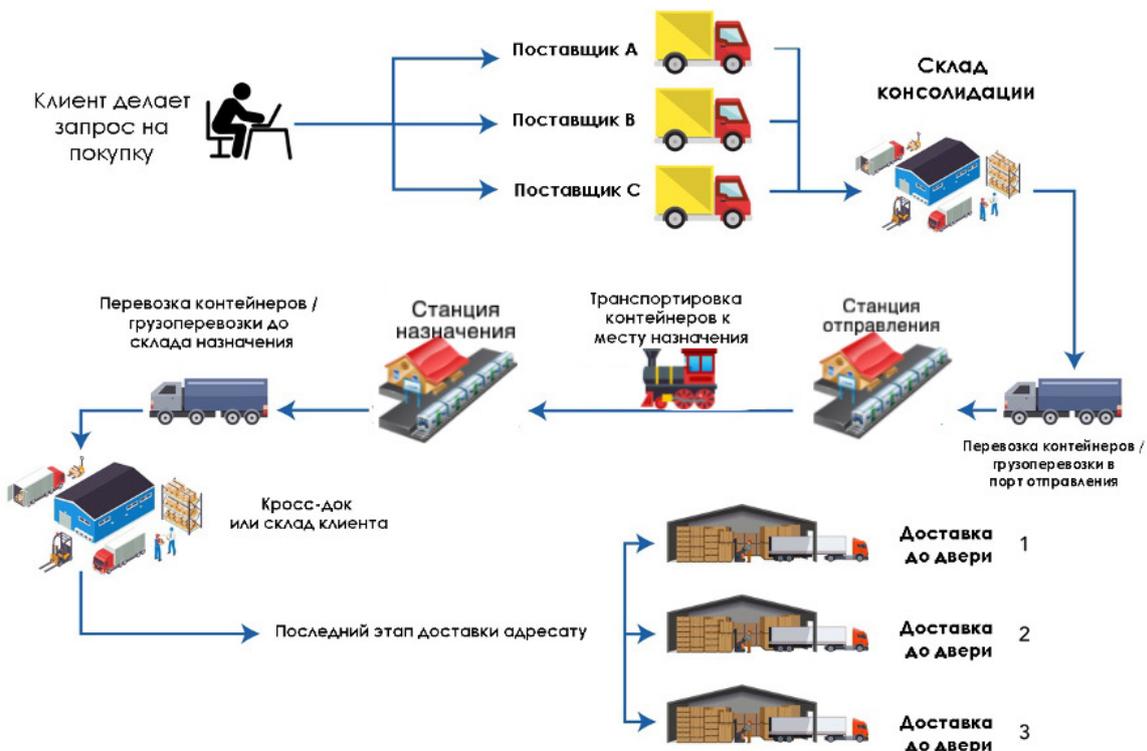


Рис. 1. Схема организации сборных перевозок

Поскольку в контейнере следует груз для разных грузополучателей, существуют ограничения для перевозимого груза. Запрещены к сборной перевозке жидкость, масло, ртуть и товары с магнитными компонентами, легковоспламеняющиеся вещества, электроприборы и взрывчатые вещества, батареи.

При сборных контейнерных перевозках используют 20-футовые (максимальная загрузка до 21800 кг, внутренний объем 30 м<sup>3</sup>) и 40-футовые контейнеры (максимальная загрузка до 25000 кг, внутренний объем 65 м<sup>3</sup>), а также специализированные контейнеры (Open Top, Hard Top, Flat Rack).

Сборную контейнерную перевозку можно организовать морским, железнодорожным и автомобильным видами транспорта.

Для организации сборной контейнерной перевозки необходимо разработать эффективный маршрут (с наименьшими затратами и с наименьшим транзитным сроком доставки). Помимо этого очень важно выбрать склад временного хранения в пункте прибытия. Поскольку у каждого склада свои тарифы, площади, то очень важно расположение.

При организации сборной перевозки необходима четкая работа всех участников перевозочного процесса. Очень важна работа агентов в пункте отправления, которые занимаются консолидацией груза, нанесением маркировки и затаркой контейнера. Если на начальном этапе перепутать маркировку или вовсе не нанести ее на груз, это повлечет за собой проблемы на складе прибытия [6–12].

Если, не соблюдая правила, груз затарить в контейнер, то это приведет к порче груза.

Маршрутизация в сложной сети – это также процесс определения наилучшего маршрута, по которому объекты или пакеты данных могут достигнуть адресата [2]. Отсюда следует, что оптимальная маршрутизация заключается в выборе оптимального маршрута из множества возможных на основе характеристик дуг и параметров оптимизации маршрута [3].

На рис. 2 представлены возможные варианты маршрута.

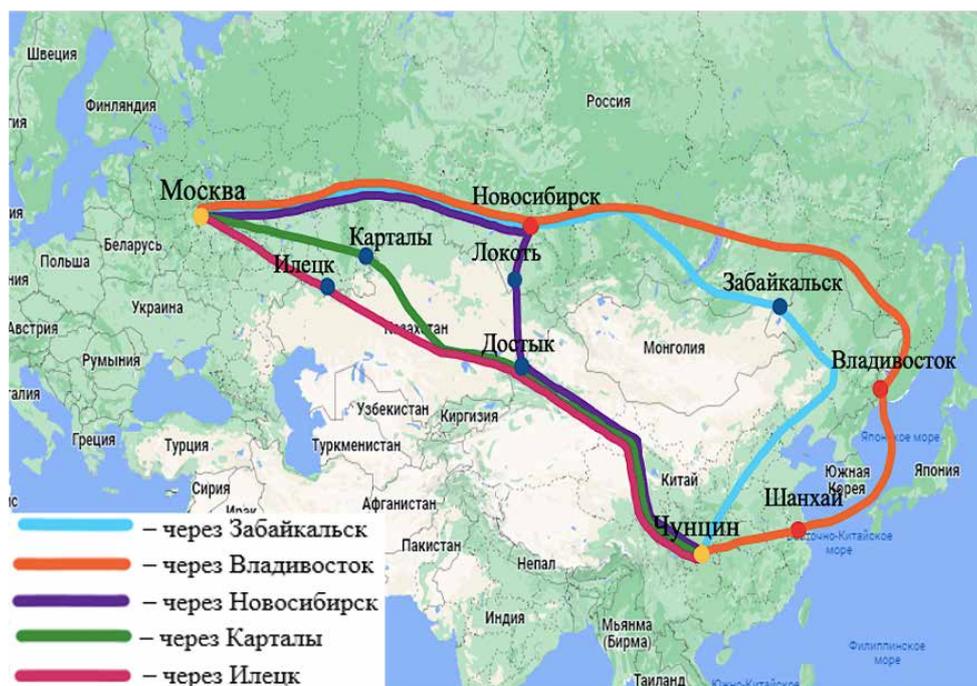


Рис.2. Возможные варианты маршрутов на карте

Точкой отправления возьмем город в Китае – Чунцин (ст. Chongqing), который расположен в центральной части страны. Конечным пунктом будет Москва (ст. Ворсино).

Здесь наиболее эффективно рассмотреть перевозку железнодорожным транспортом, но для наглядности возьмем во внимание один маршрут, для организации которого будем использовать морской вид транспорта.

В источнике [4] рассмотрены некоторые алгоритмы решения логистических задач по маршрутизации грузопотоков. Одним из наиболее эффективных алгоритмов решения задачи поиска кратчайшего пути от заданной вершины графа до всех остальных является алгоритм Дейкстры.

Для решения задачи поиска кратчайшего пути алгоритмом Дейкстры нам понадобятся данные о стоимости и времени, затрачиваемые на перевозку.

При расчете стоимости за перевозку сборных грузов ставка котируется в зависимости от объема груза, минимальная квотация – от 1 м<sup>3</sup>.

В таблице 1 представлены возможные маршруты, их стоимость перевозки за 1 м<sup>3</sup> и количество дней, затрачиваемых на перевозку.

Данные о времени и стоимости маршрутов получены на основе анализа фактических перевозок, организованных транспортно-логистическими компаниями России в 2022 г.

Таблица 1

Возможные маршруты, затраты и транзитные сроки доставки

Маршрут	Стоимость, руб./1 м <sup>3</sup>	Время, сут
Через Забайкальск	26153	34
Через Владивосток	43807	39
Через Новосибирск	22150	28
Через Каргалы	21299	26
Через Илецк	21152	27

Решение задачи поиска кратчайшего пути алгоритмом Дейкстры позволило определить две оптимальные транспортные цепи по критерию стоимости: это маршрут через Илецк, по критерию времени – через Каргалы.

На данном этапе видно насколько неэффективен маршрут через Владивосток, для организации которого используется морской вид транспорта.

Для достоверности анализа можно решить задачу методом свертки критериев [5]. Это позволит избавиться от размерности критериев стоимости и времени.

Перейдем к безразмерной величине оценки стоимости:

$$C_i^* = \left( \frac{(C_i - C_{\min})}{C_i} \right)^2, \quad (1)$$

где  $C_i$  – стоимость маршрута;  $C_{\min}$  – минимальная стоимость возможных маршрутов.

Формула оценки времени аналогична формуле (1):

$$T_i^* = \left( \frac{(t_i - t_{\min})}{T_i} \right)^2, \quad (2)$$

где  $t_i$  – время, затрачиваемое на маршрут;  $t_{\min}$  – минимальное время, затрачиваемое на возможные маршруты.

Для получения интегральной оценки стоимости необходимо сложить две оценки (стоимость и время).

Расчеты методом линейной свертки критериев представлены в таблице 2.

Итак, маршрут Чунцин – Достык – Каргалы – Москва оптимален.

Решение задачи поиска кратчайшего пути методом Дейкстры и методом линейной свертки критериев позволило выбрать оптимальную транспортную цепь.

Таблица 2

Расчеты методом линейной сверстки критериев

Маршрут	Стоимость, руб./1 м <sup>3</sup>	Время, сут	Оценка стоимости	Оценка времени	Интегральная оценка
Через Забайкальск	26153	34	0,03657	0,05536	0,09193
Через Владивосток	43807	39	0,26745	0,11111	0,37856
Через Новосибирск	22150	28	0,00203	0,00510	0,00713
Через Каргалы	21299	26	0,00005	0,00000	0,00005
Через Илецк	21152	27	0,00000	0,00137	0,00137
Минимальное значение	21152	26			0,00005

Сборную контейнерную перевозку по маршрут Чунцин – Москва оптимально осуществлять через пограничный переход Достык, который находится на восточной границе Казахстана. Далее поезд следует до железнодорожного пункта пропуска Достык (после до ст. Ворсино). Затраты на перевозку 1 м<sup>3</sup> составляют 21299 руб., время в пути 26 дн.

Оптимальная транспортная цепь доставки представлена на рис. 3.

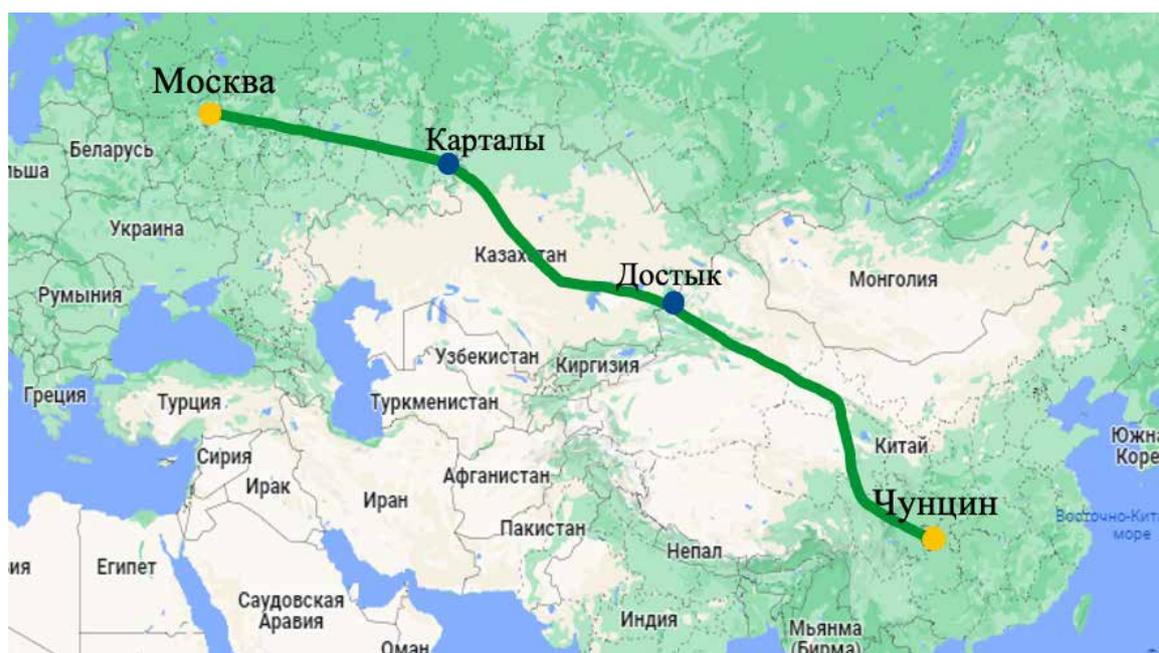


Рис. 3. Оптимальная транспортная цепь доставки груза

Таким образом, проведен анализ алгоритма организации сборных контейнерных перевозок. Рассмотрены факторы, влияющие на эффективность перевозки.

Для организации сборной контейнерной перевозки найден эффективный маршрут с наименьшими затратами и с наименьшим транзитным сроком доставки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Макаревич В. В., Демидова Е. С. Совмещение технологий контейнерных и сборных перевозок: эффект и риски. – 2019.
2. Смольянинова Е. Н., Голубева И. А. Пути совершенствования контейнерных перевозок //Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2019. – Т. 8, №. 3 (28). – С. 149–151.
3. Перепелкин Д. А. Математическое и программное обеспечение адаптивной маршрутизации и балансировки потоков данных в программно-конфигурируемых сетях с обеспечением качества сетевых сервисов : дисс. д-ра техн. наук. – Рязань : РГРУ, 2018. – 443 с. ; Дмитриев А. В.

- Принципы логистического менеджмента транспортно-экспедиторской деятельности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2013. – № 1. – С. 126–131.
4. Холопов, К. В. Экономика и организация транспортного обеспечения внешнеэкономической деятельности : учебник / К. В. Холопов, А. М. Голубчик, М. А. Исакова. – Москва : ВАВТ, 2016. – 236 с.
  5. Кочин, Ю. А. Транспортное обеспечение торговой деятельности : учебное пособие / Ю. А. Кочин, Т. В. Кочина. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 226 с.
  6. Ногин В. Д. Линейная свертка критериев в многокритериальной оптимизации // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2014. – №. 4. – С. 73–82.
  7. Кащеева, Н. В. Организация контейнерных и контрейлерных перевозок : курс лекций / Н. В. Кащеева, Р. В. Панкина. – Екатеринбург : УрГУПС, 2021. – 51 с.
  8. Кочнева, Д. И. Транспортная логистика : учебное пособие / Д. И. Кочнева. – Екатеринбург : УрГУПС, 2015. – 181с.
  9. Пункты взаимодействия на транспорте и транспортно-складские комплексы : учебное пособие / В. Е. Шведов, В. И. Иванова, А. В. Елисеева, А. Е. Утушкина ; под. общ. ред. В. Е. Шведова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 260 с.
  10. Сафиуллин, Р. Р. Грузовые перевозки : учебное пособие / Р. Р. Сафиуллин ; под. ред. Р. Н. Сафиуллина. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 284 с.
  11. Дышленко С. Г. Модели построения маршрутов в транспортной сети // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – Т. 4, № 8. – С. 48.
  12. Дмитриев А. В. Проблемы логистической координации деятельности субъектов рынка транспортно-экспедиторских услуг // Вестник Российской академии естественных наук (Санкт-Петербург). – 2014. – № 1. – С. 51–53.

УДК 004.946

## ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМ ПОТОКОМ В СИСТЕМЕ СБОРНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

И. В. Перепелкина, магистрант (научный руководитель – Д. И. Кочнева, канд. техн. наук, доцент)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Сборная автомобильная перевозка – это транспортировка в одной машине нескольких видов груза небольшого размера от разных грузоотправителей разным грузополучателям. Чаще всего перевозка сборного груза осуществляется 20-тонными автомобильными фургонами.

К особенностям сборных перевозок относят сложность их организации, они требуют знания грузов, маршрутов, особенностей оформления документов. Поэтому такую услугу предлагают только крупные транспортные компании, получающие большое количество ежедневных заявок и способные обеспечить точный расчет наполнения автотранспорта [1, 2].

Наиболее крупные игроки на рынке сборных автомобильных перевозок России: ООО «Деловые линии», ООО ПЭК, АО «ДПД Рус», ООО «Байкал-Сервис ТК», ООО КИТ.ТК, ООО «Желдорэкспедиция», ООО «Энергия» [3].

Перед всеми транспортными компаниями рынка стоит острая проблема в распределении материального потока между складами консолидации груза. Если оперативно не регулировать грузопоток, то склады будут работать с перегрузкой, а это приведет к очередям на обработку машин и задержке сроков доставки груза.

При организации доставки сборного груза в любой транспортной компании участвуют три подразделения: городская, межтерминальная и складская логистика. Подразделение городской логистики забирает груз у клиента и доставляет его получателю, складская логистика обрабатывает груз в пунктах консолидации, межтерминальная – перевозит груз от одного терминала до другого (рис. 1).



Рис. 1. Технологическая цепочка доставки груза

Шесть этапов логистического процесса доставки сборного груза: зарождение движения груза, то есть принятие на складе отправления; обработка груза на складе; отгрузка в машину; движение машины с грузом на склад назначения; выгрузка, обработка и подготовка груза к выдаче на складе назначения; завершение логистического процесса в рамках одной условной компании, то есть выдача груза клиенту.

Весь входящий материальный поток на склад подразделяется на три группы: груз, прибывший на выдачу; транзитный груз; принимаемый груз от клиента.

К исходящему материальному потоку относится отгрузка груза на выдачу в другом городе; транзитный груз; груз на выдачу клиенту в этом городе.

Задача о распределении входящего и исходящего потоков может быть решена на основе различных аналитических моделей [4–7].

Однако применение аналитических методов зачастую неэффективно и трудоемко, так как необходима регулярная обработка больших объемов данных. Задачи управления материальным

потоком в системе сборных грузовых перевозок решаются с использованием специализированного программного обеспечения.

С помощью SAP R3 можно анализировать транспортные потоки и распределять объемы груза, тем самым не позволяя складам перегружаться.

SAP – это международное программное обеспечение, которое представляет собой пакет интегрированных приложений (модулей), позволяющих планировать деятельность, учитывать действия и затраты в процессе ведения бизнеса. Система предназначена для сбора большого количества бизнес-данных для дальнейшей обработки их в режиме реального времени, когда это необходимо пользователю [8].

При помощи SAP R3 могут быть автоматизированы почти все процессы деятельности компаний, в том числе транспортные (приемка, транспортировка и выдача груза).

Программное обеспечение SAP тесно связано с терминалом сбора данных (ТСД), который сканирует каждую экспедиторскую расписку, данные о весе, объеме груза, пути следования и автоматически попадают в систему SAP.

Рассмотрим решение задачи управления материальным потоком с использованием системы SAP на примере крупной компании рынка сборных автоперевозок, которая имеет сеть складов консолидации груза. Консолидация груза – это накопление и сортировка различных грузов на одном складе, дальнейшая транспортировка их в одном направлении и на одном транспортном средстве [9].

В настоящее время в компании имеется следующая проблема: крупный пункт консолидации в Екатеринбурге работает с высокой перегрузкой в связи с большим потоком новых клиентов. Варианты решения: аренда или постройка дополнительных складских мощностей; наем дополнительных сотрудников, которые будут быстрее перегружать груз, не давая ему залеживаться; рациональное перераспределение материального потока между пунктами консолидации.

Из приведенных вариантов наиболее выгоден в экономическом плане вариант 3.

Поскольку Екатеринбург – это крупный центр для консолидации груза, который в дальнейшем распределяется по соседним меньшим городам, то есть смысл пересмотреть систему распределения и перенаправить грузопоток в конечную точку минуя склад консолидации Екатеринбурга.

Рассмотрим следующий маршрут с участием склада Екатеринбурга: Казань – Екатеринбург – Березовский (рис. 2).

Общий объем грузопотока между складами консолидации Казань – Екатеринбург за июль 2023 г. составляет 165 т и 775 м<sup>3</sup>. Со склада консолидации в Екатеринбурге груз распределяется в города Березовского направления: сам Березовский, Алапаевск, Златоуст, Когалым, Краснотурьинск, Лесной, Миасс, Новоуральск, Первоуральск, Серов, Тобольск и Урай, что составляет 57 т и 265 м<sup>3</sup>. Также из Екатеринбурга отгружаются направления Тюмени, Нижнего Тагила, Ревды и т.д., что в сумме дает 105 т и 494 м<sup>3</sup>. Далее со склада в Березовском груз отгружается в мелкие города – 55 т и 255 м<sup>3</sup>.

Анализ показал, что объем входящего и исходящего потоков в пункты консолидации примерно равен. Расхождения возникли в связи с тем, что груз кратковременно хранится на складе, прежде чем отгружается клиенту. По статистике, примерно 80 % груза выдается клиентам за три дня, еще 15 % после трех дней, 5 % за 2–3 недели после принятия груза на склад назначения.

Для перераспределения материального потока рассчитаем существующее и потребное число транспортных средств по формуле:

$$A = \frac{Q}{V \cdot k_3}, \quad (1)$$

где  $Q$  – грузопоток направления за анализируемый период (т);  $V$  – вместимость машины (т или м<sup>3</sup>);  $k_3$  – коэффициент загрузки машины (примем равным 0,75).

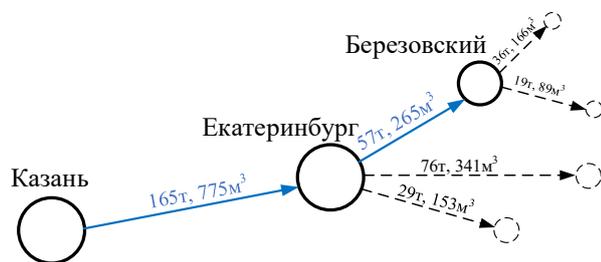


Рис. 2. Существующая схема распределения груза по маршруту Казань – Екатеринбург – Березовский

Величину  $V$  вместимости машин берем равной 20 т или 90 м<sup>3</sup>, так как чем больше грузоподъемность транспортного средства, тем меньше стоимость перевозки одного кг.

На основе приведенных данных (рис. 2) рассчитаем существующее число транспортных средств по весу и объему на участке Казань – Екатеринбург по формуле (1):

$$A = \frac{165 \text{ т}}{20 \text{ т} \cdot 0,75} = 11 \text{ ТС}; \quad A = \frac{775 \text{ м}^3}{90 \text{ м}^3 \cdot 0,75} = 11 \text{ ТС}.$$

Рассчитаем число транспортных средств на участке Екатеринбург – Березовский:

$$A = \frac{57 \text{ т}}{20 \text{ т} \cdot 0,75} = 4 \text{ ТС}; \quad A = \frac{265 \text{ м}^3}{90 \text{ м}^3 \cdot 0,75} = 4 \text{ ТС}.$$

Получаем, что груз из Казани в Березовский можно выделить в отдельное направление, на которое будет накапливаться четыре фуры в месяц (рис. 3).

В результате получаем, что склад Екатеринбурга будет обрабатывать в месяц не 11 фур по схеме на рис. 2, а 7 фур – по схеме рис. 3.

Таким образом, получаем, что груз из Казани может напрямую идти в Березовский, не заезжая в Екатеринбург. Тем самым склад Екатеринбурга не будет перегружаться лишним для него грузом в условиях критичной ситуации.

Перераспределение материального потока поможет компаниям избежать перегрузки складов, увеличения сроков доставки груза, а также уменьшения потока клиентов.

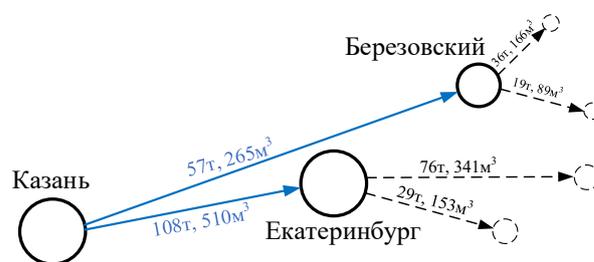


Рис. 3. Предложенная схема распределения груза по маршрутам Казань – Екатеринбург и Казань – Березовский

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Атюшев, А. К. Сборные грузоперевозки / А. К. Атюшев // Аллея науки. – 2020. – Т. 1, № 9 (48). – С. 228–230.
2. Тимралиев, И. В. Типология международных сборных грузоперевозок и особенности их осуществления / И. В. Тимралиев // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2021. – № 5 (131). – С. 207–211.
3. Рейтинг перевозчиков сборных грузов 2022 года. URL: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/general-cargo>.
4. Скачков П. П., Суворцев Г. И., Толмачева М. А. Транспортная задача линейного программирования // Методическая разработка. – Екатеринбург: УрГУПС, 2004.
5. Мещеряков Е. А., Иваненко А. Р., Ураева А. И. Математические и инструментальные методы решения транспортной задачи линейного программирования // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 7-1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskie-i-instrumentalnye-metody-resheniya-transportnoy-zadachi-lineynogo-programmirovaniya>.
6. Володина Е. В., Студентова Е. А. Практическое применение алгоритма решения задачи коммивояжера // ИВД. – 2015. – № 2-2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prakticheskoe-primeneniye-algoritma-resheniya-zadachi-kommivoyazhera>.
7. Николаева Д. С., Копылова Е. С., Бунтова Е. В. Решение задачи коммивояжера с использованием метода ветвей и границ // Human Progress. – 2018. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reshenie-zadachi-kommivoyazhyora-s-ispolzovaniem-metoda-vetvey-i-granits>.
8. Что такое SAP? Системы SAP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sap.com/central-asia-caucasus/about/what-is-sap.html>.
9. Назарук А., Комкова А. В. Некоторые аспекты консолидации на рынке логистических услуг // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 5-5. – С. 646–646а.

УДК 657.073

## ОБЗОР ПРАКТИК СОКРАЩЕНИЯ ПОРОЖНИХ ПЕРЕВОЗОК В РФ

С. В. Высотский, генеральный директор ООО «ТетраТранс», аспирант  
Д. И. Кочнева, канд. техн. наук, доцент кафедры «Мировая экономика и логистика»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Порожние перевозки в железнодорожной отрасли России остаются проблемой, приводящей к увеличению операционных затрат и снижению общей эффективности. С позиции концепции бережливого производства, порожний пробег транспорта – это потери, то есть процессы, не создающие ценность для потребителя [1].

Объективной причиной порожнего пробега вагона служит неравномерность грузопотока по направлениям. В России особенно остро эта проблема стоит для полувагонов, которые в большом объеме используются для экспорта угля. После доставки угля до порта или пограничной станции зачастую возникает ситуация, когда вагоны не могут быть загружены другими грузами и отправляются обратно пустыми.

На восточном направлении проблема несбалансированности угольного грузопотока усугубляется дефицитом инфраструктуры: ограничения пропускных способностей Транссиба не позволяют оперативно вывозить избыточные порожние полувагоны, что приводит к перегрузке портовых мощностей. Интересным решением этой проблемы стала практика погрузки груженых контейнеров в пустые полувагоны. Так, в июле 2023 г. на Дальневосточной дороге установлен суточный рекорд по погрузке: в полувагоны было погружено 594 контейнера, которые затем были отправлены в составе десяти поездов [2]. Такое решение – вынужденная мера, поскольку перевозка контейнера по параметрам экономичности и безопасности в полувагоне значительно уступает перевозке на фитинговой платформе.

Другой важной проблемой логистики угля остается смерзаемость груза в зимний период, что существенно удлиняет процесс перевалки на пунктах пропуска через границу. Кроме того, перевозка угля в открытых железнодорожных вагонах способствует высокому уровню загрязнения на транспортных маршрутах. Это подчеркивает необходимость экологически чистых методов транспортировки угля для смягчения этих значительных экологических последствий.

Контейнеризация угольной индустрии представляет собой один из перспективных подходов к решению проблемы уменьшения количества порожних отправок и сокращения времени простоя на железнодорожных станциях. Эта инициатива была испытана в 2021 г. АО «Федеральная грузовая компания» (ФГК), которая начала отправки угля в специализированных контейнерах типа Open Top [3].

Эксперимент оказался успешным. На сегодняшний день помимо ФГК такие отправления осуществляют и другие операторы, в частности, ООО «ТрансКонтейнер» и ООО «Первая грузовая компания».

Увеличить уровень контейнеризации угольной промышленности можно за счет расширения парка контейнеров типа Open Top и добавления необходимых параграфов на станциях, где они отсутствуют. При этом необходимо совершенствование тарифной системы железнодорожного транспорта: сегодня специальный тариф на перевозку угля не распространяется на перевозки в контейнерах, что сдерживает их широкое применение.

Особое внимание стоит уделить организации использования контейнеров после выгрузки угля в Китае. Важно загрузить их импортными грузами, чтобы избежать порожнего пробега контейнеров. Это становится возможным при условии взаимодействия владельцев контейнеров Open Top и представителей угольной промышленности с экспедиторами, которые смогут помочь найти грузоотправителей в Китае и наладить использование контейнеров для импортных поставок. Таким

образом, угольное производство сможет значительно сократить свои транспортные расходы за счет сокращения затрат на возврат порожнего контейнера.

Другой сегмент железнодорожной логистики, где остро стоит проблема порожнего пробега, – экспортно-импортные контейнерные перевозки. В настоящее время это особенно заметно в торговле с Китаем. Большой объем импортных товаров в контейнерах поступает в Москву и Екатеринбург, при этом экспорт из этих регионов в Китай значительно меньше. Это приводит к избыточному скоплению порожних контейнеров в Центральной России и на Урале и необходимости их транспортировки в другие регионы страны для последующей загрузки экспортными товарами. Однако, учитывая высокую загруженность железнодорожной сети и ограниченные возможности АО «РЖД» в отношении обеспечения транспортировки порожних контейнеров, появляется необходимость в поиске альтернативных решений.

Одним из таких решений может стать использование инновационного типа транспортной тары – складных контейнеров. Их основное преимущество заключается в способности трансформироваться в компактное состояние, что в четыре раза уменьшает объем занимаемого пространства при транспортировке в порожнем виде [4–5]. Это позволяет загружать на один поезд намного больше порожних контейнеров, снижая тем самым число необходимых рейсов и оптимизируя использование железнодорожной инфраструктуры.

Применение складных контейнеров может стать решением проблемы загруженности железных дорог и дефицита подвижного состава, способствует снижению затрат на логистику и увеличению скорости оборота контейнерного оборудования.

Также сокращению порожних перевозок по железной дороге способствует внедрение комплексных программных систем, реализующих алгоритмы искусственного интеллекта и обработки больших данных. Их назначение: прогнозирование прибытия порожнего подвижного состава, маршрутизация контейнерных поездов, непрерывный обмен данными между участниками рынка и другое. Современные исследования в области цифровых систем на транспорте представлены в [6–8].

Таким образом, сокращению порожнего пробега железнодорожного транспорта способствуют контейнеризация массовых грузов (в том числе угля) за счет применения специализированных контейнеров, внедрение складных грузовых контейнеров, развитие цифровых систем управления перевозками.

Решение проблемы порожних перевозок ведет к уменьшению общей стоимости логистики, снижению нагрузки на инфраструктуру и положительному воздействию на окружающую среду за счет уменьшения выбросов и загрязнений, связанных с транспортировкой грузов. Переход на более экологичные и эффективные методы транспортировки выступает не только в качестве экономической необходимости, но и в качестве вклада в устойчивое развитие общества и окружающей среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вумек Дж., Джонс Д. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании [Текст] / пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2004. – 473 с.
2. Рекорд погрузили в полувагоны // Gudok.ru. – Выпуск № 122 (27702). – 13.07.2023.
3. Холдинг «РЖД» организовал перевозки угля в Китай контейнерными поездами. URL: <https://cargo.rzd.ru/ru/9514/page/3104?id=258901> (дата обращения: 10.11.2023).
4. Зык Э. А., Суворова С. Д. Контейнерные перевозки железнодорожным транспортом: оценка состояния на рынке // Экономический рост как основа устойчивого развития России. – 2020. – С. 192–195.
5. Дорофеев А. С. Новые конструкции контейнеров для перевозки грузов // StudNet. – 2022. – Т. 5, № 6. – С. 6032–6042.
6. Веригина А. В., Никифорова А. Н. Цифровая трансформация и пути ее реализации в ОАО «РЖД» // Теория и практика общественного развития. – 2022. – № 10 (176). – С. 85–90.
7. Власова Н. В., Оленцевич В. А. Цифровизация как основное стратегическое направление для достижения устойчивой конкурентной позиции ОАО «РЖД» на транспортном рынке // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2023. – № 1 (77). – С. 127–135.
8. Кочнева Д. И., Пономарев Н. Ю. Оптимизация схемы возврата порожних контейнеров путем использования системы контейнершеринга // Инновационный транспорт. – 2023. – № 3 (49). – С. 64–68.

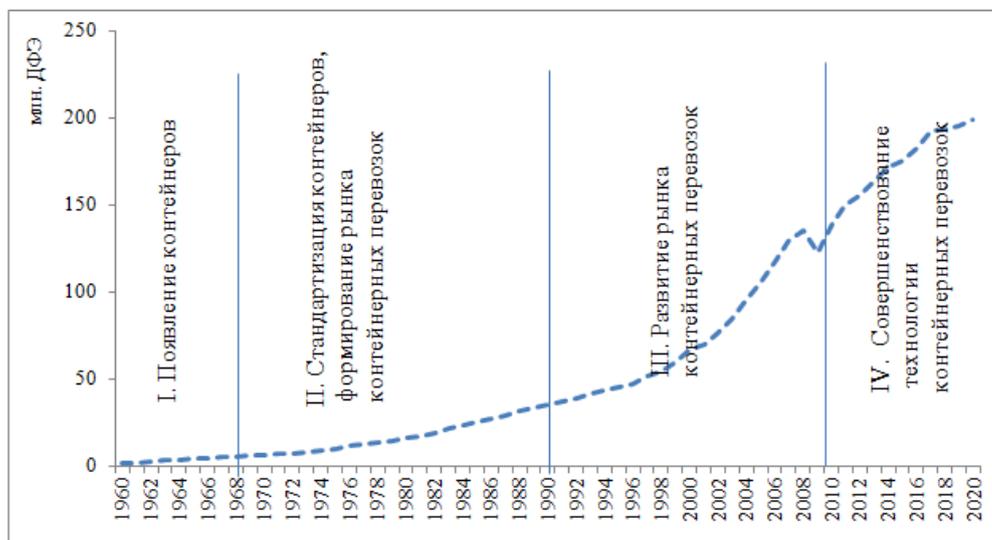
УДК 657.073

## РОЛЬ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК В МИРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

А. Д. Усатенко, магистрант (научный руководитель – Д. И. Кочнева, канд. техн. наук)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Инициация контейнерных перевозок является одним из наиболее значимых событий в развитии морских грузовых перевозок. Сегодня многие ведущие судоходные компании занимаются исключительно контейнерными перевозками.

Тенденция развития контейнеризации в мировом масштабе представлена на рис.



В начале 1950-х г. представлены первые модели контейнерных судов, разработанные для перевозки грузовых вагонов. Они использовали краны и рампы для загрузки и разгрузки. 26 апреля 1956 года состоялся первый рейс контейнеровоза Ideal X из Нью-Джерси в Хьюстон. На этом корабле разместили 58 контейнеров для груза и 15 000 нефти; грузоперевозчикам предложили скидку в размере 25 % по сравнению с конкурентами в грузовой перевозке.

В 1970 г. только 75 морских портов в мире обрабатывали контейнеры. Однако в 1980 г. их количество возросло до 269, а объем перевозок достиг 34,8 млн TEU. В 2017 г. объем мировых контейнерных перевозок составил 192 млн контейнеров. Предполагается, что в следующие десять лет контейнерные перевозки будут расти на 5–10 % ежегодно.

Процесс контейнерных перевозок берет свое начало с упаковки груза в контейнер на месте происхождения. Груз герметично упаковывают и грузят в контейнер, который помещают на грузовик-контейнеровоз, железнодорожную платформу или судно. В среднем стандартный контейнеровоз может перевезти до 15,5 тыс. контейнеров. После прибытия в порт назначения контейнеры выгружают и отправляют дальше по указанным адресам.

Основные преимущества контейнерных перевозок по сравнению с другими видами транспортировки груза – это перевозка груза в больших объемах и за короткое время, неприкосновенность груза во время перевозки и уменьшение вероятности повреждения груза в пути.

К системе контейнерных перевозок можно подключить различные виды транспорта (автомобильный, железнодорожный, речной, морской и воздушный). Контейнерные перевозки обладают множеством преимуществ, которые определяются различными характеристиками.

Ни для кого не секрет, что мелкоштучные грузы, которые в основном перевозятся в контейнерах, подвергаются переработке как минимум шесть раз. Если учесть сортировку при отправке в вагонах сборных отправок, а также хранение на складах и перегрузку на разные виды транспорта, количество грузовых операций может достигать 9–13 и даже больше в некоторых случаях.

Преимущества контейнерных перевозок превосходят затраты на создание и обслуживание парка контейнеров и специального подвижного состава, а также транспортировку пустых контейнеров и содержание работников контейнерной индустрии.

Исследования, которые направлены на анализ мирового товарооборота и достижение транспортно-экономического превосходства в перевозке стандартизированных укреплённых фрагтовых единиц при взаимодействии различных видов транспорта, создают надёжную основу для прогнозирования дальнейшего развития контейнерных перевозок.

Контейнерные перевозки постоянно совершенствуются, становятся более экономичными, снижают транспортные расходы и практически полностью устраняют физический труд на пунктах перегрузки. Грузоперевозка в контейнерах очень значима в глобальной экономике.

Контейнеры обеспечивают защиту грузов от неблагоприятных погодных условий, удобны для перегрузки с одного вида транспорта на другой и позволяют оптимизировать процесс загрузки и разгрузки благодаря стандартизации размеров и характеристик контейнеров. Все это делает контейнеры привлекательным выбором для транспортировки грузов.

Кроме этого, грузовые перевозки в контейнерах активно способствуют развитию портов и логистической инфраструктуры. Порты, которые обслуживают контейнерные суда, вкладывают средства в современные технологии и инфраструктуру, чтобы обеспечить быструю и эффективную обработку грузов. Это приводит к созданию новых рабочих мест, стимулирует развитие туризма и привлекает инвестиции в регион.

Однако контейнерные перевозки также могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду. Использование высокоскоростных судов большой грузоподъёмности приводит к интенсивному потреблению топлива и выбросу опасных веществ в атмосферу. Поэтому все больше внимания уделяется разработке экологически чистых и энергоэффективных методов транспортировки [1–8].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Емелин А. А. и Гильц Н. Е. Актуальное положение и перспективы развития контейнерных перевозок в Российской Федерации.
2. История развития контейнерных судов. URL: <https://www.timetoast.com/timelines/c51dada8-c53a-46a3-84c9-d7890e37e5c4>.
3. Кочнева Д. И. Методы и модели логистики. – Екатеринбург : УрГУПС.
4. Шевченко П. Ю. Анализ динамики и основных факторов роста перевозок контейнеров // Наука и образование сегодня. – 2018. – № 5 (28). – С. 38–40.
5. Горина В.В., Федоров М.Е. Эволюция контейнерных перевозок в России: проблемы и пути их решения // Современные условия взаимодействия науки и техники. – 2019. – С. 20–22.
6. Никода, К. В. Текущее состояние и прогноз рынка контейнерных перевозок в России / К. В. Никода // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 5 (48). – С. 46–51.
7. Антонович, К. А. Анализ контейнерных перевозок морским транспортом в международных цепях поставок: статистика и прогнозы / К. А. Антонович // Таможенные чтения-2020. Стратегия развития 2030. Вызовы времени. Наука и инновации. – 2020. – С. 15–19.
8. Ценина, Е. В. Прогноз развития рынка контейнерных перевозок Китая / Е. В. Ценина // Логистика: современные тенденции развития. – 2020. – С. 143–147.

УДК 656.078.12

# СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ КОМПАНИИ

Е. С. Ермак, 1-й курс

А. В. Вохмянина, канд. техн. наук, доцент

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Логистика включает в себя управление всеми потоками информации, планирование, транспортировку и хранение товаров. Главными факторами современной логистики служат эффективность и результативность логистических процессов при транспортировке товаров [1]. Логистические процессы охватывают многочисленные функциональные направления производственной, хозяйственной, экономической, финансовой, маркетинговой деятельности организаций.

Актуальность темы исследования обусловлена серьезными трансформациями в области цифровых технологий, обновлениями информационного сопровождения всех цепочек бизнес-процессов протекающих в транспортной, управленческой, складской, информационной логистике [2].

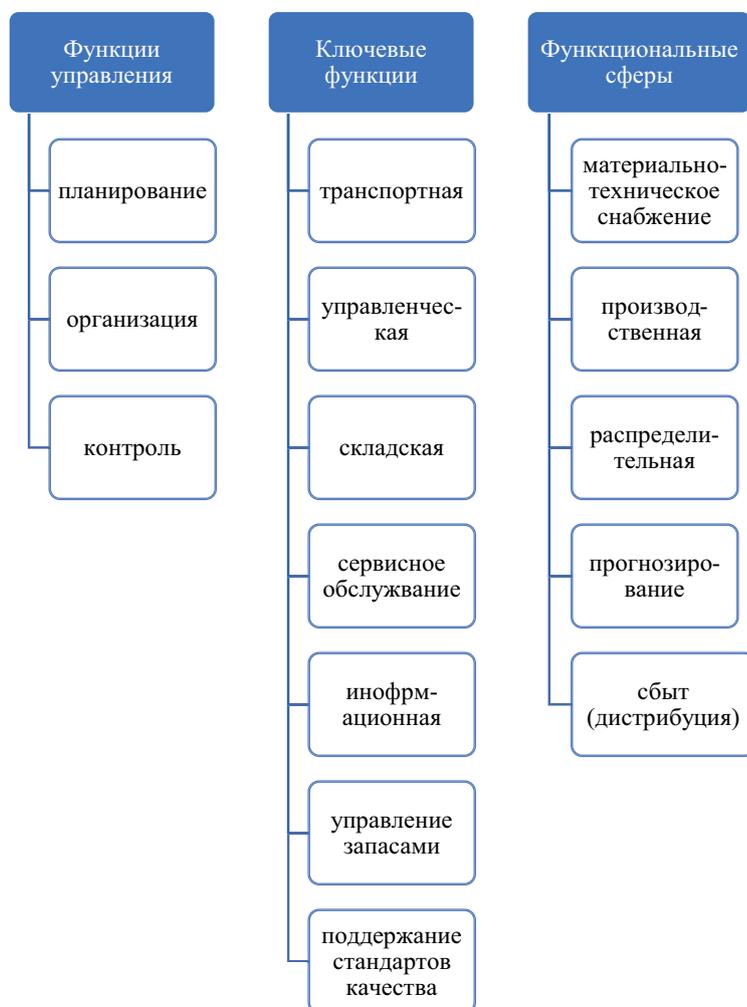


Рис. 1. Основные уровни логистики

Основные уровни логистики представлены на рис. 1.

Запросы потребителей изменяются прямо пропорционально появлению новых технологий, что приводит к изменению скорости и качества предоставляемых услуг в логистике. Оптимизировать взаимодействие структурных подразделений, вывести компанию на новый уровень, повысить конкурентоспособность можно с помощью преобразования бизнес-процессов [3].

Эффективная система обслуживания клиентов, прозрачность управленческих решений необходимы для укрепления компании на рынке и повышения уровня прибыли. Процессы, происходящие в компании, должны объединять всех участников различных подсистем и осуществлять комплексное обслуживание клиентов, что можно достичь сбором и обработкой данных как внутри компании, так и на внешнем уровне. С ростом информатизации и стремительным развитием ИТ возрастают и требования к логистике. Клиентам недостаточно быстрой доставки из одной точки в другую, клиент хочет

контролировать всю цепочку поставок и влиять на все процессы транспортировки в режиме «онлайн» [4].

Можно выделить основные узкие места в логистических бизнес-процессах [5–6]. Актуальной проблемой остается повреждение или потеря товара, что увеличивает расходы компании. Необходимо создать единую информационную систему, которая будет управлять логистическими информационными процессами, контролируя сохранность перевозки товаров и грузов с помощью структурирования потоков. Среди проблем можно выделить ведение складского учета на промышленных складах (ошибки в фактическом расположении товара, одинаковая номенклатура, в результате сотрудники не могут найти товар, что приводит к неликвиду). Решением может выступать модернизация складской работы и внедрение автоматизации процессов, что приведет к более эффективному использованию площадей хранения товаров, отсутствию ошибок при инвентаризации, снижению расходов на операционные затраты. Лишние операции и перемещения на рабочем месте приводят к снижению производительности труда, появлению брака, снижая эффективность логистических систем. Еще одним современным трендом в транспортной логистике является использование искусственного интеллекта, VR, AR-разработки, интернет вещей IoT.

Стратегические цели развития и трансформации транспортной отрасли России заключаются в разработке программы по повышению объема и скорости предоставления транспортных услуг в условиях роста цифровизации. В борьбе за клиента на рынке логистических услуг необходимо сохранение конкурентоспособности компании с помощью программ автоматизации бизнес-процессов. Внедрение информационных технологий объединяет клиентов, поставщиков, перевозчиков логистической отрасли, предоставляя каждому звену инструменты для осуществления деятельности [7].

IoT-технологии применяются у многих логистических провайдеров, что приводит к увеличению качества предоставляемых логистических услуг, более точному прогнозированию сроков поставок, повышению прозрачности всех процессов. Рынок логистических услуг изменяется с развитием технологий при помощи внедрения автоматизации за счет инвестиций, что ускоряет логистику [8]. Таким образом, использование цифровых технологий и искусственного интеллекта способствует развитию компании на рынке логистических услуг, помогая увеличить конкурентные позиции, модернизируя бизнес-процессы.

Примеры использования IoT-технологий в транспортно-логистических бизнес-процессах компании представлены на рис. 2.

Современные тренды предоставляют данные по логистическим бизнес-процессам в режиме реального времени, что позволяет оперативно реагировать на возникающие проблемы и принимать стратегически важные решения по технологическим операциями, обслуживанию и своевременной замене оборудования, а также эффективному обучению и повышению квалификации сотрудников. Развитие транспортно-логистических бизнес-процессов компании необходимо для предоставления потребителям качественного сервиса, повышения безопасности всех цепочек предоставления логистических услуг, улучшения аналитики компании. Единый и непрерывный процесс в управлении цепочками поставок логистической системы – это основа эффективного функционирования и повышения уровня деловой активности компании.

Для успешного функционирования бизнес-процессов компании необходимо адаптироваться к новым трендам, применять различные инновации, а также изменять ландшафт логистической отрасли с учетом экологической устойчивости, что позволит достичь высокой устойчивости и не потерять конкурентные преимущества на рынке логистики. При развитии транспортно-логистических бизнес-процессов компании обмен информацией должен быть открытым для увеличения надежности и прозрачности всех этапов выстраивания логистических процессов, что позволит компании сделать цепочку поставок более безопасной и приведет к улучшению качества транзакций.

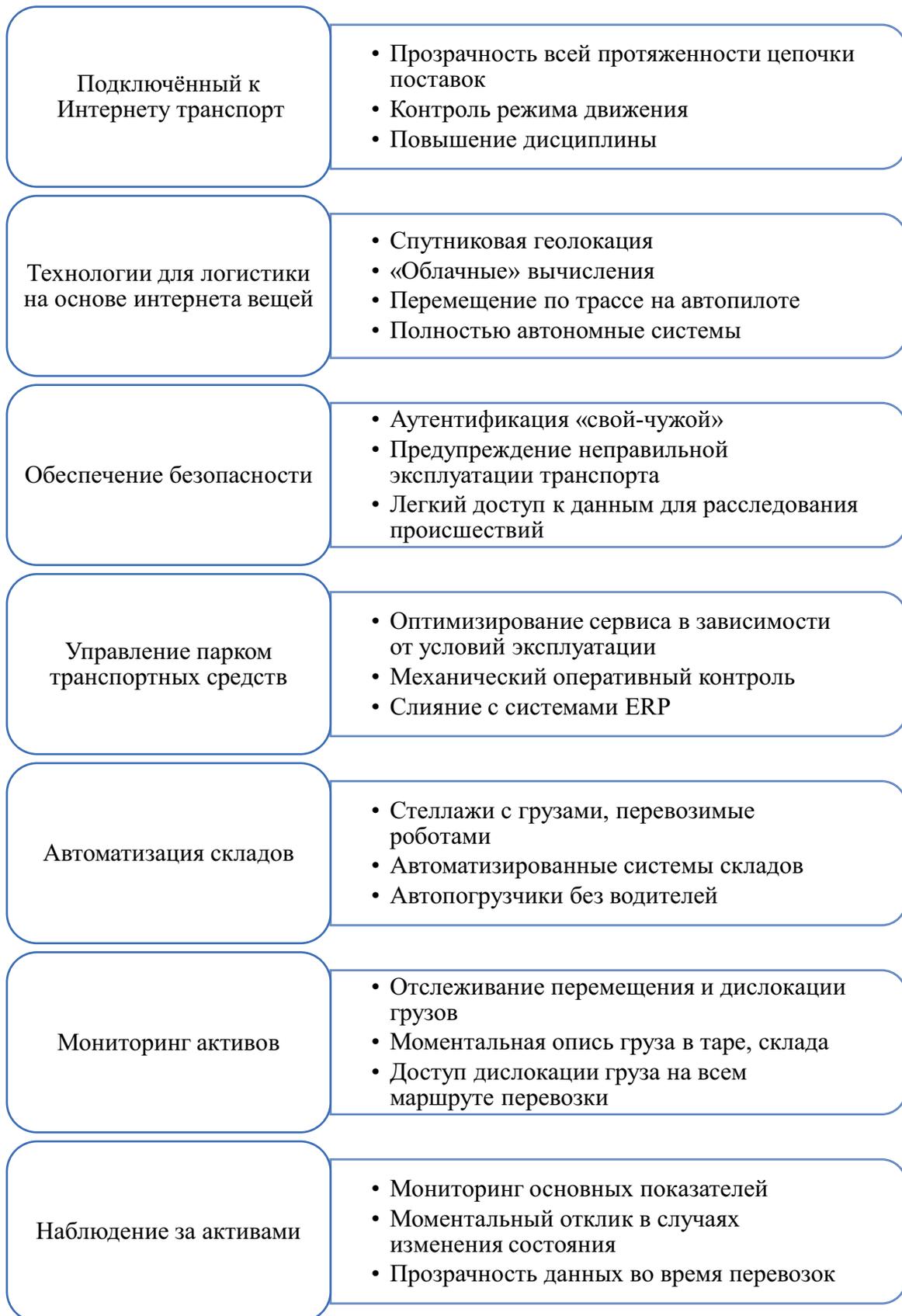


Рис. 2. Области применения IoT в транспортировке и хранении грузов

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пястолов О. А. Современные тренды развития транспортно-логистической системы России с учетом внешних вызовов и трансформаций внутреннего рынка / О. А. Пястолов, Э. А. Арустамов, С. А. Демурия, М. В. Кравченко // Отходы и ресурсы. – 2023. – Т. 10. – № 1.
2. Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.consultant.ru/law/hotdocs/63714.html> (дата обращения: 20.11.2023).
3. Сергеев В. И. Применение инновационной технологии «блокчейн» в логистике и управлении цепями поставок // Креативная экономика. – 2018. – № 2.
4. Лидеры транспортной отрасли России учредили ассоциацию «Цифровой транспорт и логистика» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mintrans.ru/transport-news/8907> (дата обращения: 20.11.2023).
5. DHL Trend Research. DHL Global Technology Conference «Augmented Reality in Logistics». – 2016.
6. Digital Transformation of Industries. Logistics Industry. World Economic Forum. 2016. P. 1–31.
7. Проект Внешнеэкономической стратегии Российской Федерации до 2030 года. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/directions/vneshneekonomicheskaya\\_deyatelnost/](https://www.economy.gov.ru/material/directions/vneshneekonomicheskaya_deyatelnost/) (дата обращения: 20.11.2023).
8. Куприяновский В. П. и др. Мобильное производство на базе совместной экономики, цифровых технологий и логистики // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – № 8.

УДК 656.2: 658.5

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК

**Б. И. Иванов**, вице-президент по производственному развитию ПАО ДВМП (FESCO), Москва

**М. И. Мехедов**, канд. техн. наук, заместитель генерального директора – директор научного Центра «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения» (НЦ «ЦМПЭ»), АО ВНИИЖТ, Москва

**В. Г. Федулин**, технический эксперт отдела развития транспортной сети и новых технологий перевозок Центра «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения» (НЦ ЦМПЭ) АО ВНИИЖТ, Москва

**А. Ю. Тимченко**, канд. техн. наук, член Совета директоров ПАО ДВМП (FESCO), Москва

**В. В. Бирюкова**, заместитель начальника отдела разработки транспортных продуктов и услуг ЦФТО

**Н. И. Камшилин**, главный технолог отдела развития транспортной сети и новых технологий перевозок Центра «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения» (НЦ ЦМПЭ), АО ВНИИЖТ Москва

Диспетчерское управление, усиленное современными IT-решениями, позволяет использовать резервы для совершенствования контейнерных железнодорожных перевозок и вносит свой вклад в развитие контейнеризации в России.

Модель динамической загрузки инфраструктуры позволяет на период выполнения запланированной перевозки обеспечивать контроль возникающих затруднений в процессе пропуска и переработки вагонов в плановом периоде с выявлением лимитирующих объектов инфраструктуры при принятии и согласовании заявок на перевозку грузов формы ГУ-12, в том числе и грузов на своих осях. Модель последовательно рассчитывает загрузку всех элементов инфраструктуры по пути следования. По итогам расчетов выдается прогноз с указанием значений загрузки и выделением критических значений. И в случае превышения нормативов заявка на перевозку не согласовывается. Предусматривается функционирование подсистемы визуализации на интерактивной карте-схеме сети железных дорог ОАО «РЖД», подсистемы поиска и предложения клиенту альтернативного маршрута следования для заявок формы ГУ-12 и запросов уведомлений [1].

Также отметим имитационную ресурсную модель использования инфраструктуры ОАО «РЖД» (АС ПРОГРЕСС), созданную для оценки возможности реализации перевозочного процесса в условиях движения грузовых поездов по расписанию. АС ПРОГРЕСС предусматривает расчет потоков поездов по назначениям с нормами веса и длины на основе моделирования продвижения расчетных вагонопотоков на инфраструктуре ОАО «РЖД» в условиях продвижения грузовых поездов по расписанию. По результатам расчетов определяется возможность обеспечения заданных размеров грузового движения имеющимися (заданными) ресурсами сети ОАО «РЖД» [2].

Так, специалисты ВНИИЖТ, используя материалы Транспортной группы FESCO, смоделировали исполненный график движения и на его основе разработали три варианта графиков следования контейнерных поездов отправлением со ст. Владивосток (ДВОСТ) и назначением на ст. Силикатная (МОСК) и обратно. Для расчета и построения графика движения поездов использованы принятые параметры нормативных графиков, включая минимальные межпоездные интервалы по нормативным графикам движения. При этом сохранилось расписание поездов пассажирских, пригородных и местного назначения, находящихся в регулярном обращении. Маршрутные скорости контейнерных поездов уточнялись по графикам исполненного движения, учитывая, таким образом, сложившиеся устойчивые условия пропуска поездов. Также были учтены дополнительные ограничения скорости, перерывы в движении при выполнении работ в «окно», в исходные данные внесены соответствующие уточнения для выполнения расчета. Имитационное моделирование вариантов организации пропуска поездопотоков по рассматриваемым направлениям было выполнено в программе «Эльбрус», которая позволяет оперативно моделировать графики движения

поездов при изменении в широком диапазоне основных показателей движения. Программа «Эльбрус» может быть применена для определения максимально возможного в обращении числа грузовых поездов на участке и направлении железных дорог, позволяет эффективно сравнивать влияние продолжительности «окон», а также количества поездов, находящихся в обращении, на основные скоростные показатели эксплуатационной работы [3].

Принцип построения первого варианта заключается в сокращении времени стоянок поездов на технических железнодорожных станциях за счет уменьшения времени на операции по смене локомотивной бригады и подготовки поезда в техническом отношении для его безопасного следования в пределах гарантийных участков. Этот вариант может рассматриваться как наиболее приемлемый в условиях постоянно растущего грузооборота. В настоящее время на железных дорогах проводится работа, направленная на сокращение стоянок контейнерных поездов под техническими операциями, и вносятся необходимые изменения в технологические процессы работы железнодорожных станций. Кроме этого, указанный вариант не ведет к съему с графика ниток грузовых поездов и не влияет на снижение пропускной способности участков, так как перегонные времена хода совпадают с временами хода движения грузовых поездов нормативного графика.

В нечетном направлении за основу принята «нитка» нормативного графика следования поезда 10 сут 3 ч 20 мин. В соответствии с разработанным вариантным графиком по указанному условию, время следования рассматриваемого контейнерного поезда составило 8 сут 1 ч 9 мин. Время следования четного поезда от ст. Силикатная до ст. назначения Владивосток по нормативному графику составляет 9 сут 22 ч 8 мин. В соответствии с разработанным вариантным графиком расчетное время следования контейнерного поезда составило 7 сут 20 ч 47 мин.

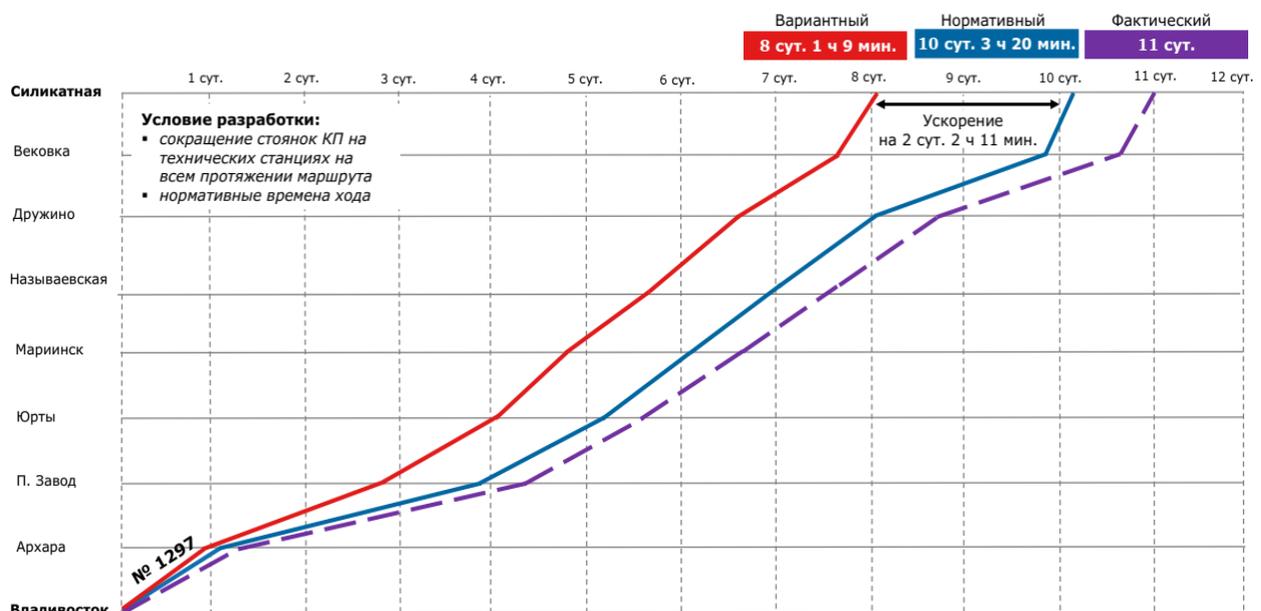


График следования контейнерного поезда по варианту 1

Второй вариант также разработан с учетом проведенного в первом варианте сокращения стоянок поездов на технических станциях, но с дополнительным условием сокращения перегонных времен хода до нормативов пассажирских поездов на участке от ст. Мариинск до ст. Силикатная. На Восточном полигоне от ст. Владивосток до ст. Мариинск время хода, учитывая сложное поездное положение и недостаточность пропускных способностей, осталось без изменения.

В соответствии с разработанным вариантным графиком, расчетное время следования рассматриваемых контейнерных поездов: в нечетном направлении от ст. Владивосток до ст. назначения Силикатная 7 сут 13 ч 1 мин, в четном направлении от ст. Силикатная до ст. назначения Владивосток – 7 сут 13 ч 7 мин.

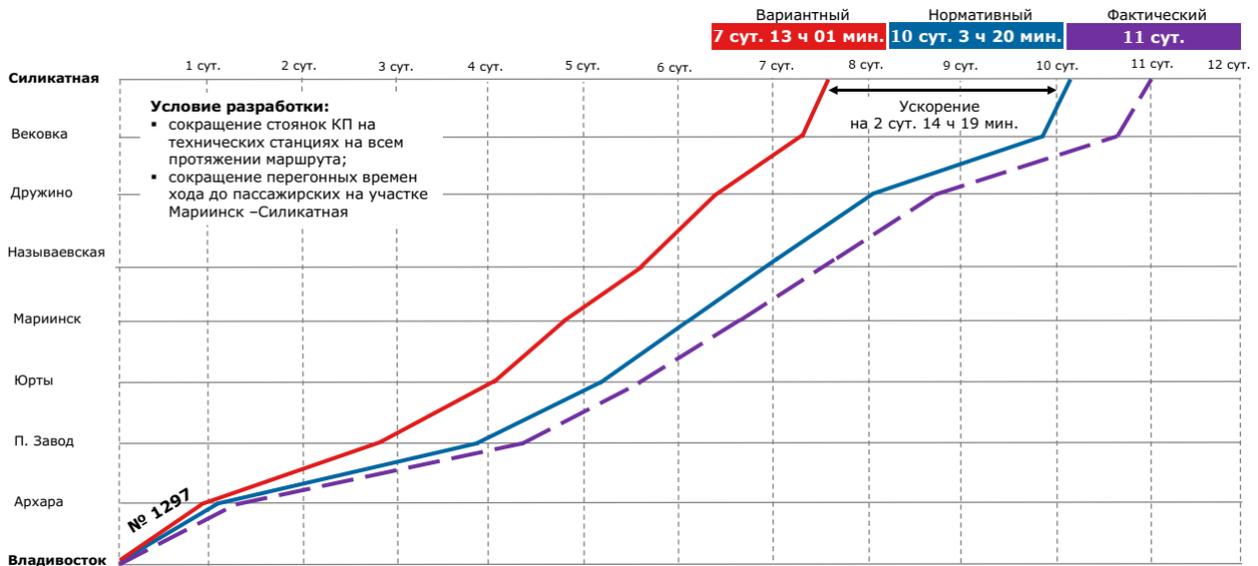


График следования контейнерного поезда по варианту № 2

Третий вариант разработан с учетом мероприятий по оптимизации графика, выполненных по второму варианту, и условием равенства времени хода грузовых и пассажирских поездов, то есть «нитки» ускоренных контейнерных поездов проложены параллельно «ниткам» следования пассажирских поездов (параллельный график) на всем направлении Владивосток – Силикатная – Владивосток как в четном, так и в нечетном направлении.

В этом случае время следования нечетного ускоренного контейнерного поезда в соответствии с разработанным графиком от Владивостока до Силикатной составило 7 сут 1 ч 54 мин – на 3 сут 1 ч 26 мин быстрее, чем нормативный график. Время следования четного ускоренного контейнерного поезда от Силикатной до Владивостока составило 7 сут 7 ч 39 мин, что быстрее нормативного графика на 2 сут 14 ч 29 мин.

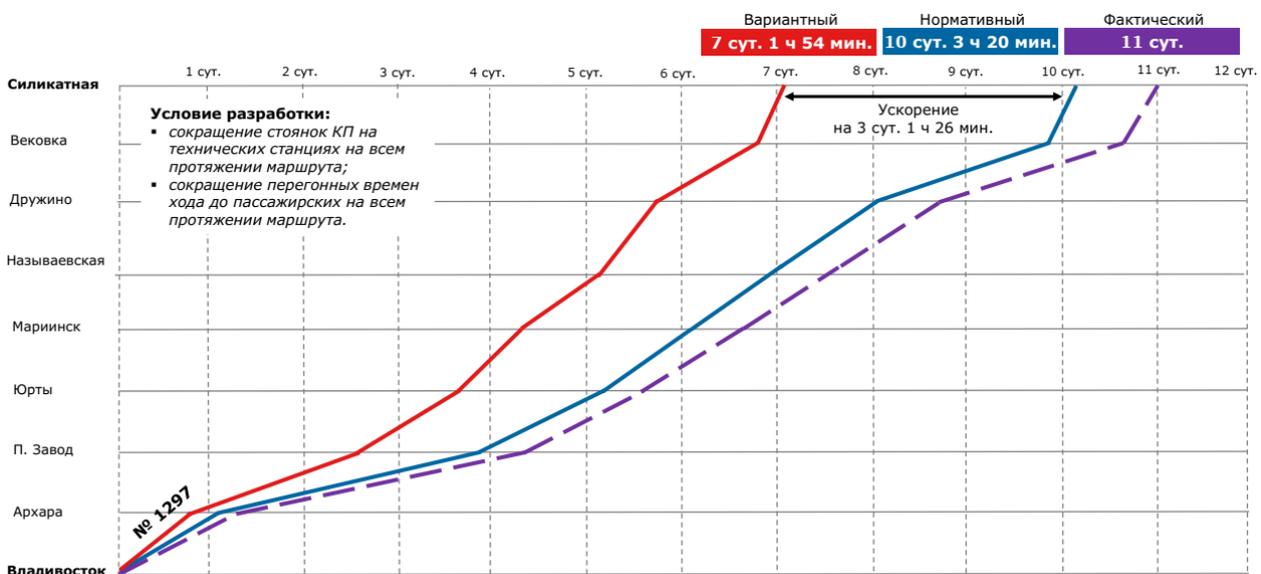


График следования контейнерного поезда по варианту № 3

Анализ графиков показывает, что наибольшего сокращения времени удалось достигнуть на дорогах Восточного полигона. На данном направлении на момент исследования имелись резервы, связанные со стоянками поездов на технических станциях. В настоящее время в связи

с увеличением объемов контейнерных поездов железные дороги уделяют большое внимание составляющей технических стоянок и вносят изменения в техническую документацию по оптимизации времени на операции по техническому осмотру и подготовке составов в рейс. Также значительное сокращение достигнуто в центральной части России.

К первоочередным мерам по сокращению времени движения контейнерных поездов на направлении Владивосток – Москва следует отнести последовательное совершенствование технологии перевозочного процесса и технических средств за счет ликвидации межоперационных простоев, ускорения поездных процессов и постепенной замены их операциями, совершаемыми во время движения. Необходимо также устранить нерациональные перемещения и стоянки груженого подвижного состава на железнодорожных станциях. Решение находится в прерогативе не только перевозчика, но и грузоотправителей, операторов и отраслевой науки, при участии которых возможны улучшения и инновации перевозочного процесса.

Целесообразно также рассмотреть варианты использования электровозов двойного питания, обращающихся по твердому графику оборота на полигонах двух-трех дорог с контейнерными маршрутами по ускоренным «ниткам» в пакете с пассажирскими поездами, с увеличенными участками обращения локомотивных бригад, заблаговременной подвязкой локомотивов и бригад на попутных станциях и минимальным временем оборота [4].

Оптимизация времени следования регулярных контейнерных перевозок за счет изыскания резервов в эксплуатационной работе должна быть выгодна как ОАО «РЖД», так и операторам железнодорожных контейнерных перевозок. ОАО «РЖД» снижает репутационные риски и при желании сможет получать дополнительные доходы от новой услуги на основе тарифов для перевозки грузов скоростью более 90 км/ч, грузоотправитель (оператор контейнерных поездов) – гарантированное снижение оборота вагона.

Необходимость сокращения времени перевозки контейнеров железнодорожным транспортом (с Дальнего Востока до западной границы Российской Федерации) до 7 суток заложена и в паспорте инвестиционного проекта «Модернизация железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей (второй этап)».

Предполагается, что реализация предложенных мер в настоящий момент невозможна без производства и поставки на сеть инновационного подвижного состава, отвечающего современным и перспективным требованиям по воздействию на путь, высокой эксплуатационной скорости движения поездов и увеличения расстояния гарантированного пробега без технического обслуживания. Совершенствование инфраструктуры и подвижного состава заложено в проекте приказа Минтранса России «О внесении изменений в приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 18 декабря 2019 г. № 405» (утвердившего Правила перевозок железнодорожным транспортом грузов в контейнерах и порожних контейнерах), определяющего порядок организации скоростных поездов, требования к подвижному составу, требования по сохранности перевозимых грузов, особенности по размещению и креплению грузов, особенности оформления накладной и условия для определения тарификации.

Также предлагается разделить перевозки контейнерных поездов на три категории: контейнерный поезд (скорость движения до 90 км/ч включительно); ускоренный контейнерный поезд 1 категории (максимальная скорость движения поезда на участках железных дорог свыше 90 до 120 км/ч включительно); ускоренный контейнерный поезд 2 категории (максимальная скорость движения поезда на участках железных дорог свыше 120 до 140 км/ч включительно).

Предлагаемые изменения правил перевозок положительно восприняты рынком контейнерных операторов. Так, FESCO как один из крупнейших игроков логистического рынка совместно с ОАО «РЖД» ведет разработку инновационной фитинговой платформы для ее использования в ускоренных контейнерных поездах категории 2.

В 2022 г. внесены дополнения в типовую технологию по формированию и отправлению поездов в рамках оказания услуги «Грузовой экспресс» в части введения положений о прицепке прицепной группы вагонов, следующих на условиях «Грузовой экспресс», в состав контейнерного поезда на станциях его технических стоянок и предоставления возможности оказания услуги для

одного грузоотправителя с одной станции отправления/формирования с дальнейшим распылением по нескольким станциям назначения в адреса различных грузополучателей.

У большинства операторов уже действует собственная диспетчеризация с акцентом на коммерческие операции с ОАО «РЖД», в первую очередь электронный документооборот. Предположим, что помимо имеющейся информации операторам станет доступна получаемая в режиме реального времени аналитически обработанная информация, необходимая для контроля «ниток» графика их поездов, с возможностью оперативного обмена сообщениями с перевозчиком в случае любых внештатных ситуаций для обеспечения ввода в график опаздывающих поездов.

В этом, на наш взгляд, и заключается реализация стратегии WINWIN между ОАО «РЖД» и клиентами. Когда перевозчик создает ещё большую прозрачность технологического процесса по маршруту следования операторов и грузовладельцев, тем самым приглашая их к участию, минимизируя затраты на развитие коммерческой диспетчеризации перевозчика. Взаимодействие основывается на информационной поддержке перевозочного процесса, прогнозировании и оперативном оповещении ответственных специалистов перевозчика. Задача технологии и регламента взаимодействия, при составлении которого могут участвовать все участники рынка, – не допустить хаоса и случаев, когда в деятельность перевозчика грубо вмешивается другой участник перевозки, озабоченный только своей зоной ответственности и не видящий общей поездной обстановки на сети [5–7].

Авторы убеждены, что вопросы выделения контейнерных перевозок в отдельный вид движения с приоритетом после пассажирских поездов с обеспечением выполнения графика движения поездов являются актуальными и требуют согласованных действий всех участников транспортно-логистического рынка внутрироссийских перевозок грузов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Осьминин А. Т., Кабанов А. В. Динамическая модель загрузки инфраструктуры ОАО «РЖД».
2. URL: [http://iirt.com.ru/as\\_iirt.html](http://iirt.com.ru/as_iirt.html) (дата обращения: 19.05.2022).
3. Мугинштейн Л. А., Анфиногенов А. Ю., Кирякин В. Ю., Виноградов С. А. [и др.]. Имитационное моделирование в задачах организации движения поездов. – М. : Интекст, 2012. – 56 с.
4. Шапкин И. Н., Вдовин А. Н. Ускорять продвижение контейнерных поездов // Железнодорожный транспорт. – 2021. – № 6. – С. 22–25.
5. Виноградов С. А., Мехедов М. И., Вакуленко С. П., Якубень А. Ю. Перспективы развития ускоренных грузовых перевозок // Железнодорожный транспорт. – 2021. – № 4. – С. 10–15.
6. Роменский Д. Ю., Шведин К. И., Насыбуллин А. М., Роменская М. В. Критерии выбора железнодорожных станций для размещения грузовых терминалов по обработке контейнерных поездов «Холодный экспресс» // Вестник ВНИИЖТ. – 2021. – № 80 (2). – С. 100–107.
7. Huang, Xiaoling, Wang, Yawei, Guo, Jiewei, Chen, Jihong, Luo, Jack Xunjie «Port before Factory» Mode Based on Symbiosis Theory, 2019 5th international conference on transportation information and safety (ictis 2019), Liverpool, ENGLAND, JUL 14-17, 2019 . 626–632.

УДК 004.89

## ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ В ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЯХ

А. В. Петрова, канд. экон. наук, доцент кафедры «Мировая экономика и логистика»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Возрастание численности населения в крупных городах и городских агломерациях, увеличение количества транспортных средств, обеспечивающих перемещение грузов и пассажиров, а также повышение плотности и интенсивности движения транспортных потоков требуют соответствующего управления и администрирования. Решить эти задачи позволяет современная интеллектуальная система управления движением транспорта.

Интеллектуальная система управления использует инновационные разработки в моделировании транспортных систем и регулировании транспортных потоков, объединяет современные информационные и телематические технологии и предназначена для автоматизированного поиска и принятия к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортно-дорожным комплексом региона, конкретным транспортным средством или группой транспортных средств с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта [2].

Потоки транспорта, которые различаются между собой направлением и скоростью движения, в большинстве аккумулируются в крупных городах и агломерациях. Под городской агломерацией понимается компактное территориальное скопление населенных пунктов, в основном городских, объединенных различными связями, такими как производственные, транспортные, экономические, трудовые, культурные, рекреационные и др. [1, 4]. В зависимости от планировки города-ядра, количества городов-спутников, особенностей местности, конфигурации функциональных зон, численности населения и плотности застройки различают моноцентрические и полицентрические городские агломерации. Но помимо этих основных видов выделяют такие типы агломераций, как лучевая, рассеянная, радиально-кольцевая, линейная, сегментная, агломерации второго типа.

Для формирования и дальнейшего внедрения интеллектуальной транспортной системы в управление потоковыми процессами городских агломераций необходимо подготовить заявку и соответствующие документы для подачи их в Росавтодор.

Одним из таких документов является пояснительная записка, включающая несколько показателей, определяющих проблематику организации дорожного движения и уровень готовности агломерации к применению современных технологий администрирования транспортной сферы. К таким показателям относятся показатели, демонстрирующие уровень обеспечения безопасности дорожного движения, уровень транспортного планирования в городской агломерации, уровень ресурсного обеспечения инженерных систем и др.

Для расчета указанных показателей необходимы данные и расчетные значения конкретной городской агломерации, в частности, следует рассчитать долю светофорных объектов, установленных в городской агломерации, подключенных к центру управления дорожным движением; определить охват магистральных городских дорог в городской агломерации техническими средствами сбора данных о параметрах дорожного движения; долю подвижного состава общественного транспорта, обеспечивающего передачу данных о местоположении и заполняемости пассажирами; также важны наличие подсистемы метеомониторинга, диспетчеризации управления служб содержания дорог и др.

Анализ и оценка текущего состояния сферы транспорта в агломерации позволяют учесть достигнутый уровень качества и безопасности организации дорожного движения и все его структурные элементы (рис.).

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА АГЛОМЕРАЦИИ

**Дорожная инфраструктура:** дороги, мосты, тротуары, тоннели, светофоры, дорожные знаки, разметки

**Транспортные средства:** городской пассажирский транспорт, грузовой транспорт, личный транспорт, специальный транспорт

**Технические устройства:** камеры видеонаблюдения, детекторы трафика, "умные светофоры", электронные устройства оплаты, информационное табло, паркоматы

**Центр сбора, обработки, хранения, мониторинга и анализа данных** дорожного движения

**Центр управления** и коммуникативного взаимодействия с участниками дорожного движения

Структурные элементы интеллектуальной транспортной системы агломерации (составлено автором)

Базовыми составляющими элементами транспортной системы являются дорожная инфраструктура и транспортные средства. Именно эти элементы обеспечивают основное движение потоков в агломерациях, от их количества и качества зависит в целом скорость движения и загруженность улично-дорожной сети и автомагистралей. Формирование и эффективная реализация интеллектуальной транспортной системы требует внедрения считывающих и фиксирующих технических устройств, которые способны осуществлять сбор и хранение информации, поступающей в реальном режиме времени с дорожной сети агломерации. Таким образом, интеллектуальная система позволяет оперативно регулировать движение транспорта в зависимости от загруженности дорог в определенные временные промежутки посредством режима «зеленой волны» работы светофоров, построения оптимальных маршрутов объезда затрудненных участков дороги маршрутным транспортом, фиксировать нарушения правил дорожного движения со стороны как водителей, так и пешеходов.

Помимо регулирования самих транспортных потоков особо важно своевременно информировать пассажиров и водителей об изменениях ситуации на дорогах из-за дорожно-ремонтных работ или изменившихся метеоусловий, затрудняющих движение транспорта, ухудшающих видимость на проезжей части. Эту функцию выполняет центр управления и коммуникативного взаимодействия со всеми участниками дорожного движения за счет размещения актуальных сообщений на информационных табло и приложениях сервисной поддержки. Современная интеллектуальная система позволяет организовать систему сбора платежей не только за проезд на общественном транспорте, но и бесконтактный сбор платежей в ситуации перемещения по платным дорогам или за пользование услугами платных парковок, что, в свою очередь, позволяет сократить время на выполнение данной операции и ускорить движение пассажиров и водителей в запланированном направлении [3, 5, 6].

В целом интеллектуальная система управления движением в транспортной сфере агломераций позволяет существенно повысить организацию движения транспортных, пассажирских и пешеходных потоков, обеспечить безопасность перемещения на дорогах, сформировать правомерное поведение участников дорожного движения. Поэтому именно объективная оценка функционирования транспортной системы агломераций в конкретный момент времени позволяет детально проработать все технические и инженерные вопросы внедрения интеллектуальной системы в будущем.

Для этого предусмотрено заполнение специальной формы при подаче заявки в Росавтодор с рассчитанными критериями эффективности транспортной системы агломерации и возможными

источниками финансирования данного проекта. В дальнейшем предусмотрена балльная оценка и ранжирование представленных проектов для принятия решения первоочередности о реализации интеллектуальной транспортной системы конкретной агломерации.

В итоге грамотно выстроенная интеллектуальная система в увязке с синхронизацией транспортных и информационных потоков позволяет создать эффективную систему управления движением с точки зрения безопасности, времени, затраченным пассажирами и транспортными средствами в пути, и скорости движения транспорта в городских агломерациях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гвоздева М. А., Казакова М. В., Поспелова Е. А. Подходы к определению агломерации // Российское предпринимательство. – 2016. – Т. 17, № 24. – С. 3505–3514.
2. ОДМ 218.9.011–2016.
3. Постановление Правительства РФ от 30 ноября 2022 г. № 2198 О внесении изменений в государственную программу РФ «Развитие транспортной системы».
4. Рамазанов, М. А. Подходы к определению понятия «городская агломерация» и выявление агломерационных эффектов / М. А. Рамазанов // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 8 (109). – С. 532–537.
5. Распоряжение Минтранса России № АК-60-р от 25.03.2020. Методика оценки и ранжирования локальных проектов в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги».
6. Распоряжение Минтранса России от 21 марта 2022 г. № АК-74-р. Об утверждении методических рекомендаций по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов российской федерации на получение иных межбюджетных трансфертов из федерального бюджета бюджетам субъектов российской федерации в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы РФ «Развитие транспортной системы».

# ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

УДК 656.022.8

## ТЛЦ «УРАЛЬСКИЙ» КАК КЛЮЧЕВОЙ ОБЪЕКТ ПРОЕКТА «СУХОЙ ПОРТ “ЕКАТЕРИНБУРГ”»

П. А. Коршунова, 5 курс, факультет управления процессами перевозок

О. В. Молчанова, канд. техн. наук, доцент кафедры «Станции, узлы и грузовая работа»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Активно увеличивающийся контейнерооборот приводит к нехватке технологических возможностей транспортной инфраструктуры восточной части России [1]. Устойчивый рост перевозок грузов в контейнерах на 0,4 % в 2022 г. представлен на рис. 1 [2].

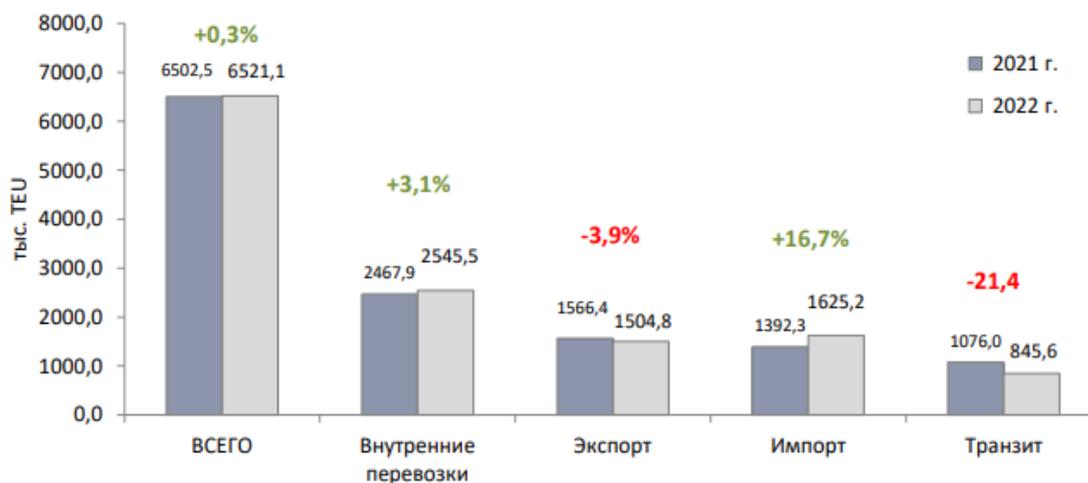


Рис. 1. Перевозка контейнеров по сети РЖД в 2022 г. в сравнении с 2021 г.

Рынок контейнерных перевозок в России растет главным образом из-за необходимости поставок товаров из Китая, так как на данный момент это единственный доступный альтернативный Европе источник. Сегодня мы наблюдаем постепенную китаизацию экономики России (это перечень товаров от повседневного спроса до китайских автомобилей). И уже к концу этого года импорт китайских товаров может достигнуть 45–60 %. Кроме того, грузовые районы, переданные от РЖД, ограничены по территории. Поэтому сегодня возникает острая необходимость строительства новых современных терминалов.

Для того чтобы сократить сроки доставки, уменьшить избыточное перемещение грузов через порты Дальнего Востока или некоторые сухопутные пункты пропуска через государственную границу РФ, целесообразно располагать транспортно-логистические центры на Урале.

В настоящее время актуальным вопросом является реализация проекта «Сухой порт» в Екатеринбурге, который станет транспортным узлом УрФО для выхода Северного широтного хода и Транссибирской магистрали к Каспийскому морю и Северному морскому пути, что позволит в дальнейшем осуществить двусторонний транзит грузов с Южной и Юго-Западной Азией.

На Среднем Урале имеются все необходимые условия для реализации проекта: развитая сеть железных дорог (Свердловская магистраль обеспечивает 11 % погрузки РЖД), сложившаяся сеть автодорог федерального значения [3], а также крупный международный аэропорт Кольцово [4].

Сейчас Свердловская железная дорога создает условия для отправки грузов в контейнерах с площадок, где раньше такой возможности не было (рис. 2).

В 2023 г. специалисты Свердловской железной дороги разработали 31 новый маршрут для ускоренных грузоперевозок, в их числе 23 контейнерных поезда, формирование которых предусмотрено на станции А с примыкающим к ней терминально-логистическим центром «Уральский», который является ключевым объектом проекта «Сухой порт Екатеринбург».

Создание Центра происходит поэтапно. В результате первого этапа введен в действие контейнерный терминал мощностью 300 тыс. TEU в год (11.2022). Полное развитие проекта запланировано на 2024 г., тогда проектная перерабатывающая мощность увеличится до 600 тыс. TEU в год [5].

Цель создания ТЛЦ «Уральский» – это продвижение экологически чистого железнодорожного вида транспорта («зеленая логистика»), а также современных мультимодальных логистических технологий, ускоряющих товародвижение и исключаящих риски неблагоприятного влияния на окружающую среду [6].

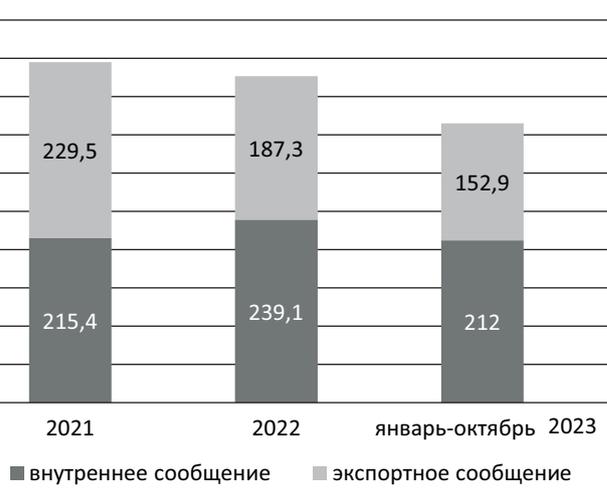


Рис. 2. Диаграмма перевозки контейнеров на Свердловской железной дороге, тыс. TEU

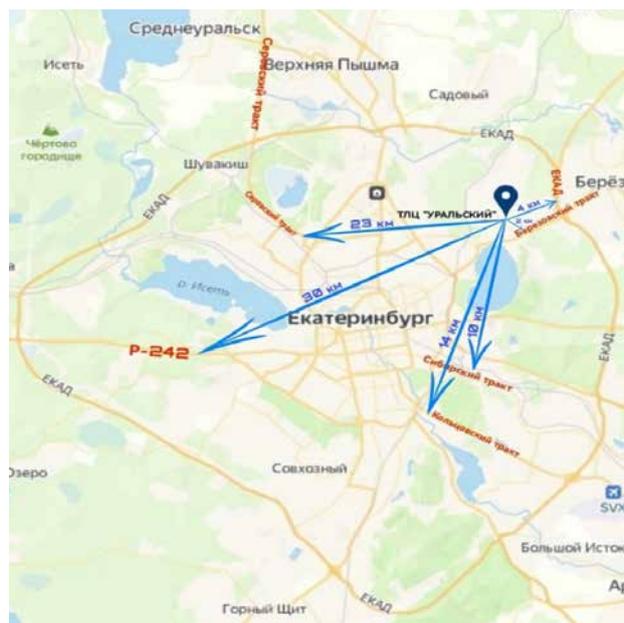


Рис. 3. Транспортная доступность ТЛЦ «Уральский»

Приоритеты при создании ТЛЦ: повышение качества и культуры обслуживания, а также доступности предоставляемых услуг; развитие «зеленой логистики» как способа минимизации воздействия на экологию; снижение логистических издержек; разработка удобной логистики для компаний, пользующихся услугами ТЛЦ; обеспечение новых рабочих мест [7] и как следствие повышение уровня жизни населения Свердловской области; разгрузка улично-дорожной сети.

ТЛЦ находится на северо-востоке Екатеринбурга, в 4 км от Екатеринбургской кольцевой автомобильной дороги, что позволяет минимизировать «автомобильное плечо» на первой и последней милях. Он обособлен от пассажирского железнодорожного сообщения, но при этом имеет хорошую транспортную доступность к ключевым магистралям (рис. 3).

Контейнерный терминал с развитой современной железнодорожной инфраструктурой способен уже сегодня обслуживать одновременно несколько полносоставных контейнерных поездов длиной в 71 условный вагон.

На терминале имеется современная погрузочная техника; электрифицированный железнодорожный парк полносоставных контейнерных поездов, минимизирующий использование тепловозной тяги; специализированные технологические парковки для грузовиков в ожидании погрузки-выгрузки; электрифицированная площадка для подключения рефрижераторных контейнеров, а это значит, регион будет принимать и отправлять скоропортящиеся грузы высокого качества [5].

Такая инфраструктура предоставляет возможность уже сегодня обрабатывать более пяти пар полносоставных контейнерных поездов в сутки, а в планах – увеличить их число до 12–16 составов. Время обработки одного контейнерного поезда не превышает 1,5 ч.

В апреле 2016 года в России вступило в силу межправительственное соглашение о «сухих портах», которое определяет их как «место внутри страны с логистическим центром, соединенным с одним или более видами транспорта, предназначенном для обработки, временного хранения и предусматриваемого законом осмотра грузов, перевозимых в процессе международной торговли и совершения применимых контрольных функций и формальностей» [8].

Таким образом, предоставляя услуги по железнодорожным перевозкам (формирование регулярных контейнерных поездов, обработка всех видов контейнеризованных грузов, включая рефрижераторные, комплексное терминальное обслуживание), складской логистике, техническому обслуживанию (ремонт контейнерных составов и отцепочный ремонт платформ), таможенному оформлению, ветеринарному и фитосанитарному контролю и т.д., ТЛЦ «Уральский» вправе уже сегодня считаться значимым проектом по созданию в центре страны мощного логистического хаба.

ТЛЦ «Уральский» включен в перечень системообразующих организаций транспортного комплекса РФ.

Терминал работает в тесной связке с ОАО «РЖД». Опорной железнодорожной станцией для ТЛЦ является станция А Свердловской железной дороги, которая находится в 7 км от него (рис. 4).

В дальнейшем планируется, что именно станция А будет центром распределения контейнерных грузов по регионам Урала, Сибири и Поволжья, а также платформой, обеспечивающей перевозки по международному транспортному коридору Север – Юг.

Поэтому в развитие инфраструктуры общего пользования станции А вкладывается много сил и средств: выполнен капитальный ремонт путей с переводом на железобетонное основание, уложены дополнительные съезды, завершается строительство нового электрифицированного приемоотправочного парка.

Регулярное движение поездов от станции к ТЛЦ открыто с 1 ноября 2022 г. [9], а в начале 2023 г. работа терминала показала внушительные результаты: объем перевалки грузов вырос уже до 1 млн т. Проектная мощность площадки составляет 143 млн т. Поэтому есть куда расти.

Основные источники импортных грузов – это Китай, Тайвань, Индия, Индонезия, Пакистан и Иран. ТЛЦ «Уральский» обеспечивает прямое сообщение со странами Восточной Азии, прежде всего с Китаем через сухопутные пограничные переходы и порты Дальнего Востока, что способствует снижению логистических издержек клиентов железнодорожного транспорта. Это достигается тем, что поезда, прибывающие с Дальнего Востока, проходят таможенный контроль в режиме внутритаможенного транзита, как и прямые поезда по сухопутным переходам.

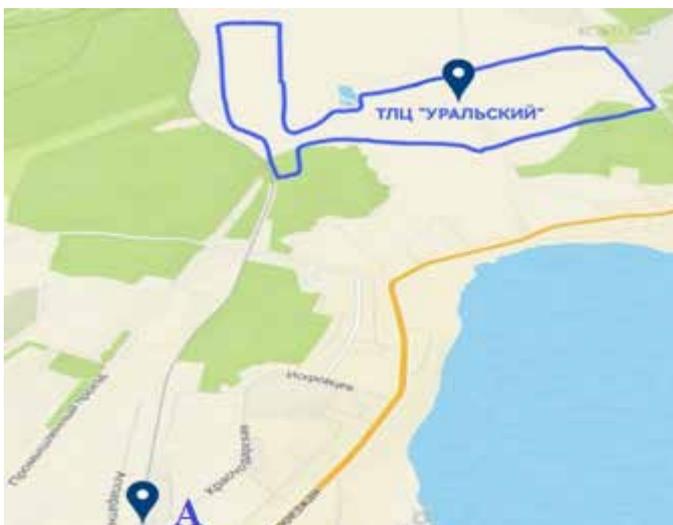


Рис. 4. Расположение станции А относительно ТЛЦ «Уральский»

Помимо этого идет активное расширение сотрудничества с предприятиями на основе принципов «сухого порта», которые в своей совокупности способствуют снижению транспортной составляющей в конечной цене продукции. Были заключены соглашения о сотрудничестве с АО «Соликамскбумпром» о формировании составов контейнерных поездов для подачи их по согласованному графику под погрузку на станцию Соликамск [10]; ООО «Сибур» для вывоза продукции предприятий холдинга «Сибур» в сформированных на станции А контейнерных поездах по согласованному графику; ООО «Логопер» планирует организацию перевозки контейнеров в полувагонах на ежедневной основе [5].

В основе лежит технология задействования порожних полувагонов, образующихся в портах после выгрузки угля, которая позволяет снизить загрузку портов Дальнего Востока и необходимость отправки туда порожних фитинговых платформ [11] и тем самым высвободить пропускную способность Восточного полигона, решив еще одну проблему. Кроме того, снижение порожнего пробега – это еще одна из ключевых задач, стоящих сегодня перед РЖД.

Интерес азиатских стран к екатеринбургскому «сухому порту» только растет, так как он позволяет расширить рынки сбыта и сэкономить на транспортных перевозках в наиболее перспективных направлениях (в сторону Азовского и Черного морей, а также Казахстана, а далее уже выход на Иран и Индию).

Таким образом, безусловным преимуществом ТЛЦ «Уральский» является его расположение на границе европейской и азиатской частей России. Центр находится вблизи кольцевой автодороги вокруг Екатеринбурга (ЕКАД) и станции Ш, его площадь более 131 га [5], что позволяет лишь дальше наращивать мощности. Применяемые современные технологии переработки и складирования грузов вместе с географическим положением позволяют развивать ТЛЦ как хаб. Кроме того, ТЛЦ «Уральский» может подействовать на ускорение строительства Северного широтного хода, соединяющего Северную и Свердловскую магистрали. В свою очередь, это позволит разгрузить БАМ и Транссиб, улучшить пропуск грузов в восточном грузонапряженном направлении. «Сухой порт Екатеринбург» будет способствовать повышению эффективности перевозок грузов в контейнерах и как следствие росту экономики и значимости Уральского региона.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Казанская Л. Ф., Китанин Е. И., Пахомова Ю. В. Создание транспортно-логистических центров в Урало-Сибирском регионе как драйвер контейнерных перевозок // Транспортное дело России. – 2023. – № 2. – С. 138–141.
2. Обзор работы грузового железнодорожного транспорта (за 12 месяцев 2022 г.). URL: <http://www.railsovet.ru/upload/iblock> (дата обращения: 22.11.2023).
3. «Сухой порт» на Урале станет логистическим хабом для всей страны. URL: <https://rg.ru/2022/10/12/reg-urfo/port-trinadcati-morej.html> (дата обращения: 20.11.2023).
4. Эксперт Урал. URL: <https://expert-ural.com/archive/nomer-19-22-878/raspredelitelnyy-centr-derzhavi.html> (дата обращения: 20.11.2023).
5. LOGOPER. URL: <https://logoper.ru/infrastruktura/tlts-uralskiy/> (дата обращения: 20.11.2023).
6. Точка притяжения контейнеров. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1618993> (дата обращения: 20.11.2023).
7. Богусевич С. А., Самуйлов В. М., Гашкова Л. В., Богусевич К. А. Свердловская железная дорога – крупнейший транспортно-логистический центр // Наука и образование – транспорту. – 2022. – № 1. – С. 193–196.
8. Межправительственное соглашение о «сухих портах». URL: Межправительственное соглашение о «сухих портах» от 01 мая 2013 - docs.cntd.ru (дата обращения: 22.11.2023).
9. Гудок // Порт в центре России. URL: <https://gudok.ru/zdr/181/?ID=1619296> (дата обращения: 20.11.2023).
10. Российские железные дороги: официальный сайт // Свердловская магистраль и «Соликамскбумпром» расширят сотрудничество в организации перевозок с использованием принципов «сухого порта». URL: <https://cargo.rzd.ru/ru/9514/page/3104?id=277450> (дата обращения: 20.11.2023).
11. Перешли на полувагон. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1615984> (дата обращения: 20.11.2023).

УДК 656.07 + 06

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВИДОВ ТРАНСПОРТА СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРЯМОЙ ПЕРЕВАЛКИ ГРУЗОВ

В. В. Алабина, инженер

О. Н. Числов, д-р техн. наук, профессор

Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону

В процессе функционирования транспортно-складского комплекса грузовой станции возможны различные варианты взаимодействия железнодорожного и автомобильного транспорта, которые часто имеют динамически вариативные параметры. Грузоотправители и грузополучатели при выборе способа доставки выдвигают следующие требования: доставка груза точно в срок, сохранность груза при перевозке, надежность доставки, а также соблюдение ответственности за выполнение оговоренных требований [1].

Для математического описания этих вопросов рационально применять положения аппарата теории массового обслуживания (ТМО). По принятой классификации ТМО взаимодействие видов транспорта на складском комплексе следует рассматривать в виде замкнутой сети с вероятностями обслуживания (рис. 1).

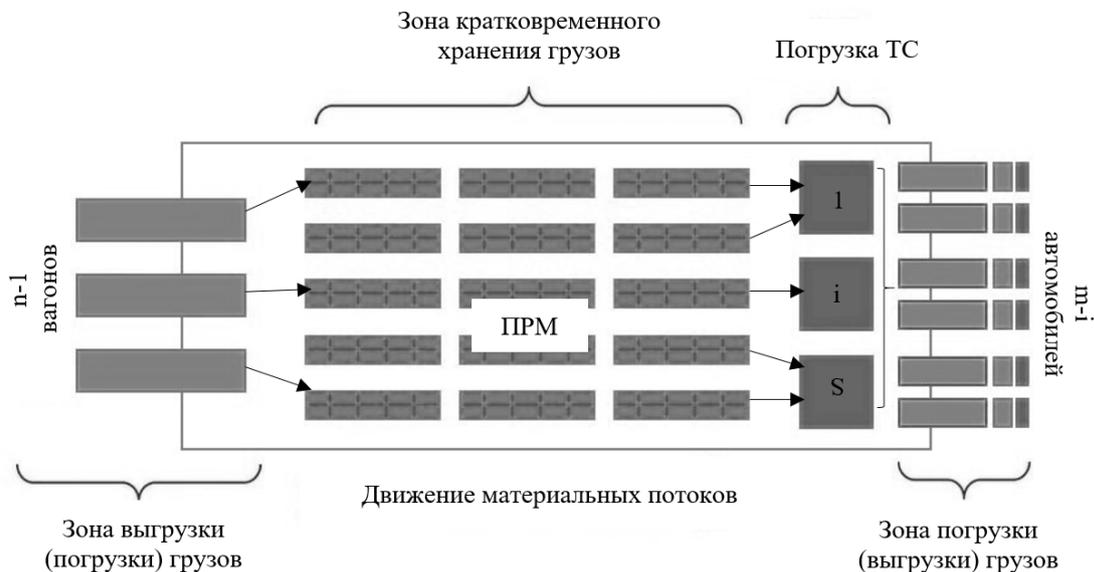


Рис. 1. Функционирование транспортно-складского комплекса согласно ТМО

$i$  – интенсивность поступления автомобилей под погрузку/выгрузку;  $S$  – количество ПРМ;  
 $m$  – рабочий парк автомобилей;  $n$  – количество вагонов, поступающих под погрузку-выгрузку

Определение порядка выполнения всех элементов транспортно-технологической цепи ТСК предполагает изучение особенностей складских операций и взаимодействия видов транспорта на ТСК [2]. Для определения технически рентабельного варианта перевалки грузов ТСК необходимо выполнить сетевое планирование, которое предполагает последовательное или последовательно-параллельное выполнение операций с грузами (рис. 2).

Спрос на перевозки грузов, а также операции в процессе доставки грузов носят стохастический характер, поэтому наиболее подходящим способом построения транспортно-логистической

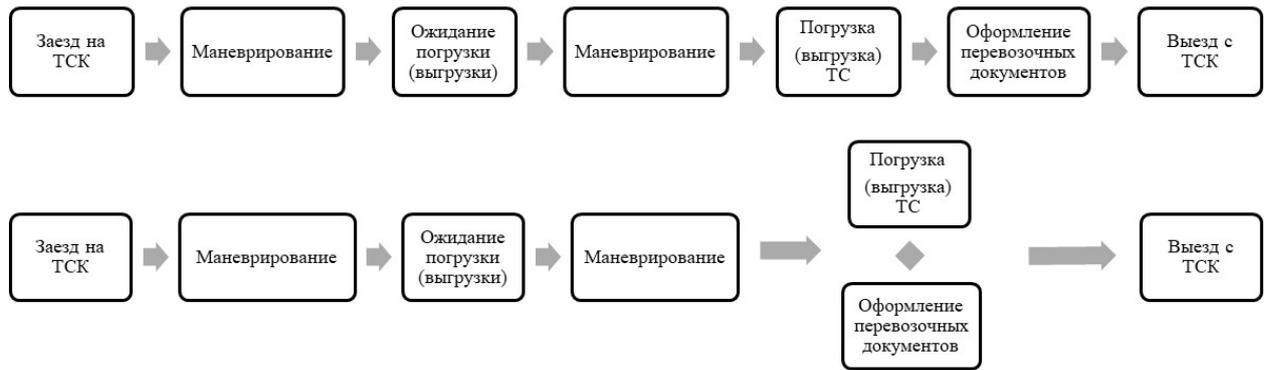


Рис. 2. Схемы вариантов взаимосвязей технологически операций ТСК

цепи будут сети Петри, которые для более детального изучения позволяют разбивать основные элементы на подсистемы.

Рассмотрим технологические операции ТСК с тарно-штучными грузами при передаче на автомобили собственников грузоподъемностью до 15 т. На схеме (см. рис. 2) представлены варианты последовательностей основных и вспомогательных операций при организации погрузки-выгрузки грузов на складском комплексе.

Общее время нахождения автомобиля в пункте погрузки (выгрузки) определяется по формуле:

$$t_n = t_1^n + t_2^n + t_3^n + t_4^n = t_1^n + t_0^n. \quad (1)$$

Время нахождения и очередность обслуживания автотранспорта зависят от размеров входящего потока подвижного состава, времени ожидания погрузки-выгрузки, оформления перевозочных документов, времени на маневрирования на складском комплексе, на погрузку-выгрузку транспортного средства, которые зачастую связаны с производительностью складских погрузочно-разгрузочных машин. Продолжительность погрузки (выгрузки) тарно-штучных грузов можно рассмотреть, применив показательный закон распределения [3].

Время оформления перевозочных документов зависит от технологии выполнения погрузочных работ, при этом порядок распределения данной подсистемы можно рассмотреть, применив закон распределения Эрланга. Оформление перевозочных документов можно выполнять параллельно с погрузкой грузов, что положительно скажется на времени операции.

Итак, все звенья транспортной цепи имеют свои количественные параметры, которые влияют на продолжительность нахождения транспортного средства в каждом состоянии [4].

Следовательно, необходимо определить продолжительность работы ПРМ в зависимости от перерабатываемого груза (таблица).

Определение продолжительности работы погрузочно-разгрузочной машины (погрузчик для перевозки тарно-штучных грузов ЭП-202)

Показатель	Расчетное значение
Средняя продолжительность ТЦ	$t_w = t_{ин} + t_n + t_r + t_p$
Техническая производительность погрузочно-разгрузочных машин	
$P_T = 3600 \cdot \frac{Q_H}{T_{ц}^{COB}}$	147,7 т/ч
Продолжительность одного рабочего цикла ПРМ	
$T_{ц}^{COB} = \varphi \sum_{i=1}^n t_i + t_B$	73,12 с

Показатель	Расчетное значение
Продолжительность перемещения погрузчика с грузом	
$t_3 = \frac{l_{пер}}{V_{пер/гр}} + t_{p-3}$	9,14 с
Время подъема груза	
$t_5 = \frac{H_{п}}{V_{п/гр}} + t_{p-3}$	19,5 с
Время опускания порожней каретки	
$t_8 = \frac{H_{п}}{V_{п/безгр}} + t_{p-3}$	14,7 с
Время на обратный ход погрузчика (без груза)	
$t_{10} = \frac{l_{пер}}{V_{пер/без гр}} + t_{p-3}$	8,06 с
Общее время нахождения автомобиля в пункте погрузки (выгрузки)	
$t_n = t_1^n + t_2^n + t_3^n + t_4^n = t_1^n + t_0^n$	30,1 мин
При условии, если оформление перевозочных документов выполняется параллельно с погрузкой транспортного средства	
$t_n = t_1^n + t_3^n + t_4^n = t_1^n + t_0^n$	23,1 мин

Параллельное выполнение операций по оформлению перевозочных документов и погрузки-выгрузки транспортного средства позволяет сократить общее время нахождения автомобиля в пункте погрузки (выгрузки), но при этом видно, что непосредственно погрузка занимает меньше времени (6,1 мин) в сравнении с вспомогательными (сопутствующими) операциями (рис. 3).



Рис. 3. Распределение времен нахождения автотранспортного средства на ТСК

Модель как образ реально функционирующего центра погрузки может переходить из одного состояния в другое под действием двух событий: поступление порожних и уход груженых автомобилей. Вероятностью одновременного наступления этих двух событий в ТМО пренебрегают [5].

Если через  $\lambda_i$  обозначить интенсивность поступления одиночного автомобиля, то общая интенсивность потока автомобилей под погрузку  $\lambda_i$  при условии нахождения в центре погрузки  $i$  автомобилей:

$$\lambda_i = (m - i)\lambda_1, \text{ авт./ч.} \quad (2)$$

Интенсивность обслуживания центра погрузки в зависимости от числа  $i$  автомобилей:

$$\mu_i = \begin{cases} \frac{\mu}{S}, & \text{при } 0 \leq i \leq S \\ S, & \text{при } S + 1 \leq i \leq m. \end{cases} \quad (3)$$

Коэффициент загрузки центра обслуживания при работе одного автомобиля:

$$\Psi_1 = \frac{\lambda_1}{\mu}. \quad (4)$$

В стационарном режиме можно получить следующие характеристики функционирования комплекса прямой перевалки груза «вагон-автомобиль».

Вероятность простоя вагонов:

$$P_0 = \left( \sum_{i=0}^S \frac{m! \cdot S^i \cdot \Psi_1^i}{i!(m-i)!} + \sum_{i=S+1}^m \frac{m! \cdot S^S \cdot \Psi_1^i}{(m-i)!S!} \right)^{-1}. \quad (5)$$

Вероятность наличия в центре погрузки  $i$  автомобилей:

$$P_i = \begin{cases} \frac{m! \cdot S^i \cdot \Psi_1^i}{i!(m-i)!} \cdot P_0 & \text{при } 0 \leq i \leq S \\ \frac{m! \cdot S^S \cdot \Psi_1^i}{S!(m-i)!} \cdot P_0, & \text{при } S + 1 \leq i \leq m. \end{cases} \quad (6)$$

Среднее число  $i$  автомобилей в центре погрузки:

$$m_{06} = \left( \sum_{i=0}^S i \frac{m! \cdot S^i \cdot \Psi_1^i}{(m-i)!i!} + \sum_{i=S+1}^m i \frac{m! \cdot S^S \cdot \Psi_1^i}{(m-i)!S!} \right) \cdot P_0. \quad (7)$$

Интенсивность поступления автомобилей на обслуживание:

$$\lambda = (m - m_{06}) \cdot \lambda_1. \quad (8)$$

Коэффициент загрузки центра обслуживания:

$$\Psi = (m - m_{06}) \cdot \Psi_1. \quad (9)$$

Среднее число автомобилей, находящихся под погрузкой:

$$S_p = m_{\text{пог}} = S \cdot \Psi. \quad (10)$$

Среднее число автомобилей, находящихся в очереди:

$$m_1 = m_{06} - S \cdot \Psi. \quad (11)$$

Среднее число свободных от работы автомобилей:

$$S_c = (1 - \Psi)S. \quad (12)$$

Коэффициент простоя автомобилей:

$$\rho_a = \frac{m_{оч}}{m}. \quad (13)$$

Коэффициент простоя вагонов:

$$\rho_b = 1 - \Psi. \quad (14)$$

Для организации прямого варианта перевалки грузов определено время задержки вагонов и грузов на транспортно-складском комплексе при заданном объеме суточного грузопотока = 450 т/сут (рис. 4).

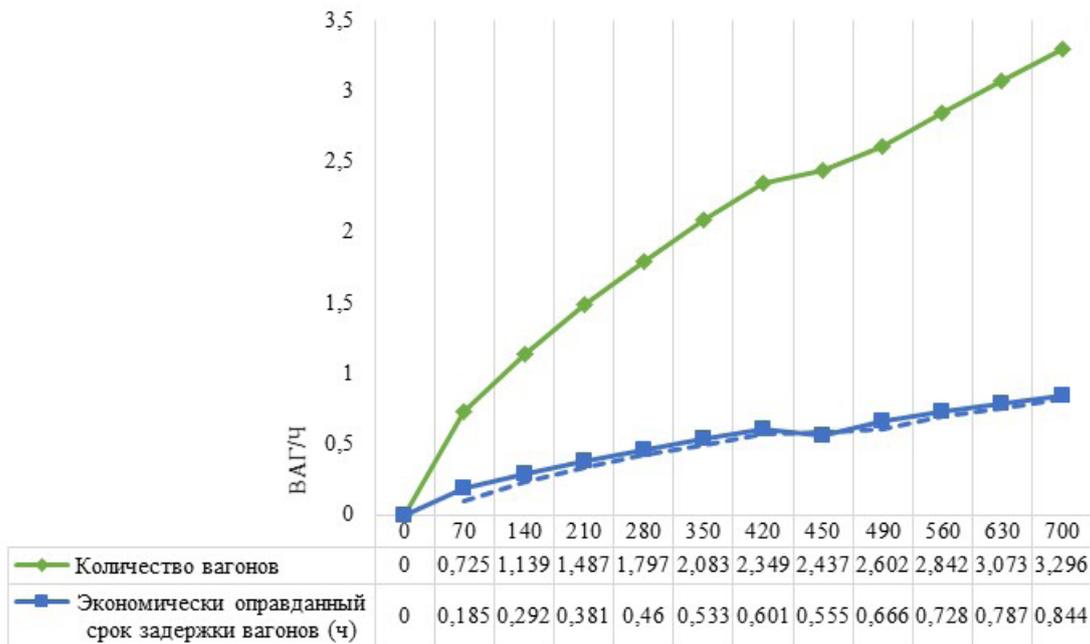


Рис. 4. Взаимосвязь суточных показателей поступающего грузопотока на продолжительность задержки вагонов на транспортно-складском комплексе

Таким образом, бесперебойная работа ТСК определяется качеством взаимодействия видов транспорта при организации перевалки грузов. Расчетами установлено, что при суточном грузопотоке тарно-штучных грузов в размере 450 т общее время нахождения одного автомобиля в пункте погрузки составит 30,1 мин, а при условии параллельного выполнения подготовительных операций с транспортным средством и погрузкой транспортного средства общее время сократится и составит 23,1 мин. Допустимое время задержки вагонов на ТСК составит 0,56 ч, или 33,3 мин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жарков М. Л. Моделирование крупнейшей в мире железнодорожной сортировочной станции с использованием теории массового обслуживания / М. Л. Жарков, А. Л. Казаков, А. В. Супруновский, М. М. Пavidис // Вестник УрГУПС. – 2021. – № 3 (51). – С. 4–14.
2. Числов, О. Н. Развитие узловой терминально-складской инфраструктуры: модификация методов исследования и прогнозы / О. Н. Числов, В. А. Богачев, В. В. Трапенов [и др.] // Бюллетень результатов научных исследований. – 2023. – № 3. – С. 46–57.

3. Зенкин, А. А. Использование методики выбора маршрута доставки грузов в смешанном сообщении на основе сетевого графика при транспортировке в цепях поставок / А. А. Зенкин, А. Ю. Сондырева // Вестник УрГУПС. – 2021. – № 4(52). – С. 79–87.
4. Алабина, В. В. Проблемы выбора стратегии развития складских процессов на транспорте / В. В. Алабина // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 20–22 апреля 2020 года. Том 3. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 17–21.
5. Витвицкий, Е. Е. Зависимость выработки автомобиля от времени простоя под погрузкой-выгрузкой в простой автотранспортной системе перевозок грузов мелкими отправлениями / Е. Е. Витвицкий // Автомобильные перевозки и транспортная логистика: теория и практика : сборник научных трудов / под научной редакцией Е. Е. Витвицкого. – Омск : Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2021. – С. 13–23.

УДК 656.225

## ИННОВАЦИОННЫЕ РЕКВИЗИТЫ КРЕПЛЕНИЯ ГРУЗА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ В ВАГОНАХ

Н. Ю. Кабукин, аспирант

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

В настоящее время для погрузки и крепления грузов в вагонах и контейнерах используются деревянные реквизиты крепления (упорные и распорные бруски, распорные рамы, щиты), проволочные растяжки, обвязки, а также другое крепление, не предусмотренное техническими условиями размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах (ТУ) и техническими условиями размещения и крепления грузов (приложение 3 к СМГС) [1, 2]. Но при загрузке вагона и перевозке возникают излом, трещины и прочие нарушения ТУ, что приводит к нарушениям сроков доставки и сохранности перевозимых грузов. Также много времени и средств уходит на погрузку и раскрепление грузов в вагонах.

Разработаны новые средства крепления вместо существующих [3].

При обзоре схем размещения и крепления грузов в полувагонах и крытых вагонах выявлено отсутствие их разнообразия при выборе способов крепления [4–7].

Разработаны принципиальные схемы размещения и крепления грузов с применением в качестве реквизитов крепления использованных (или б/у) автошин и пластиковой тары (бутылок).

Из-за увеличения погрузки контейнеров в полувагоны в портах Дальнего Востока возник дефицит деревянных реквизитов крепления, как следствие, задержки и простои полувагонов под погрузкой.

Основные схемы погрузки крупнотоннажных контейнеров в полувагоне с применением использованных автошин показаны на рис. 1.

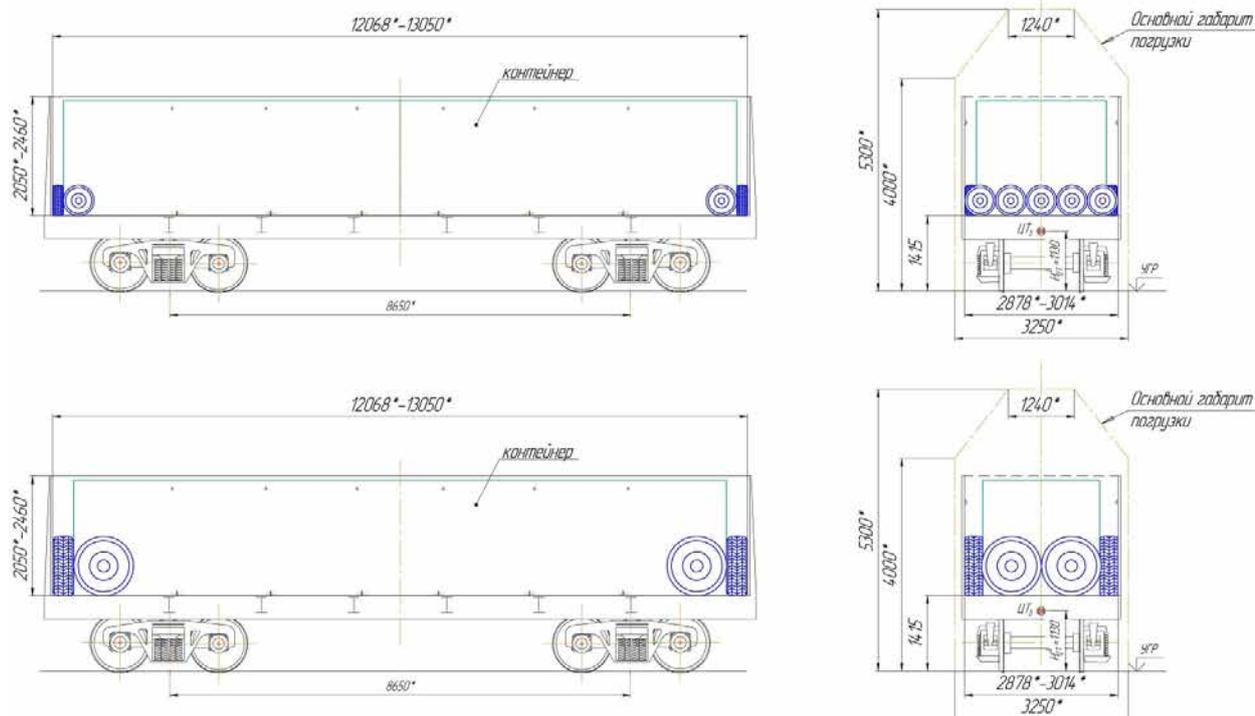


Рис. 1. Основные схемы погрузки крупнотоннажных контейнеров в полувагоне с применением использованных автошин

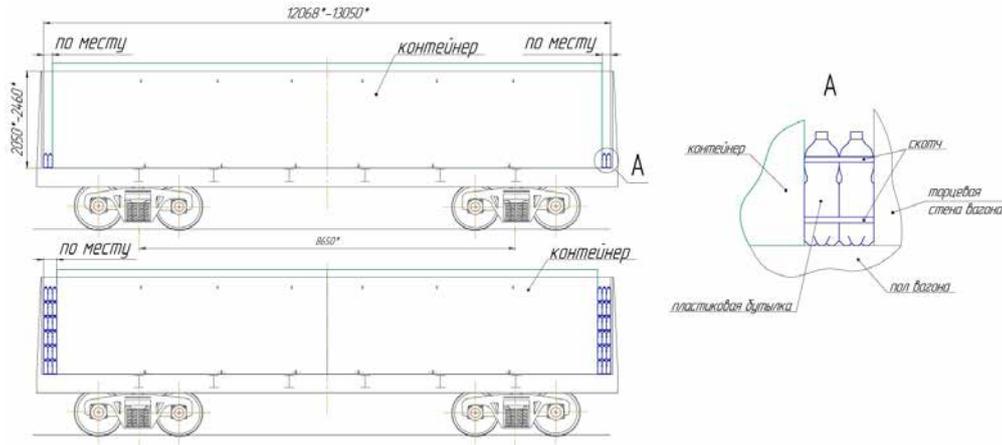


Рис. 2. Основные схемы погрузки крупнотоннажных контейнеров в полувагоне с применением пластиковых бутылок

Основные схемы погрузки крупнотоннажных контейнеров в полувагоне с применением пластиковых бутылок представлены на рис. 2.

Формирование бутылок в пакеты или щиты осуществляется при помощи скотча, мешковины, фанеры, сетки-рабицы ПВХ [11].

При проведении лабораторных испытаний опытного образца из пластиковых бутылок на универсальной испытательной машине WDW-300E с компьютерным управлением WDW-300E (максимальная нагрузка 300 кН/30 тс) установлена допустимая нагрузка [11].

Расчетом установлено, что при равномерно распределенной нагрузке по всей ширине вагона данный вид крепления выдерживает 55 тс [8, 11].

При использовании новых средств крепления экономический эффект составит на один вагон от 2 до 25 тыс. руб. исходя из варианта схемы крепления [9].

Также предлагается еще один вид крепления с использованием универсальных многооборотных уголков из переработанной резины.

Принципиальная схема размещения и крепления крупнотоннажных контейнеров в полувагоне с использованием универсальных многооборотных уголков взамен деревянных распорных рам показана на рис. 3.

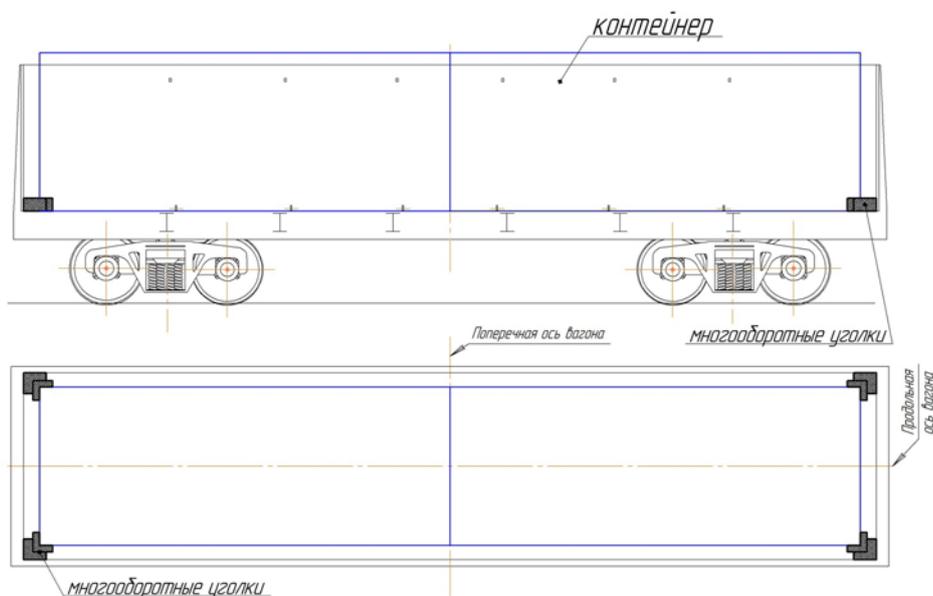


Рис. 3. Принципиальная схема размещения и крепления крупнотоннажных контейнеров в полувагоне с использованием универсальных многооборотных уголков взамен деревянных распорных рам

Комплект многооборотных креплений состоит из восьми уголков (четыре основных и четыре доборных). Размеры доборных уголков зависят от внутренней длины и ширины кузова полувагона.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах. – М. : Юридическая фирма «Юртранс», 2003. – 544 с.
2. Приложение 3 к СМГС «Технические условия размещения и крепления грузов».
3. Псеровская Е. Д. Оценка показателей уровня безопасности процесса перевозки груза железнодорожным транспортом, зависящих от крепления груза на вагоне/ Е. Д. Псеровская // Совершенствование технологии перевозочного процесса : сб. научн. ст. международной науч.-практ. конф. к 80-летию факультета «Управление процессами перевозок». – Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2018. – С. 137–143.
4. Туранов Х. Т. Анализ существующей и разработка новой методики расчёта крепления грузов на вагоне/ Х. Т. Туранов, Е. Д. Псеровская, Н. В. Власова, А. А. Гордиенко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2014. – № 3. – С. 29–29.
5. Псеровская Е. Д. Вопросы безопасности перевозок негабаритных грузов /Е. Д. Псеровская // Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке : сб. научн. ст. международной науч.-техн. конф. – Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2018. – С. 504–507.
6. Корнеев М. В., Хорунжин С. Ю. Совершенствование условий перевозок металлопродукции железнодорожным транспортом // Известия Транссиба. – 2010. – № 2. – С. 101–105.
7. Псеровская Е. Д., Зачешигрина М. А., Чуйкова О. Ю. Безопасность перевозок и сохранность грузов в условиях использования вагонов с повышенной грузоподъемностью // Инновационные факторы развития транспорта. Теория и практика : сб. научн. ст. международной науч. практ. конф. – Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2018. – С. 112–117.
8. Псеровская, Е. Д. Результаты оценки реальных ударных нагрузок, действующих на элементы крепления груза / Е. Д. Псеровская // Наука и техника транспорта. – 2014. – № 1. – С. 64–71.
9. Псеровская Е. Д. О влиянии условий размещения груза на безопасность движения поездов и стоимость перевозки/ Е. Д. Псеровская, С.Ю. Хорунжин // Известия Транссиба. – 2014. – № 3 (19). – С. 109–114.

УДК 656.212.6

## ЭСКИЗ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ КРУПНОТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ В УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПОЛУВАГОНАХ

Е. С. Борисенков, 1-й курс (научный руководитель – А. П. Грефенштейн, канд. техн. наук)  
Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

Специализированный подвижной состав (ПС) для перевозки контейнеров – это фитинговая платформа, на которой крепление перевозимых грузов происходит с помощью фитинговых упоров. В России фитинговый упор впервые был применен на модели вагона-платформы 13-470, длиной по осям автосцепок 19620 мм (выпускали два завода – ПО «Абаканвагонмаш» и ОАО «Днепровагонмаш»). В 1976–2007 гг. появились более 30 различных моделей вагонов-платформ с разными конструкциями упоров. С 1964 по 2012 гг. использовалось более 45 тыс. ед. такого вида ПС [1].

До 2014 г. перевозки контейнеров на сети ОАО «РЖД» осуществлялись как на фитинговых платформах, так и в полувагонах. На рис. 1 изображена тенденция изменения российского парка грузовых вагонов в 2009–2012 гг. Так, по состоянию на 2012 г. соотношение полувагонов и фитинговых платформ составило 9:1.

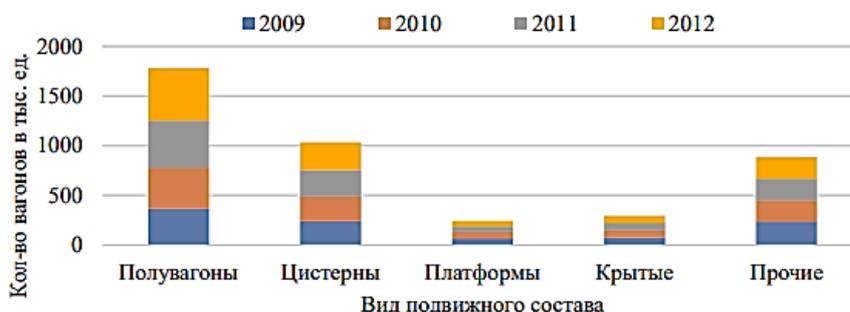


Рис. 1. Парк грузовых вагонов по видам, тыс. ед., 2009–2012 гг. [2]

Контейнер прижимался торцом к одной из стенок вагона, а оставшееся пространство заполнялось фиксирующей конструкцией из деревянных брусьев [3]. По данным операторов ПС, такой способ перевозки не обеспечивал сохранность контейнерного оборудования и ПС.

В 2012 г. 94,6 % всего ПС принадлежало дочерним компаниям ОАО «РЖД» и иным собственникам (ОАО «РЖД» оперировало 5 % парка ПС, а в 2014 г. – 1 % [2]).

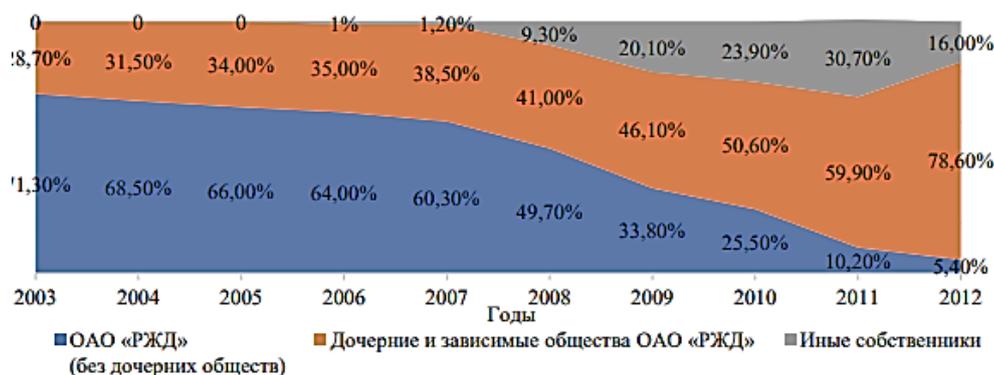


Рис. 2. Структура российского рынка оперирования грузовыми вагонами, 2003–2012 гг. [2]

24 ноября 2014 г. введен запрет на перевозку контейнеров в полувагонах [4], при этом Соглашением о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) такие перевозки не запрещались. Однако с июня 2020 г. на железной дороге начались испытания размещения и крепления крупнотоннажных контейнеров в полувагонах для международных перевозок. Цель испытаний: «...проверить соответствие использования универсальных вагонов для перевозки контейнеров требованиям безопасности, установленным в России» [5]. Сейчас существуют противоположные взгляды по данному вопросу (таблица 1).

Таблица 1

Некоторые преимущества и недостатки перевозок контейнеров в универсальных полувагонах

Преимущества	Недостатки
Сокращение расходов при перевозке грузов в полувагонах на некоторых направлениях	Увеличение времени и усложнение технологии погрузо-разгрузочных работ
Отсутствие конкуренции с традиционной перевозкой за счет использования полувагонов лишь на определенных направлениях	Сдерживание развития рынка транспортно-логистических услуг
Повышение провозной способности путей сообщения, сокращение сроков доставки грузов и потребного парка, уменьшение потребности в инвестициях	Риск крепления контейнеров способами, не отвечающими требованиям нормативных документов (использование «серых схем»)

Для крепления крупнотоннажных контейнеров в универсальных полувагонах могут использоваться распорные бруски, пневмооболочки или пневмоподушки, прокладочный материал (таблица 2). Пневмооболочку устанавливают после погрузки между стенками полувагона и контейнера и надувают до рабочего давления. Пневмооболочки не должны соприкасаться заостренным материалом.

Таблица 2

Требования к реквизитам крепления

Реквизит крепления	Требования
Подкладки	Подкладка должна быть выполнена из листовой резины, толщиной не менее 10 мм. Размер подкладок 200×300 мм
Бруски	Упорные и распорные бруски должны быть изготовлены из хвойных пород по ГОСТ 8486-86
Пневмооболочки	Внешний слой должен быть изготовлен из полипропилена или влагостойкого материала; должна иметь маркировку, содержащую наименование производителя, дату производства, серийный и идентификационный номера, величину максимального зазора, где можно установить данную оболочку, оптимальную величину давления на нее

Предлагаемое автором устройство позволит перевозить насыпные и навалочные грузы в универсальных полувагонах одном направлении, а в обратном – 20- и 40-футовые контейнеры, что положительно скажется на использовании такого ПС и на провозной способности путей сообщения.

На рис. 3 представлен эскиз устройства – металлической балки с откидным фитинговым упором и пазом для него.

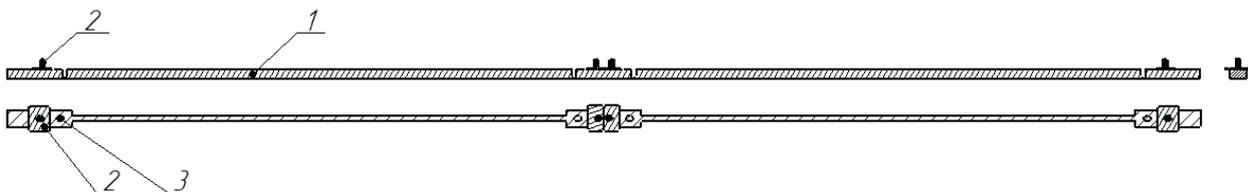


Рис. 3. Устройство для крупнотоннажных контейнеров  
1 – металлическая балка, 2 – откидной фитинговый упор, 3 – паз

На рис. 4 представлен более подробный вид двух состояний (позиций) упоров.

На рис. 5 показана схема расположения данного крепления в полувагоне, внутренней длиной пола 12068–12750 м.

Фиксация крепления к полувагону может быть обеспечена с помощью сварного, болтового или иного соединения. На концевую, промежуточную поперечную и шкворневую балки в местах укладки крепления размещают металлические плиты, толщиной равной выступу гофры люка относительно балок полувагона. К металлическим плитам крепится металлическая балка с помощью неразъемного соединения – сварного шва (возможны и другие виды соединения).



Рис. 4. Откидной фитинговый упор  
1 – рабочее состояние (позиция);  
2 – нерабочее состояние (позиция)

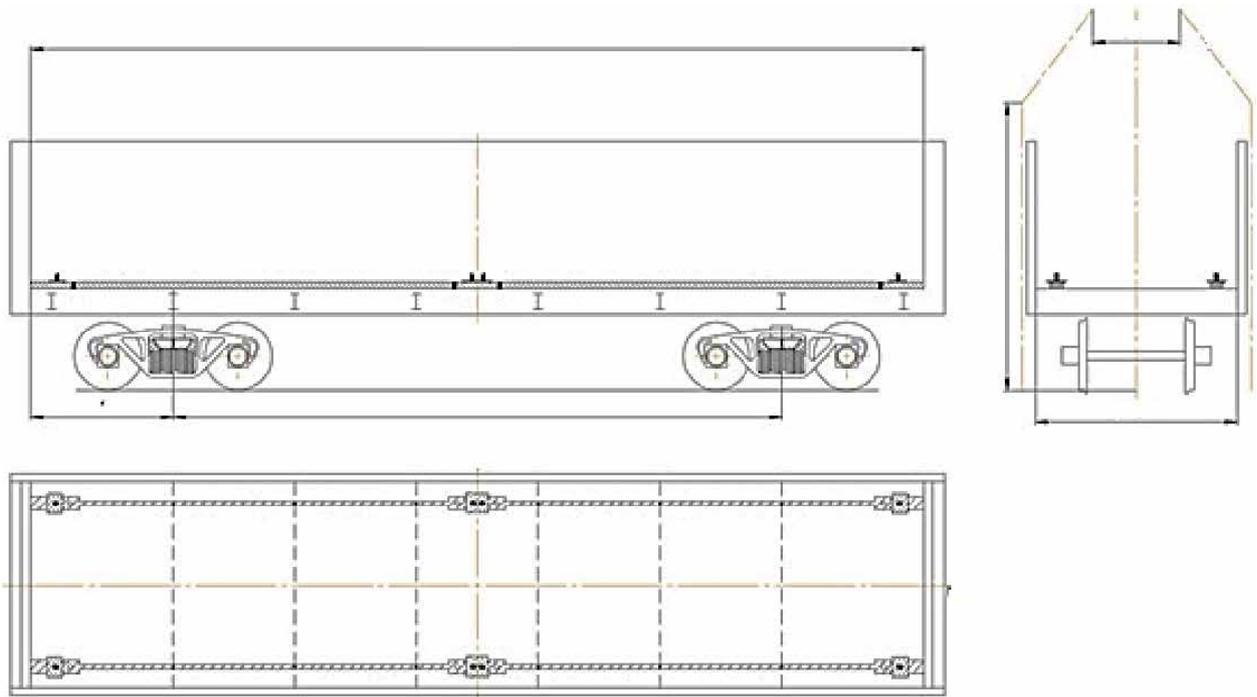


Рис. 5. Схема расположения предлагаемого крепления в полувагоне

Изменение конструкции универсального полувагона за счет предлагаемого крепления существенно увеличивает варианты его применения, а именно: насыпные и навалочные грузы, габаритные грузы; при перевозке данного рода груза все фитинговые упоры переводятся в нерабочее состояние (рис. 6, б); 20-футовый крупнотоннажный контейнер: при перевозке двух 20-футовых контейнеров все фитинговые упоры переводятся в рабочее состояние (рис. 6, а); 40-футовый крупнотоннажный контейнер: при перевозке одного 40-футового контейнера средние упоры необходимо перевести в нерабочее состояние, а крайние – в рабочее (рис. 6, б).

Расчет крепления груза в полувагоне произведен в соответствии с техническими условиями размещения и крепления грузов. При выполнении расчетов было принято, что контейнер загружен максимально, то есть до максимально допустимой загрузки.

В обоих случаях грузы располагаются без смещения центра тяжести относительно продольной и поперечной осей полувагона. Иными словами, смещение центра тяжести груза в продольном направлении будет равно  $l_c = 0$  мм, в поперечном направлении –  $b_c = 0$  мм. Это означает, что дополнительного крепления не требуется.

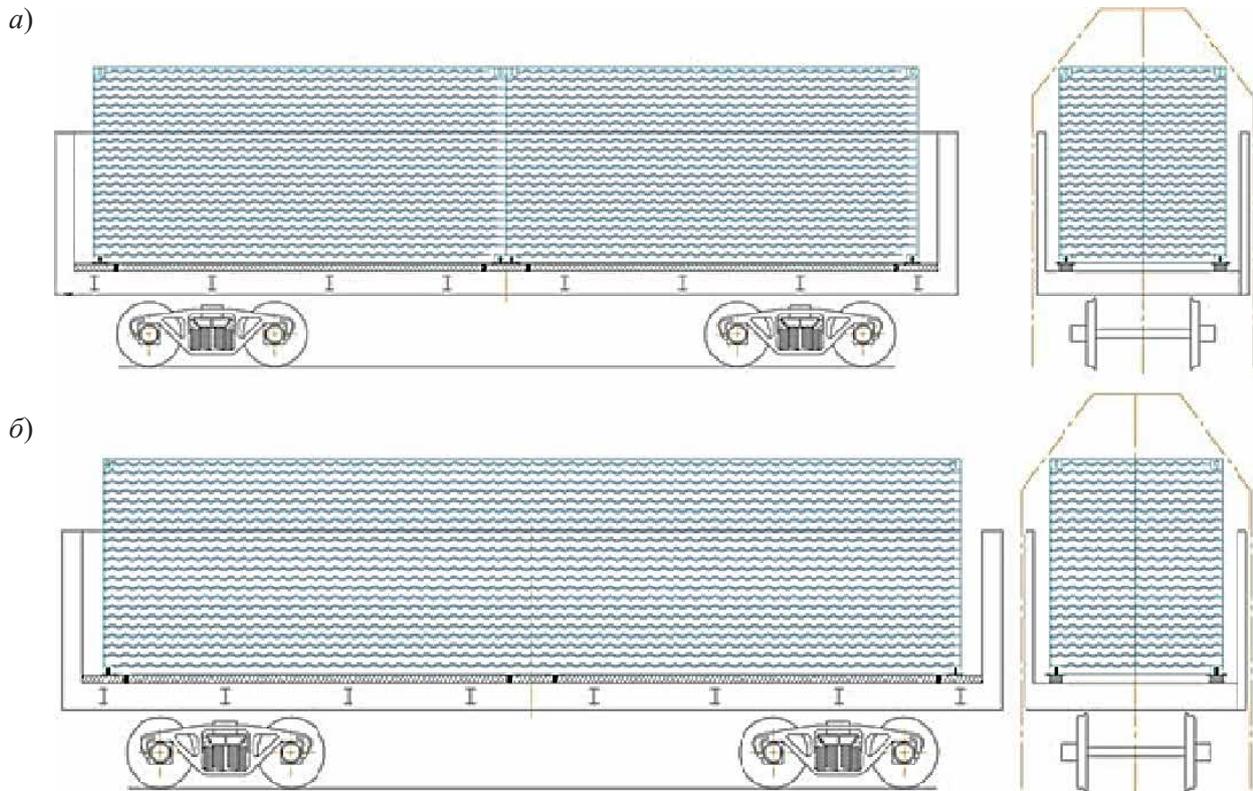


Рис. 6. Схема размещения и крепления в полувагоне  
 а – 40-футового контейнера; б – 20-футовых контейнеров

Однако в одном случае масса брутто контейнера должна быть равна не более 24,6 т; с учетом массы тары одного контейнера равной, например, 2,3 т максимальная загрузка составит 21,6 т. Это определено из условия, что если высота общего центра тяжести вагона с грузом  $H_{\text{цт}}^0 < 2,3$ , тогда груз считается устойчивым и дополнительного крепления не требуется.

$H_{\text{цт}}^0$  определяется по формуле (1):

$$H_{\text{цт}}^0 = \frac{Q_{\text{гр}}^1 h_{\text{цт}}^1 + Q_{\text{гр}}^2 h_{\text{цт}}^2 + Q_{\text{т}} H_{\text{цт}}^{\text{ПВ}}}{Q_{\text{гр}}^1 + Q_{\text{гр}}^2 + Q_{\text{т}}}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{гр}}^1$  и  $Q_{\text{гр}}^2$  – масса брутто первого и второго контейнеров, т;  $h_{\text{цт}}^1$  и  $h_{\text{цт}}^2$  – высота центра тяжести первого и второго контейнеров над уровнем верха головки рельсов, равная 2,981 м;  $Q_{\text{т}}$  – масса тары вагона, равная 22 т;  $H_{\text{цт}}^{\text{ПВ}}$  – высота центра тяжести порожнего вагона (полувагона), равная 0,744 м.

$$H_{\text{цт}}^0 = \frac{30,482,981 + 30,482,981 + 220,744}{30,48 + 30,48 + 22} = 2,38 \text{ м};$$

2,38 м < 2,30 м – ложь, не удовлетворяет условию  $H_{\text{цт}}^0 < 2,3$ .

Исходя из формулы (1) определена общая масса груза в полувагоне (масса брутто контейнера), при которой  $H_{\text{цт}}^0 < 2,3$ :

$$H_{\text{цт}}^0 = \frac{24,62,981 + 24,62,981 + 220,744}{24,6 + 24,6 + 22} = 2,28 \text{ м};$$

2,28 м < 2,30 м – истина, удовлетворяет условию  $H_{\text{цт}}^0 < 2,3$ .

В случае перевозки 40-футового контейнера данных ограничений нет:

$$H_{\text{ит}}^0 = \frac{30,482,981 + 220,744}{30,48 + 22} = 2,04 \text{ м};$$

2,04 м < 2,30 м – удовлетворяет условию  $H_{\text{ит}}^0 < 2,3$ .

Изобретение крепления направлено на повышение эффективности грузоперевозок и провозной способности путей сообщения, снижение порожнего пробега полувагонов. Ожидаются положительные результаты для разных сторон транспортного процесса: операторов ПС, ОАО «РЖД» и клиентов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов Ю. А., Мухин О. О., Заболотный В. В. Оценка влияния системных неисправностей локомотивов на среднесуточный пробег // Известия Транссиба. – 2021. – № 3 (47). – С. 3–41.
2. РЖД годовой отчет [Электронный ресурс] URL: <http://ar2012.rzd.ru/performance-overview/freight-transportation/car-fleets/> (дата обращения: 12.11.2023).
3. Контейнерный эксперимент РЖД [Электронный ресурс] URL: <https://www.rosbalt.ru/business/2021/08/30/1918669.html> (дата обращения: 12.11.2023)
4. Перевозки контейнеров в полувагонах снова под запретом [Электронный ресурс] URL: <http://railwaykanaries.ru/index.php?showtopic=20082> (дата обращения: 12.11.2023).
5. Кобозева Н. Г. Актуальные задачи контейнеризации в России // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом: сборник научных трудов. – СПб : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2010. – С. 78–85.

УДК 656.073

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВАГОННОГО ПАРКА В ПРОМЫШЛЕННОМ УЗЛЕ

Е. Д. Псеровская, канд. техн. наук, доцент кафедры «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав»

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

А. А. Жаркова

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Долгосрочной программой развития открытого ОАО «РЖД» генеральной схемой развития сети железных дорог [1, 2] запланировано повышение эффективности железнодорожных перевозок и использования инфраструктуры на основе существующей модели грузовых перевозок и с учетом обеспечения сбалансированности интересов грузоотправителей и владельца инфраструктуры.

Повышение эффективности перевозочного процесса и качественных показателей использования вагонов в условиях дефицита пропускных способностей (в том числе в промышленных узлах) и профицита вагонного парка операторских компаний требуют новых подходов к распределению вагонного парка, а также интеграции перевозочной деятельности и инфраструктуры в рамках деятельности перевозчика (ОАО «РЖД»).

Взаимодействие владельцев железнодорожных путей необщего пользования, грузоотправителей, грузополучателей, операторов железнодорожного подвижного состава и ОАО «РЖД» при осуществлении железнодорожных грузовых перевозок устанавливается Единым сетевым технологическим процессом (рис. 1).



Рис. 1. Структурные компоненты схемы взаимодействия участников перевозочного процесса

Качество предоставляемых услуг контролирует Росжелдор [3].

Перевозочная деятельность на сети железных дорог осуществляется ОАО «РЖД» на основании заявок от грузоотправителей, плана формирования поездов в вагонах операторов подвижного состава. Перевозчик управляет грузеными вагонопотоками, локомотивным парком и инфраструктурой. Перемещение порожних вагонов осуществляется на основе согласования заказов с оператором подвижного состава (порядок взаимодействия всех участников процесса перевозок представлен на рис. 2).

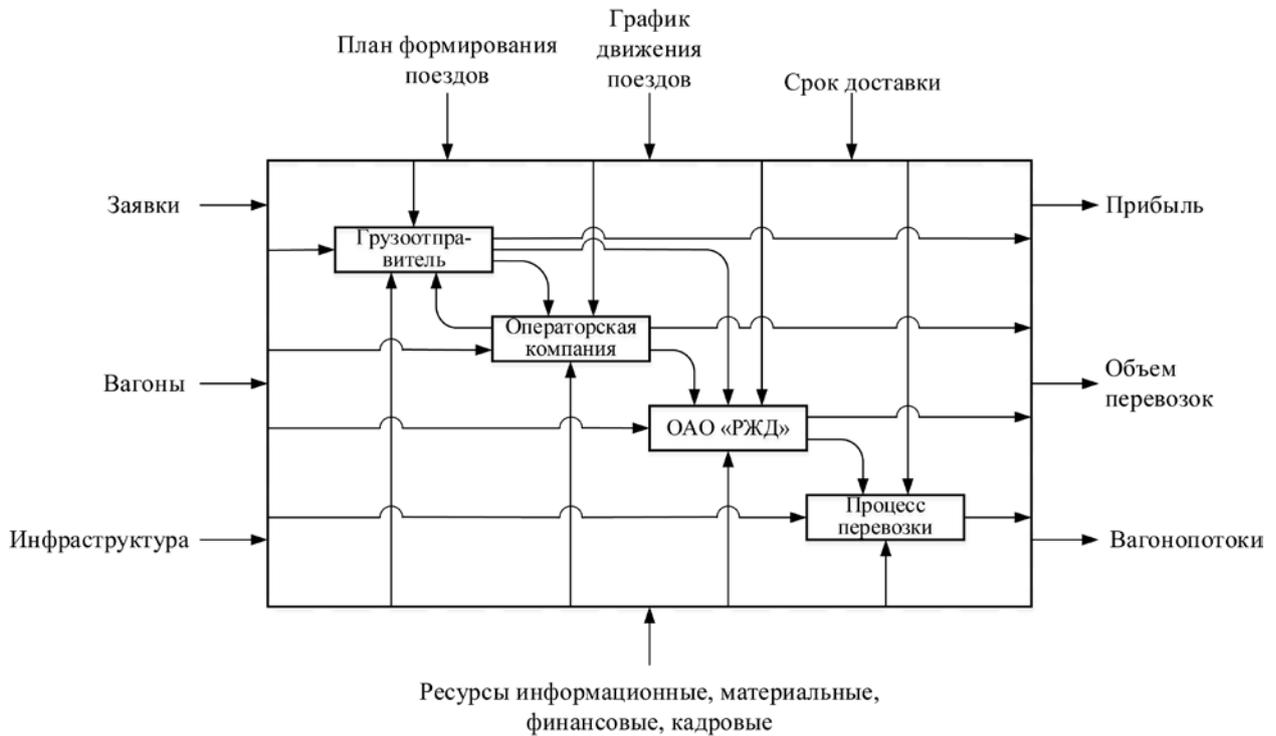


Рис. 2. Существующая модель взаимодействия участников перевозочного процесса

На основании заявок от грузоотправителей на планируемый календарный месяц формируется план перевозок грузов, предварительно грузоотправители согласовывают условия предоставления вагонов с компанией-оператором и заключают договор на предоставление подвижного состава. Согласно этим документам, перевозчик подает грузоотправителю порожние вагоны, а грузоотправитель обязан предъявить груз к перевозке в соответствии с оговоренными условиями.

После выгрузки грузов компания-оператор определяет новое назначение порожних вагонов и согласовывает с ОАО «РЖД». С учетом этих данных перевозчик разрабатывает план организации порожних вагонопотоков по объемам и направлениям на календарный месяц с учетом существующих ограничений инфраструктуры общего пользования, а также перерабатывающих способностей грузоотправителей и грузополучателей и инфраструктур необщего пользования.

На основании этих данных Центральная дирекция управления движением ОАО «РЖД» определяет потребности станций погрузки и железных дорог в порожнем подвижном составе, корректирует план распределения вагонопотоков.

Существующие процедуры взаимодействия участников перевозочного процесса имеют ряд недостатков: компании-операторы не учитывают состояние инфраструктуры (занятость, пропускную способность и т.д.), что приводит к чрезмерной занятости инфраструктуры, снижению скорости доставки; постоянная переадресовка порожних вагонов компаниями-операторами, основной причиной которой служит отсутствие долгосрочных договоров с грузоотправителем; снижение количества двояких грузовых операций, что приводит к увеличению порожнего пробега вагонов; грузоотправители сталкиваются с затруднениями при поиске операторской компании, потому что последние заинтересованы в увеличении собственной прибыли и потому нацелены на

перевозку высокодоходных грузов; большой процент «больных» вагонов в поездах с порожними вагонами, а также несвоевременный подвод вагонов ведет к чрезмерной занятости собственной инфраструктуры грузоотправителя; длительный отстой вагонов операторских компаний на путях общего пользования из-за их невостребованности, возникшей в результате профицита вагонов [4–7].

Поэтому целесообразно создание механизмов передачи управления порожним вагонным парком владельцу инфраструктуры, а также необходимо повышать заинтересованность владельцев подвижного состава в таком управлении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=1359> (дата обращения: 20.09.2021).
2. О Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=155> (дата обращения: 20.09.2021).
3. Федеральное агентство железнодорожного транспорта. URL: [http://www.roszeldor.ru/polnomochija\\_sevzap\\_upr](http://www.roszeldor.ru/polnomochija_sevzap_upr) (дата обращения: 21.05.2022).
4. Жаркова А. А., Псеровская Е. Д. Исследование показателей взаимодействия участников перевозочного процесса на железнодорожном транспорте / А. А. Жаркова, Е. Д. Псеровская // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2022. – № 8. – С. 182–187.
5. Псеровская Е. Д., Жаркова А. А., Дружинина М. Г. Показатели взаимодействия ОАО «РЖД», грузоотправителей и операторских компаний / Е. Д. Псеровская, А. А. Жаркова, М. Г. Дружинина // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 2 (61). – С. 5–15.
6. Островский А. М., Дружинина М. Г., Жаркова А. А., Жарков Д. Ю. Перевозки грузов промышленных предприятий в вагонах операторских компаний / А. М. Островский, М. Г. Дружинина, А. А. Жаркова, Д. Ю. Жарков // Железнодорожный транспорт. – 2013. – № 3. – С. 76–77.
7. Жаркова А. А., Дружинина М. Г. Модель организации перевозок массовых грузов в промышленном регионе / А. А. Жаркова, М. Г. Дружинина // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2017. – № 3. – С. 265–268.

УДК 656.222.4

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ ПОЕЗДОПОТОКА И ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ТРАССЫ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЯХ ДЛЯ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ДВИЖЕНИЯ

А. Р. Черняк, аспирант кафедры «Железнодорожные станции и узлы»  
Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

В последнее время остро ощущается дефицит пропускных и провозных способностей существующих магистральных железнодорожных линий, в т.ч. с учетом изменения направлений поездопотоков и перспектив освоения новых месторождений в Сибири и Дальнего Востока. Имеющиеся резервы по пропуску грузопотока уже использованы. Сейчас для решения этой проблемы реализуется проект БАМ 2.0 [1].

К 2019 г. провозная способность БАМа составляла 20 млн т груза в год; сейчас БАМ используется в основном для перевозки полезных ископаемых – руды, каменного угля, минерально-строительных грузов, меди, углеводородного сырья.

Перспективное развитие новых месторождений в Сибири и на Дальнем Востоке ограничивается, в частности, возможностями транспортной инфраструктуры Восточного полигона железных дорог. В рамках реализуемого проекта по развитию полигона уложено 235 км дополнительных главных и станционных путей, построено или реконструировано 35 железнодорожных станций, 21 тяговая подстанция, 14 новых, построены и модернизированы 36 искусственных сооружений. Все это в совокупности повысило провозную способность до 158 млн т груза в год, а прирост к ВВП составил 3 %.

В 2023 г. началась реализация проект БАМ 3.0 [2]. Проект подразумевает увеличение провозной способности до 255 млн т груза к 2032 г. с помощью строительства дублеров Кузнецовского, Северомуйского и Кодарского тоннелей, а также новых мостов через Амур и Енисей. Также предполагается строительство 1184 км дополнительных вторых и 674 третьих главных путей. Для развития провозной способности БАМа и Транссиба с 197 млн т (перспективная по окончании проекта БАМ 2.0) до 255 млн т (проект БАМ 3.0) необходимо затратить 52 млрд руб. на каждый добавленный миллион тон груза к провозной способности.

В ближайшем будущем предприятия, ориентированные на перевозку с использованием Восточного полигона, смогут предоставить к перевозке 332,6 млн т груза, а оценочный спрос – более 537,2 млн т груза в год [3].

Очевидно, что в ближайшем будущем грузопоток через Восточный полигон будет увеличиваться за счет разведки и освоения месторождений полезных ископаемых [4].

Стратегия государства в области увеличения провозной и пропускной способностей транспортной инфраструктуры Восточного полигона в большей степени направлена на модернизацию уже существующей магистрали. Это может быть эффективно в краткосрочной перспективе, но в долгосрочной при освоении новых месторождений в северных широтах России снова встанет проблема увеличения провозной способности.

Анализ мирового опыта использования железнодорожных линий с высокими провозными способностями [5–8] показал закономерность: почти все страны-лидеры в тяжеловесном движении используют специализированные железнодорожные грузовые линии, которые запроектированы и построены по своим нормативам и правилам, имеют свои средства СЦБ и связи, свою технологию работы с поездами и др.

Создание комплексной модели, состоящей из функциональных блоков, позволит рассчитать параметры необходимой и достаточной транспортной инфраструктуры по обеспечению бесшовной

технологии перемещения вагонопотока от мест зарождения массовых грузов до мест погашения. Под бесшовной технологией понимается исключение из перевозочного процесса непроизводительных (обусловленных недостатками инфраструктуры и технологии и увеличивающих оборот вагона) операций, а также задержек в пропуске и переработке поездопотока. К таким операциям можно отнести скрещения и обгон поездов, маневровую работу, связанную с расформированием состава и формированием отдельных подач на фронты погрузки/выгрузки и т.п.

Для расчета транспортной инфраструктуры необходимо задавать некоторые параметры поезда и линии как константы для последующей оптимизации. Такими параметрами служат руководящий уклон будущей специализированной грузовой линии и грузопоток, который необходимо пропустить от мест зарождения до мест погашения.

Для этого необходимо произвести некоторый итерационный расчет основных параметров поездопотока: масса поезда, длина в вагонах и метрах, количество поездов для освоения. Предлагаемая блок-схема для формирования базы данных для этого расчета представлена на рис. 1. Из блок-схемы видно, что итогом будет выявление зависимостей между руководящим уклоном и массой, длиной (в вагонах и метрах) поезда, а также количество поездов в год и в сутки.



Рис. 1. Блок-схема для итерационного расчета основных параметров поездопотока

Максимальная допустимая масса поезда зависит от мощности, тяговых характеристик и массы локомотива; руководящего уклона; массы брутто вагонов, структуры состава по типам и массе вагонов; количества осей вагонов.

На массу поезда влияют ограничения: возможность трогания с места, возможность размещения поезда в пределах полезной длины приемоотправочных путей, допустимые нагрузки на автосцепные устройства. Ранее получены аппроксимирующие аналитические функции, связывающие максимальную массу поезда и величину руководящего уклона  $i_p$  для современных серий электровозов при использовании вагонов с разной осевой нагрузкой на звеньевом пути (таблица 1).

Таблица 1

Аппроксимирующие функции по определению массы поезда в зависимости от руководящего уклона на звеньевом пути

Серия локомотива	Вид аппроксимирующей функции	Коэффициент достоверности аппроксимации, $R^2$
Для осевых нагрузок 30 т/ось		
4ЭС5К	$Q = 110076 i_p^{-0,835}$	0,99
3ЭС5К	$Q = 82559 i_p^{-0,834}$	0,99
2ЭС5К	$Q = 55039 i_p^{-0,834}$	0,99
2ЭС8	$Q = 66849 i_p^{-0,832}$	0,99
3ЭС8	$Q = 100392 i_p^{-0,832}$	0,99

Серия локомотива	Вид аппроксимирующей функции	Коэффициент достоверности аппроксимации, $R^2$
Для осевых нагрузок 27,5 т/ось		
4ЭС5К	$Q = 106228 i_p^{-0,823}$	0,99
3ЭС5К	$Q = 79674 i_p^{-0,823}$	0,99
2ЭС5К	$Q = 53116 i_p^{-0,823}$	0,99
2ЭС8	$Q = 64509 i_p^{-0,821}$	0,99
3ЭС8	$Q = 96877 i_p^{-0,821}$	0,99
Для осевых нагрузок 25 т/ось		
4ЭС5К	$Q = 101938 i_p^{-0,81}$	0,98
3ЭС5К	$Q = 76456 i_p^{-0,81}$	0,98
2ЭС5К	$Q = 50970 i_p^{-0,81}$	0,98
2ЭС8	$Q = 61899 i_p^{-0,808}$	0,98
3ЭС8	$Q = 92959 i_p^{-0,808}$	0,98

На основании полученных функций зависимости и заданного руководящего уклона рассчитывается масса поезда. Далее на основании определенной массы можно рассчитать длину состава (в вагонах и метрах), необходимое количество поездов в год и сутки для освоения заданного объема перевозки.

Количество вагонов в составе

$$n_{\text{сост}} = \frac{Q_{\text{сост}}}{(q_{\text{бр}} - q_{\text{тр}}) \cdot \alpha_{\text{исп}}}, \quad (1)$$

где  $q_{\text{бр}}$  – масса брутто вагона, т;  $\alpha_{\text{исп}}$  – коэффициент использования грузоподъемности при перевозке заданного вида груза;  $q_{\text{тр}}$  – масса тары вагона, т.

Тогда длину поезда можно определить:

$$l_{\text{поезд}} = n_{\text{сост}} \cdot l_{\text{ваг}} + n_{\text{лок}} \cdot l_{\text{лок}}, \quad (2)$$

где  $l_{\text{ваг}}$  – длина вагона, м;  $n_{\text{лок}}$  – количество локомотивов в составе поезда;  $l_{\text{лок}}$  – длина локомотива, м.

Количество поездов в год:

$$N_{\text{поезд в год}} = \frac{\Gamma \cdot 10^6}{Q_{\text{сост}}}, \quad (3)$$

где  $\Gamma$  – объем перевозок, который необходимо освоить, т.

Количество поездов в сутки укрупненно:

$$N_{\text{поезд в сут}} = \frac{N_{\text{поезд в год}}}{365}. \quad (4)$$

В таблице 2 произведен расчет для электровоза 2ЭС5К и вагонов с осевой нагрузкой 30 т/ось с перспективной провозной способностью специализированной железнодорожной грузовой линии 500 млн т в год. Расчеты приведены на основании алгоритма, представленного на рис. 2, и вышеуказанных формул для одного локомотива в голове состава. Постановка дополнительных электровозов в середину или хвост поезда позволит компенсировать усилия по преодолению руководящего уклона и повысить массу поезда. Также необходимо учитывать нагрузку по сжатию и растяжению, которую воспринимают автосцепные устройства. Поэтому в мировой практике

встречается равномерное распределение поездных локомотивов по длине состава для того, чтобы компенсировать эти усилия. В некоторых странах используется специальный «тормозной» локомотив, который позволит более «прицельно» производить торможение на конечных и промежуточных остановках. Однако, чтобы детально проанализировать силы, которые будут действовать на автосцепные устройства, необходимо иметь информацию о продольном профиле, которая на предпроектном этапе зачастую неизвестна. Поэтому параметром первого порядка предлагается считать руководящий уклон, а остальные параметры (второго порядка) будут рассчитываться.

Таблица 2

Расчет необходимых для проектирования линии параметров поезда, зависящих от величины руководящего уклона

Уклон, ‰	Масса поезда, т	Длина поезда, ваг.	Длина поезда, м	Поездов в год, п/год	Поездов в сутки, п/сут
0,0	46147	383	5744	1084	3
0,5	30822	255	3829	1622	5
1,0	23114	191	2865	2163	6
1,5	18475	152	2285	2706	8
2,0	15376	127	1898	3252	9
2,5	13160	108	1621	3799	11
3,0	11496	94	1413	4349	12
3,5	10201	83	1251	4902	14
4,0	9164	75	1121	5456	15
4,5	8315	68	1015	6013	17
5,0	7608	62	927	6572	18
5,5	7009	57	852	7134	20
6,0	6495	53	788	7698	21
6,5	6050	49	732	8264	23
7,0	5661	46	684	8833	24
7,5	5317	43	641	9404	26
8,0	5011	40	602	9978	27
8,5	4738	38	568	10554	29
9,0	4491	36	537	11132	31
9,5	4269	34	510	11713	32
10,0	4066	32	484	12297	34

На рис. 2 по результатам таблиц 1 и 2 приведены графики изменения количества поездов, необходимого для освоения заданного объема перевозок, при разных сериях электровозов, а также аппроксимирующие зависимости.

С ростом руководящего уклона увеличиваются и потребные размеры движения. Это приведет к увеличению путевого развития отдельных пунктов, а также увеличит количество тягового и нетягового подвижного состава для освоения необходимого объема перевозки. Таким образом, возникает задача поиска рационального соотношения между капитальными вложениями в развитие инфраструктуры и приобретение нового подвижного состава.

На рис. 4 приведен полученный график зависимости длины поезда от руководящего уклона и серии используемого электровоза. Длина поезда – важный параметр, от которого зависит путевое развитие отдельных пунктов, в т.ч. в местах зарождения и погашения грузопотока [9]. Также

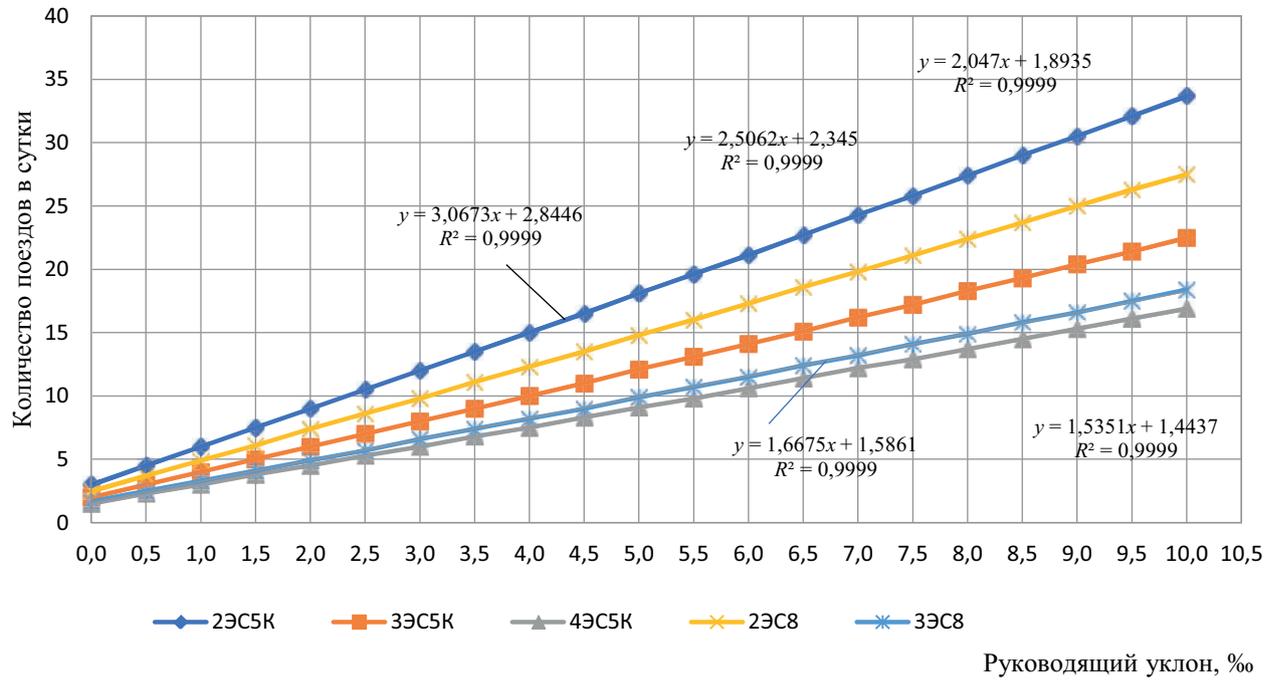


Рис. 2. Среднесуточное количество поездов в зависимости от серии электровоза и руководящего уклона при заданных объемах перевозки

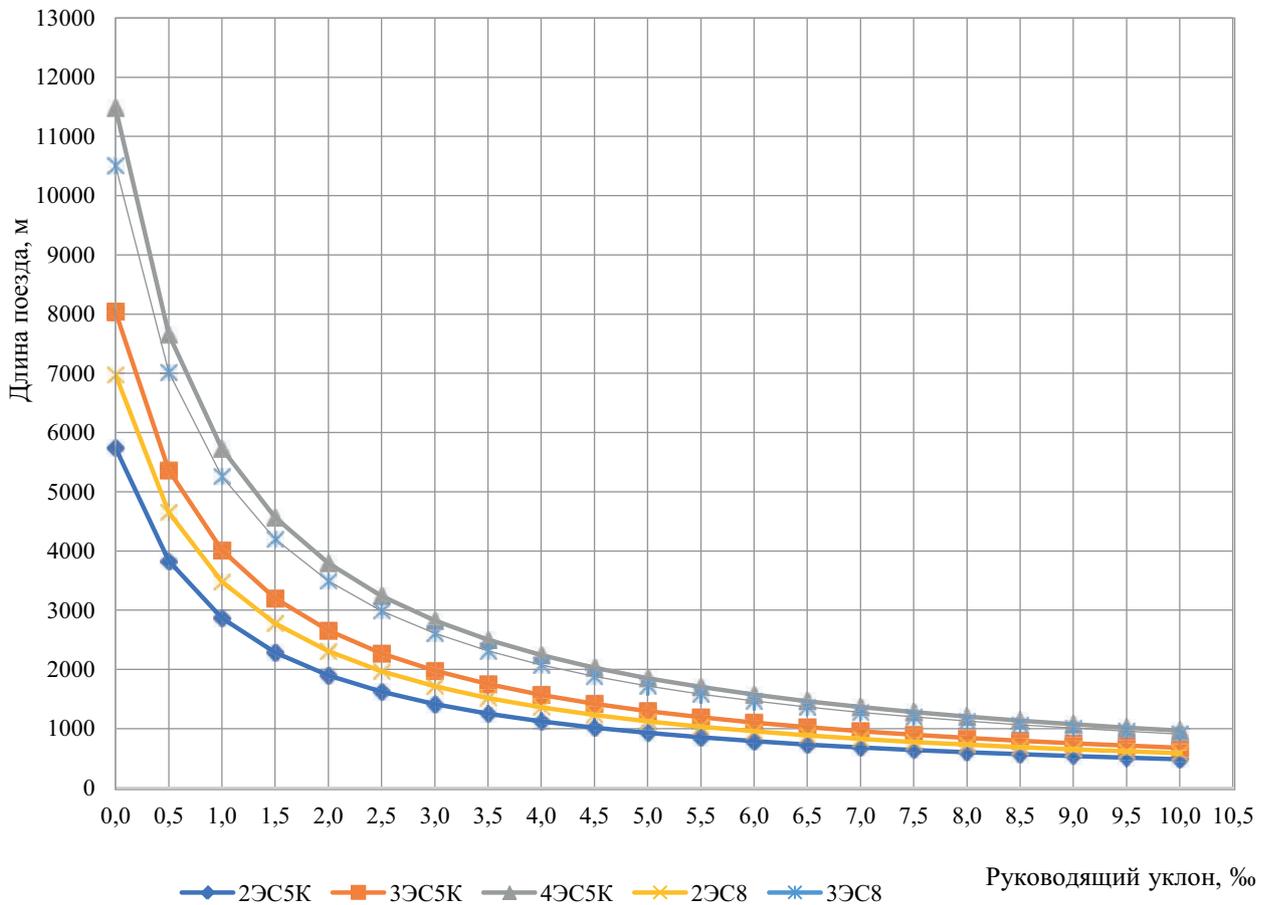


Рис. 3. Зависимость длины поезда от руководящего уклона при использовании электровозов разных серий

длина поезда влияет и на технологию работы с поездом, длительность выполнения технологических операций, пропускную способность (интервалы) и другое.

При проектировании отдельных пунктов на специализированных железнодорожных грузовых линиях может не быть жесткой привязки к нормативным значениям полезной длины приемоотправочных путей, используемым на классических линиях для смешанного движения (кроме случая, когда предполагается передача этих поездов без изменения массы и длины на прилегающую обычную магистральную линию), поэтому первоочередным фактором будет выступать наличие необходимых площадок и возможность строительства пути определенной длины в местных условиях.

Состав поезда в среднем равен 240 вагонам. В отдельных случаях, например, в ЮАР и Бразилии, в поездах может быть 320–400 вагонов. При этом средняя длина поезда варьируется от 2,4 до 3,2 км.

На рис. 3 это диапазон изменения руководящего уклона от 2,0 до 4,5 ‰, но на диаграмме приведены графики при использовании одного поездного электровоза в составе, в мировой же практике количество локомотивов в поезде может изменяться от трех до семи в разных частях состава.

В результате проведенных научных исследований получены зависимости массы поезда от руководящего уклона при использовании электровозов разных серий на звеньевом пути при использовании вагонов с осевыми нагрузками 25, 27,5 и 30 т/ось; определена зависимость длины и массы поезда, а также количества поездов для освоения заданного объема перевозки от величины руководящего уклона.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Российские железные дороги, проект БАМ 2.0. URL: <https://rzd-bam.ru/> (дата обращения: 15.11.2023).
2. Российские железные дороги. БАМ встал в третью очередь. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=191397> (дата обращения: 10.11.2023).
3. Коммерсантъ. БАМ дешевет на мостах. URL: <https://www.kommersant.ru/daily?from=burger> (дата обращения: 12.11.2023).
4. Кремль. Пленарное заседание восьмого Восточного экономического форума : официальный сайт. – Москва, 2012. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/72259> (дата обращения 12.11.2023).
5. Черняк, А. Р. Особенности путевого развития специализированных железнодорожных линий для обеспечения бесшовных технологий перевозки тяжеловесных грузов / А. Р. Черняк, С. В. Карасев // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 4 (63). – С. 15–27.
6. Черняк А. Р., Карасев С. В. Конструктивно-технологические особенности железнодорожной инфраструктуры, обеспечивающей работу добывающего сектора Австралии // Транспорт и логистика: актуальные проблемы стратегического развития и оперативного управления. – Ростов-на-Дону, 2022. – С. 263–267.
7. Карасев, С. В. Анализ добывающего сектора Австралии и его влияние на железнодорожную сеть в районе Пилбара / С. В. Карасев, А. Р. Черняк // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. – 2021. – № 2 (3). – С. 123–129.
8. Черняк А. Р., Карасев С. В. Конструктивно-технологические особенности железнодорожной инфраструктуры Бразилии по транспортировке железной руды с мест добычи до портов // Управление эксплуатационной работой на транспорте (Уэрт-2022) : сборник трудов Международной научно-практической конференции. – СПб., 2022. – С. 91–98.
9. Черняк, А. Р. Определение количества и размещения отдельных пунктов на специализированных железнодорожных линиях по перевозке массовых грузов / А. Р. Черняк, С. В. Карасев // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. – 2023. – № 2 (9). – С. 17–24.

# ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА

---

УДК 378

## АНАЛИЗ ВОСТРЕБОВАННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТАМИ ТРАНСПОРТНОГО ВУЗА

**И. Н. Пирогова**, старший преподаватель кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
**О. В. Куликова**, канд. пед. наук, доцент кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Образовательная программа современного транспортного вуза ставит своей целью подготовку компетентных и востребованных специалистов и бакалавров в сфере техники и технологии. Успешность обучения на старших курсах во многом определяется качеством математической подготовки, полученной студентами на первых курсах. Хорошее овладение методами математического моделирования не только позволяет эффективно решать прикладные инженерно-технологические задачи при выполнении курсовых проектов и дипломной работы, но и расширяет возможности участия студентов в различной исследовательской деятельности [1].

Диагностика востребованности освоения студентами первых курсов системы математических знаний в период изучения ими дисциплины «Математика» позволяет рационально проектировать педагогическую технологию взаимодействия преподавателя и обучаемых. Проведение опроса выступает методом выявления направлений заинтересованности студентов в получении математических знаний, умений и компетенций.

Обобщение результатов анализа образовательных стандартов и педагогически ориентированной беседы со студентами позволило обозначить четыре приоритетных направления востребованности математической подготовки. Анонимное участие в опросе предполагало выбор студентом одного из четырех утверждений, наиболее точно отражающего его отношение к изучению дисциплины «Математика» [2, 3]. Утверждения, включенные в опрос: 1) изучение математики на 1-2 курсах необходимо для более успешного освоения специальных инженерных дисциплин на старших курсах; 2) изучение математики на 1-2 курсах расширяет возможности для активного участия в проектной и исследовательской деятельности по различным дисциплинам в период обучения в вузе; 3) изучение математики на 1-2 курсах вызывает трудности, которые необходимо преодолеть только для прохождения программы обучения в вузе; 4) изучение математики на 1-2 курсах не входит в сферу интересов и требует только формального выполнения минимального объема заданий.

Представляется целесообразным провести оценку достоверности различия полученных результатов в разных группах с помощью методов непараметрической статистики. Применение критерия Колмогорова – Смирнова [4] позволяет сравнить два распределения студентов по направлениям востребованности математических знаний, полученных в разных учебных группах,

и установить случайность или неслучайность некоторых расхождений. Наблюдаемое значение этого критерия  $\lambda_{\text{эмп}}$  определяется по формуле:

$$\lambda_{\text{эмп}} = d \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}, \quad (1)$$

где  $n_1$  и  $n_2$  – объемы выборок двух сравниваемых распределений,  $d$  – максимальное абсолютное отклонение эмпирических функций распределения  $F_{n_1}(x)$  и  $F_{n_2}(x)$ ,  $d = \max|F_{n_1}(x) - F_{n_2}(x)|$ .

Критическое значение критерия  $\lambda_{\text{кр}}(\alpha)$  определяется по таблице критерия Колмогорова для соответствующего уровня значимости  $\alpha$  [5]. Если  $\lambda_{\text{эмп}}$  меньше  $\lambda_{\text{кр}}(\alpha)$ , то это означает, что сравниваемые статистические распределения различаются незначимо. Если  $\lambda_{\text{эмп}}$  больше  $\lambda_{\text{кр}}(\alpha)$ , то различия статистических распределений становится значимым.

Исследование востребованности изучения математических знаний проводилось среди студентов первого и второго курсов Уральского государственного университета путей сообщения, обучающихся на технических специальностях и направлениях подготовки. Выборки студентов формировались случайным образом.

Введем обозначение:  $S_1$  и  $S_2$  – это группы студентов первого и второго курсов, обучающихся на технических специальностях, а  $B_1$  и  $B_2$  – это соответственно группы студентов первого и второго курсов, обучающихся на технических направлениях подготовки. Опрос студентов проводился в первые недели 2023–2024 уч. г. Объемы групп  $S_1$  и  $S_2$  составляют соответственно 61 и 69 студентов, а объемы групп  $B_1$  и  $B_2$  – 64 и 63 студентов. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты опроса студентов о востребованности изучения математики

Направления востребованности изучения математики	Группы			
	$S_1$	$S_2$	$B_1$	$B_2$
Успешное освоение специальных инженерных дисциплин на старших курсах	18	40	24	19
Расширение возможности для участия в проектной и исследовательской деятельности в период обучения в вузе	14	8	20	21
Освоение системы математических знаний только для прохождения программы обучения в вузе	15	12	12	15
Формальное выполнение минимального объема заданий по математике	14	9	8	8

Будем рассматривать номер направления востребованности изучения математике как значение дискретной случайной величины, а количество студентов, которые выбрали данное направление как приоритетное, – как ее частоту. В этом случае функция распределения определяется как сумма накопленных относительных частот. Абсолютные отклонения эмпирических функций распределения  $F_{n_1}(x)$  и  $F_{n_2}(x)$  для всех сравниваемых групп студентов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Вычисление величины  $d$  сравниваемых распределений

Величина	Сравниваемые распределения			
	$S_1$ и $S_2$	$B_1$ и $B_2$	$S_1$ и $B_1$	$S_2$ и $B_2$
1	0,303	0,073	0,080	0,278
2	0,171	0,053	0,163	0,061
3	0,100	0,002	0,105	0,003
$d$	0,303	0,073	0,163	0,278
$\lambda_{\text{эмп}}$	1,72	0,41	0,91	1,60

Эмпирические значения  $\lambda_{\text{эмп}}$  критерия Колмогорова – Смирнова (таблица 2) вычисляются по формуле (1). Критическое значение критерия Колмогорова – Смирнова определяется на уровне значимости 0,05 и равно 1,36 [5].

Эмпирическое значение критерия Колмогорова – Смирнова для сравниваемых групп студентов  $B_1$  и  $B_2$ ,  $S_1$  и  $B_1$  меньше критического значения. Это означает, что эти сравниваемые распределения различаются незначимо. Студенты, обучающиеся на первом и втором курсах на технических направлениях подготовки, проявляют одинаковые направления востребованности. Незначительный период изучения математики 2-3 семестра не позволяет изменить отношение студентов к изучению математики. Студенты, обучающиеся на первом курсе технических специальностей и направлений подготовки, выбирают приоритетные направления востребованности, опираясь на свое отношение к изучению математики, сформированное еще в школе.

Эмпирическое значение критерия Колмогорова – Смирнова для сравниваемых групп студентов  $S_1$  и  $S_2$ ,  $S_2$  и  $B_2$  больше критического значения. Это означает, что эти сравниваемые распределения различаются значимо. Студенты, обучающиеся на первом и втором курсах на технических специальностях, проявляют разные направления востребованности. Большой период изучения математики 4 семестра позволяет изменить отношение студентов к изучению математики. Студенты, обучающиеся на втором курсе технических специальностей и направлений подготовки, выбирают приоритетные направления востребованности, опираясь на свой опыт изучения математики в вузе.

Результаты проведенного исследования отражают востребованность изучения математики по всем четырем выделенным направлениям. Проектирование дидактического обеспечения преподавания вузовского курса математики должно включать разноуровневые учебные и познавательные задачи для студентов, обучающихся на технических специальностях и направлениях подготовки [6].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кошечева И. К., Шуклина Е. А. Потребностно-мотивационные модели образовательной деятельности студентов негосударственных вузов: опыт эмпирического социологического анализа. *Образование и наука // Образование и наука*. – 2003. – № 6 (24). – С. 90–104.
2. Щагина, Г. В. Комбинационность обработки данных педагогического исследования математическими и статистическими методами / Г. В. Щагина // *Вестник Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета*. – 2020. – № 4 (157). – С. 243–255.
3. Кондрашова, Е. В. Применение методов математической статистики при проведении педагогического эксперимента / Е. В. Кондрашова // *Современные наукоемкие технологии*. – 2021. – № 2. – С. 162–169.
4. Афанасьев, В. В. Математическая статистика в педагогике / В. В. Афанасьев, М. А. Сивов. – Ярославль : Изд-во ЯГПУ, 2010. – 76 с.
5. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика / Н. Ш. Кремер. – 2-е изд. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 573 с.
6. Куликова, О. В. Расчетные тестовые задания для дистанционной оценки математических знаний в транспортном вузе / О. В. Куликова // *Информация и образование: границы коммуникаций*. – 2022. – № 14 (22). – С. 363–365.

УДК 517.95+533.6

## ЗАДАЧА КОШИ ДЛЯ ДВУМЕРНЫХ ТЕЧЕНИЙ ГАЗА, ГРАВИТИРУЮЩЕГО ПО НЬЮТОНУ В ПРОСТРАНСТВЕ $R^2$

С. Л. Дерябин, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
 А. П. Садов, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
 Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

В работе рассматриваются изэнтропические течения идеального газа, гравитирующего по Ньютону. В качестве математических моделей получены двумерные интегро-дифференциальные системы уравнений газовой динамики для политропного газа. Для полученных уравнений поставлена задача Коши во всем пространстве  $R^2$ . Решение задачи построено в виде степенных рядов. Коэффициенты рядов найдены при решении алгебраических уравнений с интегральными правыми частями. Получены ограничения на начальные условия задачи Коши, при которых сходятся несобственные интегралы в правых частях алгебраических уравнений.

В работах [1–4] удалось построить одномерные дифференциальные модели уравнений газовой динамики и решить основные начально-краевые задачи об истечении газа в вакуум.

В данной работе исследуется задача Коши для двумерных интегро-дифференциальных систем уравнений газовой динамики с начальными данными, поставленными во всем пространстве  $R^2$ .

Система уравнений, описывающая двумерные изэнтропические течения газа, гравитирующего по Ньютону, имеет вид

$$\begin{aligned} c_t + uc_x + vc_y + \frac{\gamma-1}{2}c(u_x + v_y) &= 0, \\ u_t + uu_x + vu_y + \frac{2}{\gamma-1}cc_x &= \\ &= -2G \iint_D c^{\frac{2}{\gamma-1}}(t, \xi_1, \xi_2) \frac{x - \xi_1}{(x - \xi_1)^2 + (y - \xi_2)^2} d\xi_1 d\xi_2; \\ v_t + uv_x + vv_y + \frac{2}{\gamma-1}cc_y &= \\ &= -2G \iint_D c^{\frac{2}{\gamma-1}}(t, \xi_1, \xi_2) \frac{y - \xi_2}{(x - \xi_1)^2 + (y - \xi_2)^2} d\xi_1 d\xi_2. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $D = R^2$  – область, занимаемая газом;  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Нм}^2}{\text{кг}^2}$  – гравитационная постоянная;  $u, v$  – декартовы координаты вектора скорости газа;  $c$  – скорость звука газа.

Интегралы в правой части системы (1) запишем в полярной системе координат

$$\xi_1 - x = r \cos \varphi, \quad \xi_2 - y = r \sin \varphi, \quad d\xi_1 d\xi_2 = r dr d\varphi.$$

Соответственно, пределы интегрирования будут иметь вид

$$D: \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \quad 0 \leq r < \infty.$$

Тогда система (1) при  $n = \frac{2}{\gamma-1}$  переписывается в виде

$$\begin{aligned}
 c_t + uc_x + vc_y + \frac{1}{n}c(u_x + v_y) &= 0, \\
 u_t + uu_x + vv_y + ncc_x &= \\
 &= -2G \int_0^{2\pi} \left[ \int_0^\infty c^n(t, x + r \cos \varphi, y + r \sin \varphi) \right] \cos \varphi d\varphi; \\
 v_t + uv_x + vv_y + ncc_y &= \\
 &= -2G \int_0^{2\pi} \left[ \int_0^\infty c^n(t, x + r \cos \varphi, y + r \sin \varphi) \right] \sin \varphi d\varphi.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Пусть при  $t = t_0$  заданы начальные условия

$$c(t_0, x, y) = c_0(x, y), \quad u(t_0, x, y) = u_0(x, y), \quad v(t_0, x, y) = v_0(x, y). \tag{3}$$

Построим решение задачи (2), (3) в виде ряда по степеням  $t$

$$\mathbf{f}(t, x, y) = \sum_{k=0}^{\infty} \mathbf{f}_k(x, y) \frac{(t-t_0)^k}{k!}, \quad \mathbf{f} = \{c, u, v\}. \tag{4}$$

Нулевые коэффициенты ряда (4) находятся из начальных условий (3).

Для определения остальных коэффициентов ряда получаются следующие алгебраические системы

$$\begin{aligned}
 c_{k+1} &= F_{1k}(x, y), \\
 u_{k+1} &= F_{2k}(x, y) - 2G \int_0^{2\pi} \left[ \int_0^\infty P_k(x, y, r, \varphi) dr \right] \cos \varphi d\varphi; \\
 v_{k+1} &= F_{3k}(x, y) - 2G \int_0^{2\pi} \left[ \int_0^\infty P_k(x, y, r, \varphi) dr \right] \sin \varphi d\varphi.
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$\text{Здесь } P_k(x, y, r, \varphi) = \frac{d^k}{dt^k} \left[ c^n(t, x + r \cos \varphi, y + r \sin \varphi) \right] \Big|_{t=t_0}.$$

**Лемма.** Пусть в окрестности точки  $M_0(x_0, y_0)$  заданы аналитические функции  $u_0(x, y)$ ,  $v_0(x, y)$ ,  $c_0(x, y) = \frac{c_{00}(x, y)}{x \cdot y}$ . Если функции  $c_{00}(x, y)$ ,  $u_0(x, y)$ ,  $v_0(x, y)$  и их частные производные любого порядка ограничены в области  $R^2$ , тогда несобственные интегралы в формулах (5) сходятся.

Лемма доказывается индукцией по  $k$ .

**Замечание.** В построенном решении в формулах (5) в качестве значений внешних несобственных интегралов по  $\varphi$  берутся их главные значения.

Таким образом, выполнено аналитическое исследование для дальнейшего численного моделирования гравитационных волн на большой промежуток времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дерябин С. Л., Чуев Н. П. Сферически симметричное истечение самогравитирующего идеального газа в вакуум // Прикладная математика и механика. – 1994. – Т. 58, Вып. 2 – С. 77–84.
2. Баутин С. П., Дерябин С. Л. Математическое моделирование истечения идеального газа в вакуум. – Новосибирск : Наука, 2005. – 390 с.
3. Дерябин С. Л. Одномерное истечение самогравитирующего идеального газа в вакуум // Вычислительные технологии. – 2003. – Т. 8, № 4. – С. 32–44.
4. Дерябин С. Л., Садов А. П. Математическое моделирование течений самогравитирующегося газа с помощью нестационарных автомодельных переменных // Вестник УрГУПС. – 2022. – № 3(55). – С. 15–22.

УДК 378

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЗАДАНИЙ ПО МАТЕМАТИКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

О. В. Куликова, канд. пед. наук, доцент кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
И. В. Куликова, старший преподаватель кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
Н. О. Борисова, старший преподаватель кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Развитие современной системы высшего профессионального образования связано с непрерывной модернизацией нормативной документации, что приводит к необходимости постоянной модификации методического и дидактического обеспечения учебного процесса согласно быстро изменяющимся требованиям. Успешная адаптация студентов технических специальностей к образовательным программам во многом определяется дополнительными занятиями в рамках их целевой подготовки. Эффективное решение будущими инженерными сотрудниками транспортной отрасли различных производственных задач во многом опирается на хорошую математическую подготовку, полученную ими в школе и в вузе. Преподаватель математики на целевых занятиях анализирует процесс решения учебных задач различной сложности и организует выполнение упражнений для устранения пробелов в знаниях студентов.

Современные информационные технологии и системы электронного обучения позволяют составлять разнообразие систем тестовых заданий с автоматической проверкой результатов их решения. Применение методов непараметрической статистики к результатам выполнения тестовых заданий студентами позволяет оценить эффективность диагностической процедуры. Статистический критерий Фридмана устанавливает значимость расхождения показателей решения учебных заданий при проведении нескольких измерительных процедур [1]. Эмпирическое значение критерия Фридмана вычисляется по формуле

$$\chi^2_{\text{эмп}} = \frac{12n}{k(k+1)} \sum_{i=1}^k \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij} - \frac{k+1}{2} \right)^2, \quad (1)$$

где  $k$  – количество тестов;  $n$  – количество студентов;  $r_{ij}$  – ранг  $i$ -го теста для  $j$ -го студента.

Ранг рассматривается как величина, которая показывает порядковый номер сравниваемых показателей по убыванию или возрастанию. При вычислении критерия Фридмана используется ранжирование по убыванию результатов выполнения студентами дидактических тестов по различным математическим темам. При наличии равных значений показателей им присваивается общий ранг, который равен их среднему арифметическому значению. Критическое значение критерия Фридмана определяется по таблице распределения  $\chi^2$  на уровне значимости  $\alpha$  для числа степеней свободы, равном  $k - 1$ .

Формулируется основная статистическая гипотеза о случайных различиях между полученными в разных условиях значениями показателей. Если эмпирическое значение критерия Фридмана меньше критического, то основная гипотеза принимается. Если эмпирическое значение критерия Фридмана больше критического, то основная гипотеза отклоняется и принимается альтернативная гипотеза о значимом различии значений показателей.

Можно проиллюстрировать применение критерия Фридмана при проведении анализа результатов, например, трех тестирований студентов, занимающихся в группе целевой подготовки по математике. Задания составлялись таким образом, чтобы правильный ответ был представлен целым числом. Продолжительность каждого тестирования составляла 30 минут. Тестовое задание

включает выполнение математических преобразований и вычислений, и оно засчитывалось, если студент предоставляет верный вычисленный им результат. Каждый тест состоит из пяти заданий. Предоставление правильного ответа для каждого задания оценивается одним баллом. Все три тестирования проводились в одной учебной группе в составе 17 студентов, учебные достижения которых представлены в таблице.

Результаты тестирования по математике

$j$	Результаты тестирования			Ранги результатов			$j$	Результаты тестирования			Ранги результатов		
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$r_{1j}$	$r_{2j}$	$r_{3j}$		$T_1$	$T_2$	$T_3$	$r_{1j}$	$r_{2j}$	$r_{3j}$
1	2	3	2	2,5	1	2,5	10	2	3	1	2	1	3
2	2	2	2	2	2	2	11	2	2	3	2,5	2,5	1
3	0	2	1	3	1	2	12	2	3	3	2	1,5	1,5
4	0	0	0	2	2	2	13	1	0	1	1,5	3	1,5
5	0	0	2	2,5	2,5	1	14	0	0	0	2	2	2
6	2	2	2	2	2	2	15	2	2	1	2,5	2,5	1
7	2	1	1	1	2,5	2,5	16	2	2	3	2,5	2,5	1
8	2	2	1	1,5	1,5	3	17	1	2	2	3	1,5	1,5
9	2	2	1	1,5	1,5	3	$\Sigma$			36	32,5	32,5	

Сумма рангов по тесту  $T_1$  составляет 36, а по тестам  $T_2$  и  $T_3$  – 32,5 (таблица). Эмпирическое значение критерия Фридмана вычисляется по формуле (1) и равно 0,50. Критическое значение критерия Фридмана на уровне 0,05 при двух степенях свободы равно 5,99. В нашем случае эмпирическое значение критерия Фридмана меньше критического ( $0,50 < 5,99$ ), следовательно, принимается основная гипотеза. Это означает, что результаты трех тестирований различаются незначительно, что отражает хорошее составление преподавателем дидактической системы учебных заданий для студентов конкретной учебной группы, имеющих пробелы в математической подготовке.

Методически корректно составленная система математических задач с позиции дифференцированного подхода во многом облегчает освоение студентами учебной программы [2]. Включение в исследовательскую деятельность преподавателя количественных методов анализа экспериментальных данных [3–5] создает благоприятные условия для повышения его профессионально-личностного потенциала и целенаправленного совершенствования дидактического обеспечения учебного процесса [6].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В. В., Сивов М. А. Математическая статистика в педагогике – Ярославль : Изд-во ЯГПУ, 2010. — 76 с.
2. Куликова О. В. Расчетные тестовые задания для дистанционной оценки математических знаний в транспортном вузе // Информация и образование: границы коммуникаций. – 2022. – № 14 (22). – С. 363–365.
3. Квашко Л. П., Буркова И. Н. Особенности применения методов сравнительных исследований в педагогике // Вестник социально-гуманитарного образования и науки. – 2022. – № 2. – С. 46–52.
4. Щагина Г. В. Комбинационность обработки данных педагогического исследования математическими и статистическими методами // Вестник Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета. – 2020. – № 4 (157). – С. 243–255.
5. Кондрашова, Е. В. Применение методов математической статистики при проведении педагогического эксперимента // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 2. – С. 162–169.
6. Куликова О. В., Садов А. П., Ягунов С. А., Куликова И. В. Применение статистических методов для анализа результатов учебной работы студентов // Информация и образование: границы коммуникаций. – 2023. – № 15 (23). – С. 384–385.

УДК 656.021

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДЕ НА ПРИМЕРЕ PTV VISION

Ш. Т. Буранова, 4-й курс (научный руководитель – Д. В. Целищев, канд. техн. наук, доцент)  
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

В настоящее время ситуация на дорогах с каждым днем становится все сложнее и требует большего контроля, прогнозирования и расчетов. Увеличение трафика на автомобильных дорогах и интенсивности движения создают одну большую проблему: пробки. Эффективным решением для этой проблемы всегда считалось расширение дорог, увеличение пропускной способности, но, как показывает практика, такой метод в современном мире не дает желаемого результата, так как количество автотранспорта растет пропорционально количеству дорог. Поэтому сейчас активно разрабатывают инструменты, которые позволят равномерно распределять трафик на автодорогах во избежание заторов и аварийных ситуаций. Такими инструментами являются различные программные обеспечения, «умные светофоры», камеры с фото- и видеофиксацией, датчики движения и т. д.

Программы для моделирования транспортных потоков сейчас очень активно используются во всем мире. Моделирование транспортной системы – это сложная задача, которую выполняют высококвалифицированные специалисты с учетом таких факторов, как стоимость, пропускная способность, особенности движения, безопасность дорог, пешеходные зоны и т. д. Существует большое количество таких программных решений, например CUBE Dynasim, Paramics, SUMO, PTV Vision.

PTV Vision – пакет программного обеспечения по планированию транспортных потоков и организации дорожного движения; объединяет в себе полный пакет программного обеспечения для планирования, анализа и организации транспортного движения.

PTV Vision – это программный продукт для транспортного планирования городов и регионов. С его помощью создаются транспортные модели, «цифровые двойники» территории и можно прогнозировать развитие системы в будущем, отвечая на вопрос «А что будет, если...?» [1].

Создавая модель транспортной сети, программа учитывает большое количество факторов. Транспортная модель содержит большой массив данных об организации дорожного движения, информацию о количестве транспортных средств, расписание и маршруты общественного транспорта, а также использует данные о населении и особенностях его поведения.

Также создается качественная модель для прогноза интенсивности движения транспортных и пассажирских потоков, расчета спроса на транспорт, анализа транспортной сети и оценки вариантов развития транспортной инфраструктуры с минимальной погрешностью.

Средства моделирования PTV Vision – универсальный инструмент для создания транспортных моделей различного назначения. Они позволяют решить вопросы транспортного планирования на всех этапах и уровнях. Полученные результаты работы этой программы отличаются высокой точностью и качеством представления.

Существует несколько уровней моделирования транспортных систем.

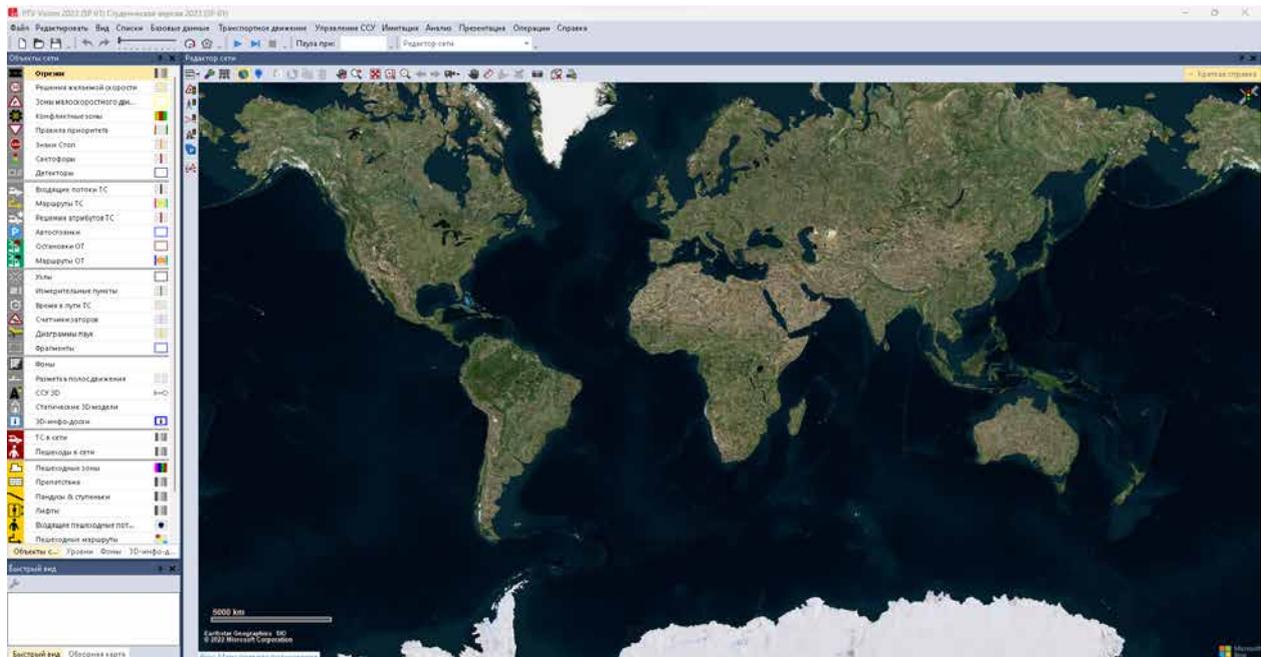
Микроскопический уровень – определенный участок дорожной сети.

Мезоскопический – моделирование движения в городе, агломерации.

Макроскопический – перемещение пешеходов и автотранспорта в стране, регионе, области.

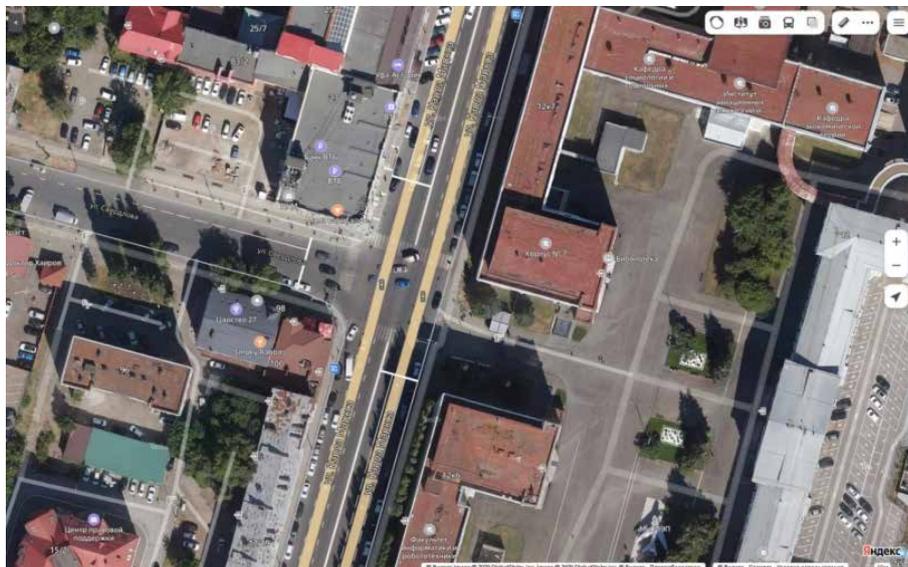
Vissim – это микроскопическая имитационная модель, основанная на временном шаге и поведении, для реалистичного моделирования городского и междугородного движения, включая движение пешеходов. Можно моделировать частный, железнодорожный или автомобильный общественный транспорт.

Транспортный поток моделируется на основе различных параметров (распределение полос движения, состав транспортных средств, управление сигналами и обнаружение частных и общественных транспортных средств).



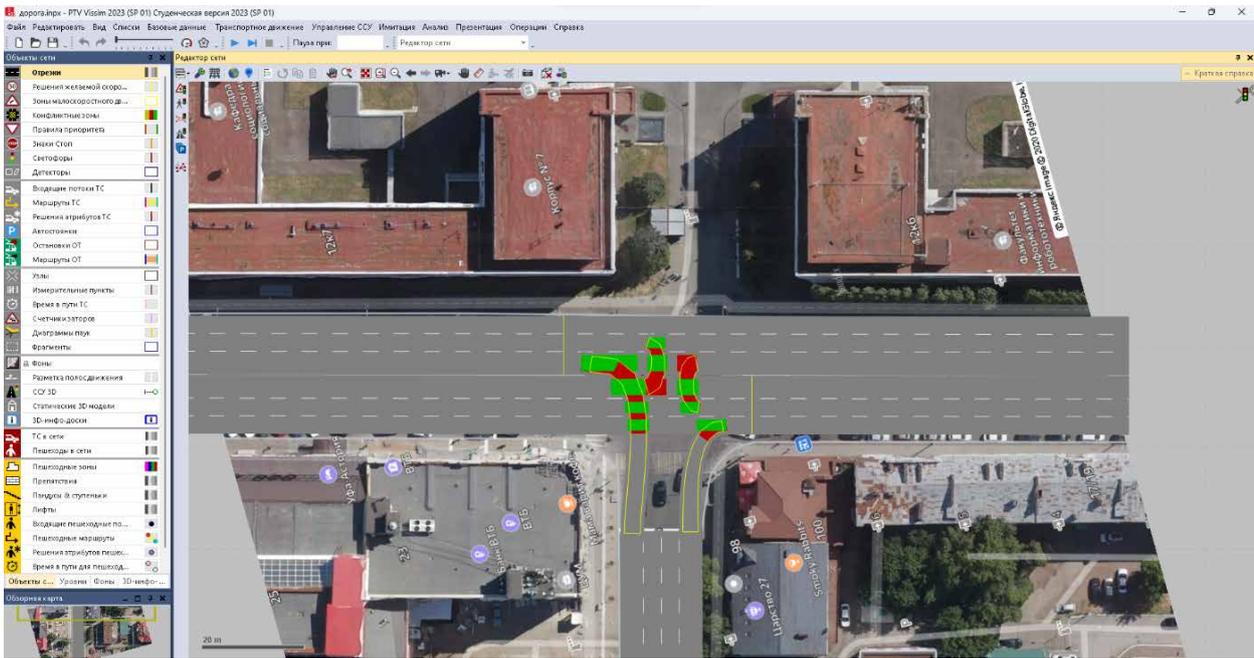
Интерфейс программы PTV-Vissim 2023

Для примера работы программы рассмотрим Т-образный перекресток ул. Карла Маркса – ул. Свердлова в Уфе.



Выбранный перекресток

Чтобы смоделировать перекресток и работать с ним, необходимо выбрать конкретный объект на карте, расположить его в редакторе сети и, используя объекты сети, построить пересечение дорог со всеми нюансами (светофоры, правила приоритета, пешеходные переходы, стоп-линии, автостоянки и т. д.).



Моделирование перекрестка

После построения модели можно воспроизвести, как будет работать перекресток, используя кнопку «Имитация»; станет понятно, есть ли проблемные места на данном пересечении дорог и, если есть, скорректировать объекты сети.

На сегодняшний день моделирование транспортной сети с использованием специальных программ – отличное решение для транспортного планирования. Крупные города не стоят на месте и активно развиваются. Создание единой транспортной инфраструктуры в этом контексте является одной из приоритетных задач. Это требует оценки пропускной способности, а также изучения и моделирования уличного движения [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ultimate Guide to Road Safety Analysis. URL: <https://www.ptvgroup.com/en/application-areas/road-safety-analysis>.
2. PTV Visum. URL : [https://ptvtraffic.com/products/ptv\\_visum/?ysclid=lo75ciitje986346546#application#!tab/461736910-2](https://ptvtraffic.com/products/ptv_visum/?ysclid=lo75ciitje986346546#application#!tab/461736910-2).
3. Транспортное планирование: города должны быть удобными. URL: <https://trasscom.ru/blog/transportnoe-planirovanie/?ysclid=lp47ris78w966993583>.

УДК 656.078

## ВЛИЯНИЕ КОЛЬЦЕВОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА НА ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДОСТУПНОСТИ

А. В. Мартыненко, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
Е. Г. Филиппова, старший преподаватель кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Основной составляющей транспортной системы является железнодорожный транспорт. Так, например, в некоторых азиатских (Китай, Япония) и европейских (Великобритания, Германия) странах весь комплекс преимуществ железнодорожного транспорта применяется для массовых городских и пригородных перевозок пассажиров [1, 2]. В России успешным примером использования городского железнодорожного транспорта служит Московское центральное кольцо [3, 4].

В городской транспортной системе железнодорожный транспорт играет особо важную роль. К основным показателям эффективности такого транспорта для пассажиров главным образом относятся временные затраты на передвижение, состоящие суммарно из времени на пешеходные переходы к общественному транспорту, времени ожидания транспорта, фактическому времени в транспорте и времени, затраченному на пересадку. Транспортная система обладает приемлемой мобильностью и доступностью, если 75 % работающего населения города могут добраться до своих рабочих мест из любой точки города не более чем за 45 минут [5, 6].

Для исследования вопроса влияния характеристик железнодорожного кольца на эффективное функционирование транспортной системы города предлагается модель городской УДС с кольцевым железнодорожным маршрутом. На ее основе исследуется вопрос о влиянии основных параметров кольцевой рельсовой линии (размер, средняя скорость поезда, затраты времени на пересадку и т.п.) на изменение транспортной доступности.

Рассмотрим город  $N$ , в котором транспортная система представлена в виде автобусного движения по взаимно перпендикулярным магистралям. Модель такого города будет представлять собой прямоугольную сетку размера  $n \times n$ , состоящую из  $n^2$  квадратов. Каждый из таких квадратов будем отождествлять с отдельным транспортным районом города, а его центр назовем центроидом.

Для улучшения транспортной доступности добавим к имеющейся транспортной сети городской железнодорожный транспорт, курсирующий по кольцевой линии [6]. В рассматриваемой модели расстояние между узловыми точками примем равным  $d$ . Центр кольцевой линии совпадает с центром прямоугольной сети, а её радиус равен  $d \cdot k$ . На рис. 1 представлена данная модель УДС с кольцевым маршрутом для случая  $n = 6, k = 2$ .

Автобусное движение при этом организовано либо в вертикальном направлении, либо в горизонтальном. Наклонные ребра вокруг узловых точек сети на рис. 1 отождествляются с пересадкой с автобуса одного направления на другое. Вес таких ребер равен времени, которое необходимо пассажиру на пересадку между разными маршрутами общественного транспорта. В модели также учитываются и временные затраты пассажира на пересадку с автобуса на

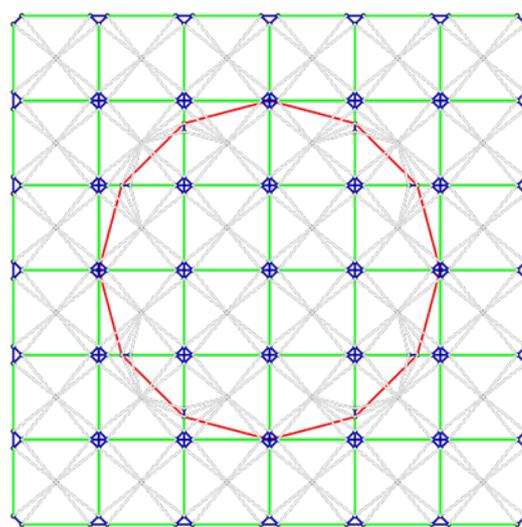


Рис. 1. Визуализация модели УДС с кольцевой линией

кольцевой маршрут и наоборот, а также среднее время, которое необходимо затратить на путь от дома до ближайшей остановки городского транспорта, – это вес ребер, соединяющих вершины сети с центроидами.

Для моделирования работы полученной транспортной системы, изображенной на рис. 1, будем использовать параметры, описанные в таблице.

Описание параметров модели УДС

Параметр, ед. измерения	Описание
$d$ , км	Расстояние между узловыми точками сети
$n$ , шт.	Количество магистралей по каждому направлению
$d \cdot k$ , км	Радиус кольца
$\tau_A$ , ч	Время пересадки между автобусами
$\tau_p$ , ч	Время пешком от центроида до ближайшей остановки
$V_A$ , км/ч	Скорость автобуса
$\tau_T$ , ч	Время пересадки с автобуса на поезд и наоборот
$V_T$ , км/ч	Скорость поезда кольцевой магистрали

В связи с тем, что одна из функций кольцевой железнодорожной линии заключается в сокращении времени поездки из удаленных районов города, произведем расчет продолжительности поездки для каждой пары транспортных районов  $i$  и  $j$  по УДС без использования кольцевого железнодорожного маршрута и с возможностью его использования. Для этого рассмотрим следующие функциональные зависимости, первая из которых позволяет вычислить время поездки только автобусным сообщением, а вторая – с применением городской железнодорожной магистрали:

$$T_{\text{old}}(d, n, k, \tau_A, \tau_f, V_A, i, j), \quad (1)$$

$$T_{\text{new}}(d, n, k, \tau_A, \tau_f, V_A, \tau_T, V_T, i, j). \quad (2)$$

Для наглядной иллюстрации эффективности городской кольцевой железнодорожной линии вычислим все корреспонденции, для которых такой маршрут сокращает временные затраты. В качестве характеристики улучшения рассмотрим коэффициент улучшения, который определяется отношением:

$$k_{\text{улуч}} = \frac{T_{\text{new}}(d, n, k, \tau_A, \tau_f, V_A, \tau_T, V_T)}{T_{\text{old}}(d, n, k, \tau_A, \tau_f, V_A)}. \quad (3)$$

Затем возьмем только те пары вершин центроидов  $(i, j)$ , для которых  $k_{\text{улуч}} < 1$ . Таким образом, получим все корреспонденции, для которых кольцевой железнодорожный маршрут снижает временные затраты. Такие корреспонденции назовем улучшенными [6]. Визуализация изменения кратчайшего пути при использовании кольцевого маршрута и улучшенных корреспонденций с сокращением времени в пути на 20 % представлена на рис. 2, а, б.

Изучим зависимость транспортной доступности от параметров городского железнодорожного маршрута. Для этого вычислим его интегральные показатели эффективности при вариации таких параметров, как радиус кольца, скорость городской электрички и времени, необходимого пассажиру, чтобы совершить пересадку с общественного транспорта на кольцевой маршрут.

Рассмотрим величину  $p_{ij}$  – пассажиропоток из центроида  $i$  в центроид  $j$ . Допустим, что из каждого транспортного района едет одинаковое количество людей, т.е.  $p_{ij} = \text{const}$ , и матрица пассажирских корреспонденций  $P = \text{const}$ . Вычислим суммарные затраты времени, которое тратят пассажиры в транспортной системе только с автобусным сообщением:

$$\sum_{i,j} P_{ij} \cdot T_{\text{old}}(d, n, k, \tau_A, \tau_f, V_A). \quad (4)$$

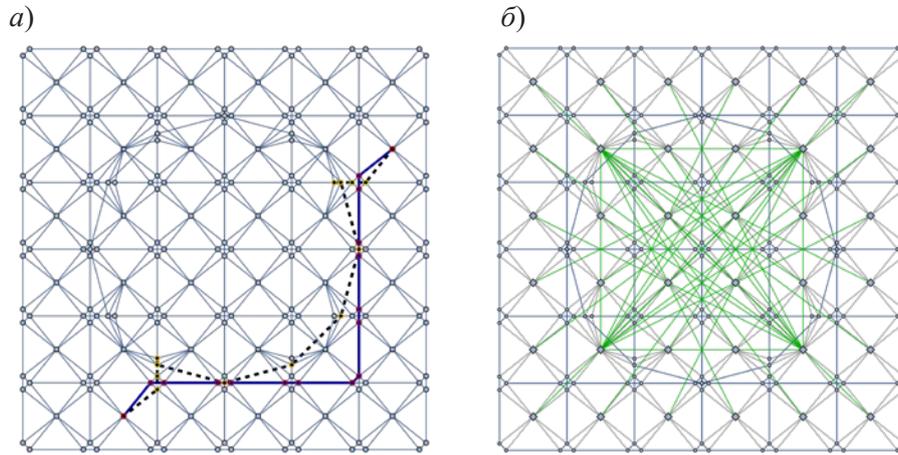


Рис. 2. Визуализация улучшения городской УДС

Аналогичный показатель введем для улучшенной сети с добавлением городской кольцевой железнодорожной линии:

$$\sum_{i,j} P_{ij} \cdot T_{\text{new}}(d, n, k, \tau_A, \tau_f, V_A, \tau_T, V_T). \quad (5)$$

В качестве интегрального показателя улучшения доступности рассмотрим отношение суммарно времени улучшенной и исходной сетей:

$$Z(d, n, k, \tau_A, \tau_f, V_A, \tau_T, V_T) = \frac{\sum_{i,j} P_{ij} \cdot T_{\text{new}}(d, n, k, \tau_A, \tau_f, V_A, \tau_T, V_T)}{\sum_{i,j} P_{ij} \cdot T_{\text{old}}(d, n, k, \tau_A, \tau_f, V_A)}. \quad (6)$$

Одним из базовых параметров, влияющих на продолжительность поездки, является скорость общественного транспорта. Скорость автобусного сообщения оставим фиксированной, а для оценки изменения интегрального показателя будем варьировать скорость поезда от 1 км/ч до 80 км/ч с шагом 1 км/ч. Кроме скорости общественного транспорта, существенное влияние оказывает время, которое пассажир затрачивает на пересадку с одного вида общественного транспорта на другой. Время пересадки между автобусными маршрутами фиксируем, а продолжительность пересадки с поезда на автобус и наоборот будем изменять от 0 до 20 минут с шагом 1 минута. Проанализируем изменение показателя  $Z\left(2, 8, k, \frac{1}{12}, \frac{1}{3}, 23, \tau_T, V_T\right)$  и тем самым ответим на вопрос: при каких характеристиках кольца достигается наилучший транспортный эффект от введения кольцевого маршрута?

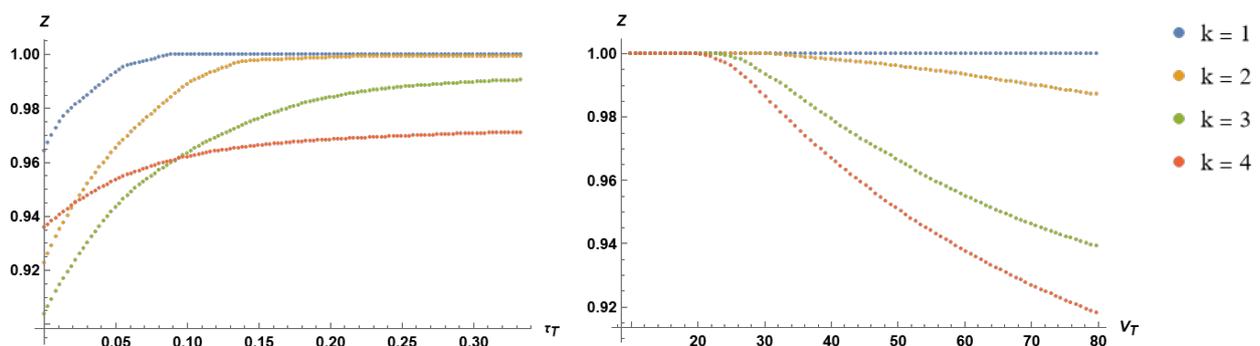


Рис. 3. Изменение интегрального показателя транспортной доступности

Интерпретируя правую часть рис. 3, делаем вывод, что если частота городских электричек на маршруте будет таковой, что время пересадки составит не более 1,2 мин, то железнодорожное кольцо может иметь размер либо  $k = 2$ , либо  $k = 3$  и интегральный показатель доступности составит 0,945, что говорит об улучшении транспортной доступности на 5,5 %. Если же продолжительность пересадки составит 6 минут, то размер железнодорожного кольца может быть как  $k = 3$ , так и  $k = 4$ . С увеличением времени пересадки транспортная доступность будет составлять не более 3 % при кольце наибольшего радиуса. Таким образом, теоретически может быть эффективным любое кольцо, но при условии уменьшения времени ожидания на остановке.

Если же говорить о зависимости размеров кольца от скорости городской электрички, которая будет по нему курсировать, то наибольший эффект улучшения будет при кольце максимального радиуса, и показатель транспортной доступности составит 8 %. Кольца малого радиуса вводить в транспортную сеть города при невысокой скорости поездного состава неэффективно.

Выполненное моделирование показало, что при скорости движения и затратах времени на пересадку с увеличением размеров кольца железнодорожного транспорта будут расти показатели транспортной доступности. И в этом случае максимальный эффект будет достигаться для кольца, диаметр которого равен размерам УДС. Из полученных результатов следует, что если затраты времени на пересадку будут меньше 5 минут, то максимальный эффект будет иметь место для кольца среднего размера.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Маринин С. П. Городской и пригородный железнодорожный транспорт: механизмы внедрения инноваций в строительстве // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 1 (44). – С. 51–54.
2. Савченко-Бельский В. Ю., Савченко-Бельский К. А., Мальцева М. В., Маслова А. П. Организационно-экономические параметры совершенствования транспортно-логистического обеспечения городских агломераций с участием железнодорожного транспорта // Транспортное дело России. – 2022. – № 2. – С. 65–67.
3. Кизим, А. Д. Эффективность использования железнодорожного транспорта в городской транспортной системе / А. Д. Кизим // Логистика – евразийский мост : м-лы XIV Международн. научн.-практ. конф., Красноярск, 24–29 апреля 2019 года / Красноярский государственный аграрный университет. Часть 2. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2019. – С. 91–95.
4. Власов, Д. Н., Бахирев И. А. Московское центральное кольцо как катализатор изменения мобильности жителей // Academia. Архитектура и строительство. – 2018. – № 1. – С. 53–58.
5. Транспортная модель Московского региона / А. Э. Воробьев, А. Ю. Титов, В. А. Гаврилин, А. Ю. Меньшутин [и др.] // Вычислительные технологии в естественных науках. Методы суперкомпьютерного моделирования : сборник трудов. Сер. : Механика, управление и информатика. – Москва, 2015. – С. 49–62.
6. Мартыненко А. В., Филиппова Е. Г. Моделирование влияния городского кольцевого железнодорожного маршрута на транспортную доступность в зависимости от характеристик улично-дорожной сети // Транспорт Урала. – 2023. – № 4 (79).

УДК 303.724.32.039.3

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСХОДЯЩИХ ПАССАЖИРОПОТОКОВ ДЛЯ ТПУ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Д. С. Плотников, студент

А. В. Мартыненко, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Для решения многих задач организации, оперативного управления и планирования транспортного обслуживания населения необходимо иметь как можно более точные инструменты моделирования и прогнозирования пассажиропотоков [1, 2]. В частности, весьма важен вопрос о прогнозировании объемов исходящих пассажиропотоков. Такой прогноз может быть осуществлен для целых транспортных районов, отдельных точек зарождения пассажиропотоков, остановок общественного транспорта или для транспортно-пересадочных узлов (ТПУ).

Для моделирования и прогнозирования исходящих пассажиропотоков используют различные методы: регрессионный анализ [3], имитационное моделирование [4], машинное обучение [5] и т. д. Как правило, в качестве исходных данных для такой модели выступают различные социально-экономические и технические характеристики пункта отправления. При этом основной сложностью при построении модели становится вопрос о ее спецификации и отборе значащих факторов.

Основная цель данной работы – построить регрессионную модель исходящего пассажиропотока для ТПУ в зависимости от характеристик ТПУ и населенности близлежащих к нему жилых домов.

В настоящей работе для построения модели были использованы данные о работе общественного транспорта Екатеринбурга. В частности, платежные данные оператора системы оплаты проезда компании «И-сеть»; данные о маршрутах и остановках общественного транспорта Екатеринбурга; навигационные данные по движению транспортных средств<sup>1</sup>; данные из реестра домов по Свердловской области (этот реестр содержит информацию о различных характеристиках жилых домов, включая их адрес, технические параметры, а также количество проживающих жильцов)<sup>2</sup>.

На основе платежных и навигационных данных для каждой остановки общественного транспорта были рассчитаны объемы отправок пассажиров для временных интервалов с шагом 30 мин. Далее для построения модели будем использовать полученные объемы отправок для утреннего периода: с 6 до 10 утра. Именно для этого периода влияние населенности близлежащих жилых домов должно быть наиболее значимым.

Все остановки общественного транспорта объединены в ТПУ, для чего использовались методы кластеризации. Кластеризация осуществлялась по геокоординатам остановок методом К-средних. В результате все близлежащие друг к другу остановки объединены в ТПУ (рис. 1).

Для каждого жилого дома найдено ближайшее ТПУ; использована диаграмма Вороного центров ТПУ (вся территория города разбита на полигоны так, что все жилые дома, находящиеся в каждом из них, расположены ближе к одному ТПУ, чем ко всем другим). Полученное распределение домов по ближайшим ТПУ представлено на рис. 2.

Для анализа будем использовать модель множественной регрессии, основные обозначения, свойства и методы анализа результатов описаны в [6].

<sup>1</sup> URL: <http://маршрут.екатеринбург.рф/>

<sup>2</sup> URL: <https://аис.фрт.рф>.

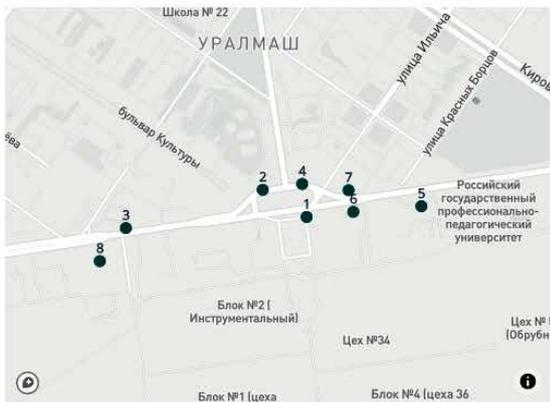
**ТПУ №4 "м. Площадь 1905 года"**



**ТПУ №9 "м. Проспект Космонавтов"**



**ТПУ №424 "пл. 1-й Пятилетки"**



**ТПУ №445 "Таганский ряд"**

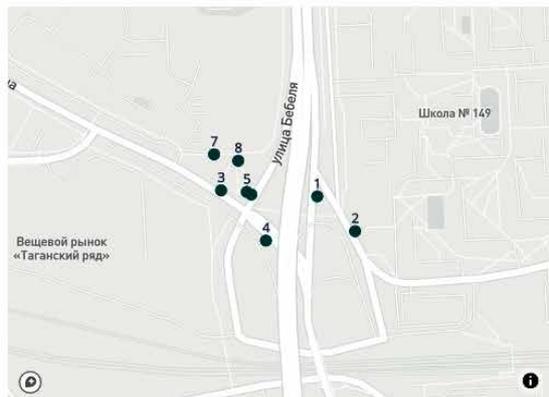


Рис. 1. ТПУ Екатеринбурга

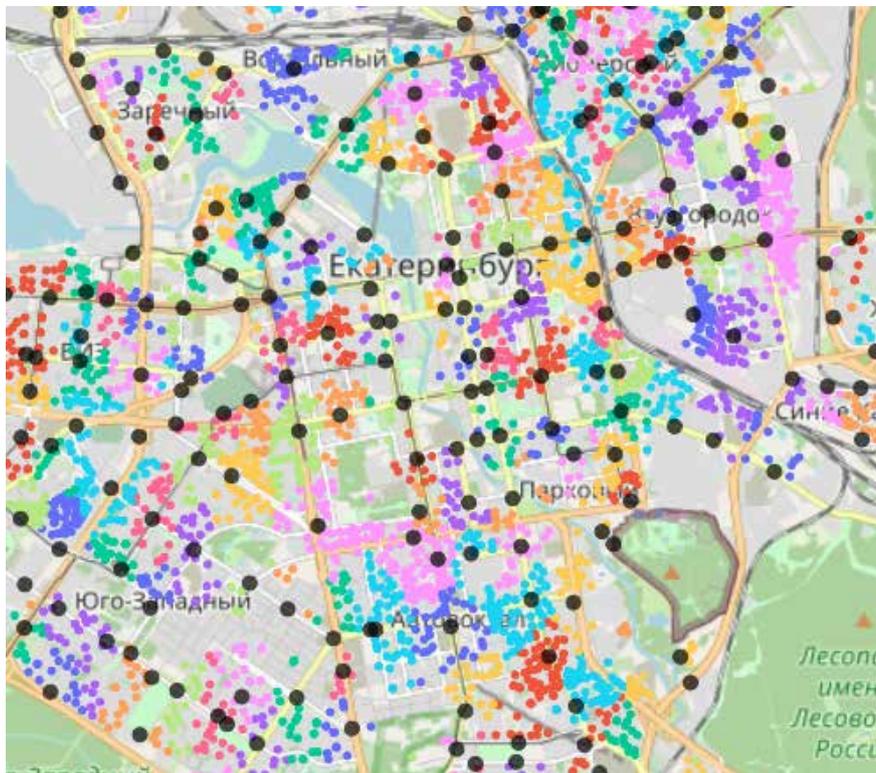


Рис.2. Распределение жилых домов по ближайшим ТПУ (черные точки)

Для моделирования утреннего исходящего пассажиропотока из ТПУ применим линейную регрессию:

$$PAS = \beta_0 + \beta_1 POP + \beta_2 STOP + \beta_3 BUS + \beta_4 TRAM + \beta_5 TROL + \beta_6 METRO + \varepsilon, \quad (1)$$

где PAS – количество пассажиров, отправляющихся из ТПУ в промежуток времени от 6 до 10 ч; POP – населенность всех домов, для которых данное ТПУ является ближайшим; STOP – количество остановок в ТПУ; BUS – количество маршрутов автобусов, проходящих через ТПУ; TRAM – количество маршрутов трамваев, проходящих через ТПУ; TROL – количество маршрутов троллейбусов, проходящих через ТПУ; METRO – принимает значение 1, если в ТПУ есть станции метро;  $\varepsilon$  – случайный член.

Таблица 1

Результаты регрессионного анализа

Коэффициент детерминации		0,849				
Скорректированный коэффициент детерминации		0,847				
F-значение		338,2				
Значимость F		$3,23 \cdot 10^{-168}$				
	coef	std err	t	P >  t	[0,025	0,975]
PAS	-174,8780	40,947	-4,271	0,000	-255,364	-94,392
POP	0,0225	0,008	2,828	0,005	0,007	0,038
STOP	72,2105	14,874	4,855	0,000	42,974	101,447
BUS	47,1639	5,186	9,095	0,000	36,971	57,357
TRAM	37,4359	5,903	6,342	0,000	25,833	49,039
TROL	-1,2559	8,963	-0,140	0,889	-18,874	16,362
METRO	4216,6573	130,560	32,297	0,000	3960,024	4473,290

Как видно из таблицы 1, фактор TROL не является значимым при уровне значимости 5 %, поэтому его можно удалить из модели. Фактор POP имеет  $p$ -значение меньше 5 %, однако его значение существенно превосходит  $p$ -значения для остальных факторов, поэтому имеет смысл рассмотреть модель (1) без TROL и POP. Результаты регрессионного анализа для этого случая представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты построения регрессии для значащих коэффициентов

Коэффициент детерминации		0,843				
Скорректированный коэффициент детерминации		0,841				
F-значение		565,8				
Значимость F		$2,8810 \cdot 10^{-168}$				
	coef	std err	t	P >  t	[0,025	0,975]
PAS	-89,1807	36,067	-2,473	0,014	-160,074	-18,287
STOP	77,4065	14,917	5,189	0,000	48,086	106,727
BUS	46,4887	5,250	8,856	0,000	36,170	56,807
TRAM	36,5003	5,884	6,203	0,000	24,935	48,066
METRO	4199,9605	131,804	31,865	0,000	3940,889	4459,032

Из сравнения таблиц 1 и 2 видно, что качество модели без TROL и POP практически не ухудшилось. Поэтому можно сделать вывод, что POP, как и TROL является незначимым фактором. В итоге получаем зависимость:

$$PAS = -89,2 + 77,4STOP + 46,4BUS + 36,5TRAM + 4120METRO. \quad (2)$$

График остатков и сравнение прогнозных и наблюдаемых значений для уравнения (2) представлены на рис. 2, 3.

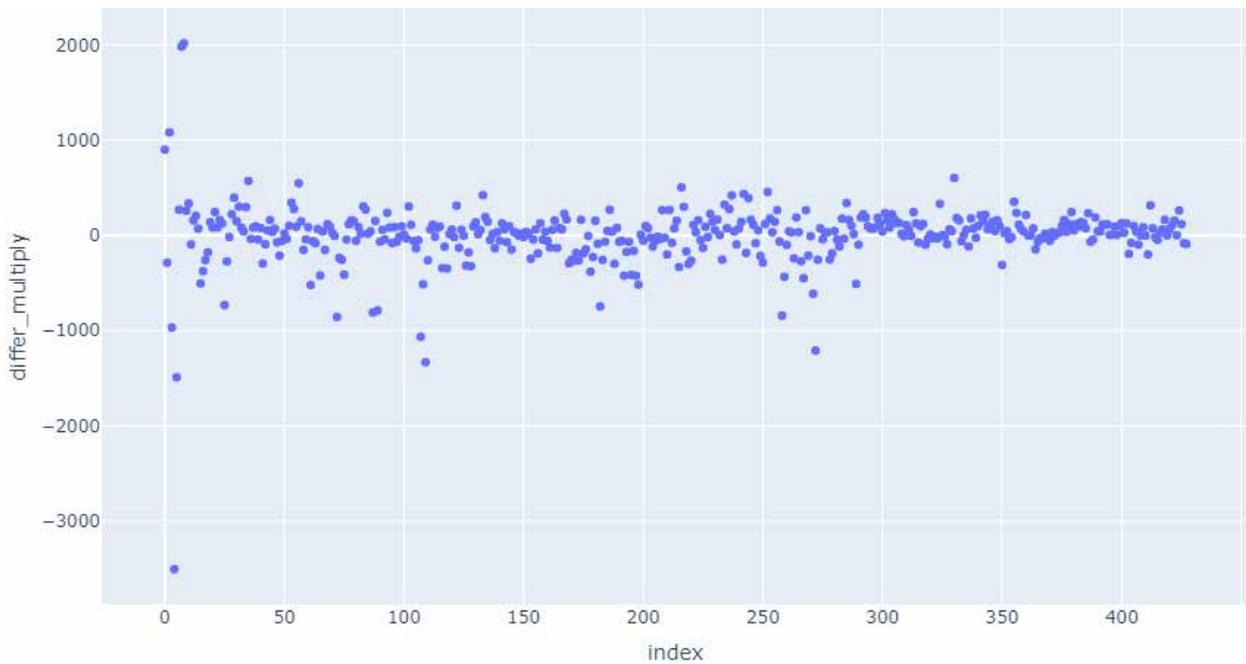


Рис. 3. График остатков

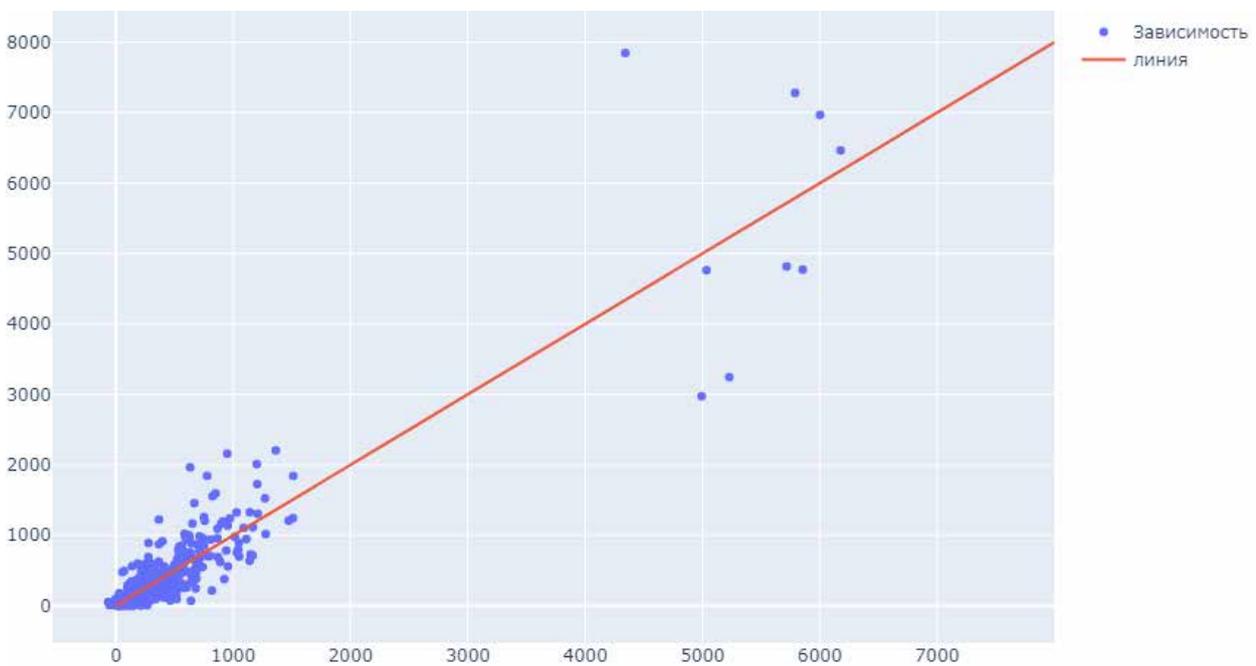


Рис. 4. Сравнение наблюдаемых (ось Y) и прогнозных (ось X) значений

Исходящий из ТПУ пассажиропоток можно моделировать линейной регрессией с достаточно высоким уровнем качества аппроксимации. При этом исходящий пассажиропоток зависит только лишь от характеристик самого ТПУ (количество остановок и маршрутов разного вида транспорта) и не зависит от численности населения в окрестности ТПУ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шипилов Е. С., Раюшкина А. А., Ширяев С. А. [и др.]. Прогнозирование распределения пассажиропотоков по различным видам городского общественного транспорта с учетом требований, предъявляемых пассажирами к перевозкам // Известия Волгоградского государственного технического университета. – Серия: Наземные транспортные системы. – 2010. – Т. 3, № 10 (70). – С. 130–133.
2. Баннов А. С., Литвинов А. В., Вельможин А. В., Гудков В. А. Прогнозирование пассажиропотоков в городской транспортной системе // Известия Волгоградского государственного технического университета. – Серия: Наземные транспортные системы. – 2007. – Т. 2, № 8 (34). – С. 95–98.
3. Жогаль, С. И. Исследование транспортных пассажиропотоков методами дисперсионного и регрессионного анализов / С. И. Жогаль, С. П. Жогаль, М. А. Масловская // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. – 2015. – № 6 (93). – С. 92–96.
4. Евреенова, Н. Ю. Применение имитационного моделирования при управлении работой транспортно-пересадочного узла / Н. Ю. Евреенова // Наука и техника транспорта. – 2020. – № 2. – С. 8–12.
5. Мартыненко, А. В. Влияние сервиса BlaBlaCar на междугородные пассажирские перевозки в Свердловской области / А. В. Мартыненко, К. К. Ваколюк // Железнодорожный транспорт и технологии : сб. тр. Международн. научн.-практ. конф., Екатеринбург, 29–30 ноября 2022 года. – Екатеринбург : УрГУПС, 2023. – С. 224–226.
6. Эконометрика: учеб. пособие / Г. А. Тимофеева, А. В. Мартыненко. – Екатеринбург : УрГУПС, 2015.

УДК 656.025.4

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГРУЗОБОРОТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Д. Г. Пупышев, аспирант (научный руководитель – Г. А. Тимофеева, д-р физ.-мат. наук)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

На сегодняшний день всё большие обороты набирает тенденция освоения новых полигонов развития грузовых перевозок посредством железнодорожного транспорта. Для оптимального планирования развития полигонов необходимо чётко понимать, каковы базовые тенденции изменения грузовых потоков, иметь обоснованные средне- и долгосрочные прогнозы будущих объёмов грузооборота на сети железных дорог и в целом для отдельных регионов в частности. Необходимо также брать во внимание уровень насыщенности, неравномерности распределения и закономерности обновления участников грузовых перевозок. Благодаря конкретизированному прогнозированию будет достигнуто понимание того, какую инфраструктуру, в каком направлении и объёме следует развивать, а также будет возможность определить потенциальные и реальные уровни потребности технических и экономических составляющих железнодорожного транспорта. Таким образом, разработка единой универсальной модели прогнозирования грузооборота в рамках полигона железных дорог весьма актуальна.

Обозначим понятия «прогнозирование», «планирование» и «модель». Модель прогнозирования – это модель объекта прогнозирования, исследование которой позволяет получить информацию о возможных состояниях объекта прогнозирования в будущем и (или) путях и сроках их осуществления. Под прогнозированием понимается предугадывание траектории развития какого-либо события, череды или совокупности событий, а также процессов в будущем. В понятии «планирование» основная суть заключается в построении будущей модели развития чего-либо исходя из уже имеющихся по факту ресурсов и возможностей.

Прогнозирование по своему составу шире планирования в силу того, что прогнозирование производится в условиях неопределённости и риска; в прогнозировании чаще всего происходит соотношение внутренней хозяйственной системы и факторов внешней среды; прогнозирование имеет консультативный характер, а планирование чаще всего является обязательным для выполнения мероприятием; прогнозирование направлено на исследование закономерностей и тенденций, а планирование строится из текущих реалий.

Исследованию моделей прогнозирования грузооборота на железнодорожном транспорте посвящены, в частности, работы [1–4]. Разработаны модели для прогнозирования временных рядов с учетом дополнительных переменных, например, валового внутреннего продукта (ВВП) [1]. К ним относится модель, опирающаяся на представление процесса транспортировки грузов как динамической системы – модель оценки транспортных стратегий ASTRA [1]. В работах М.П. Базилевского проводится тестирование старых и разработка новых способов точечного и интервального прогнозирования с использованием регрессии Деминга, а также сопоставление полученных результатов с прогнозами с использованием регрессионных моделей с различными детерминированными и стохастическими объясняющими переменными на примере моделирования грузооборота железнодорожного транспорта России [2]. В [3] рассматриваются вопросы применения методов прогнозирования перевозок как инструмента оценки загруженности видов транспорта и его элементов в перспективе. В [4] авторы используют нелинейный регрессионный анализ и сценарный подход для прогнозирования погрузки.

Прогнозирование грузооборота зависит от множества факторов, например, от сезона. Этот показатель имеет особое влияние на такие грузы, как зерно и мука (рис. 1).

Как мы видим, с декабря по апрель погрузка зерна осуществляется равномерно (по сравнению с другими временными отрезками). В это время грузовладельцы осуществляют сбыт

накопившейся в резервуарах зерновой продукции. Далее, с апреля по август, происходит сильное снижение. Оно обусловлено тем, что в это время года грузовладельцы направляют основной поток сил на сбор урожая и просушку зерновых культур на элеваторах. Как правило, в этот период запас груза низкий и нового зерна ещё нет. Далее, когда урожай собран, с августа начинается активная погрузка и заключение новых контрактов на поставку. Исходя из данных рассуждений следует, что прогнозирование погрузки зерна при помощи статистического анализа может быть основано на теории временных рядов. Ряд погрузки зерновой продукции описывается аддитивной моделью с сезонной компонентой, отраженной на графике.

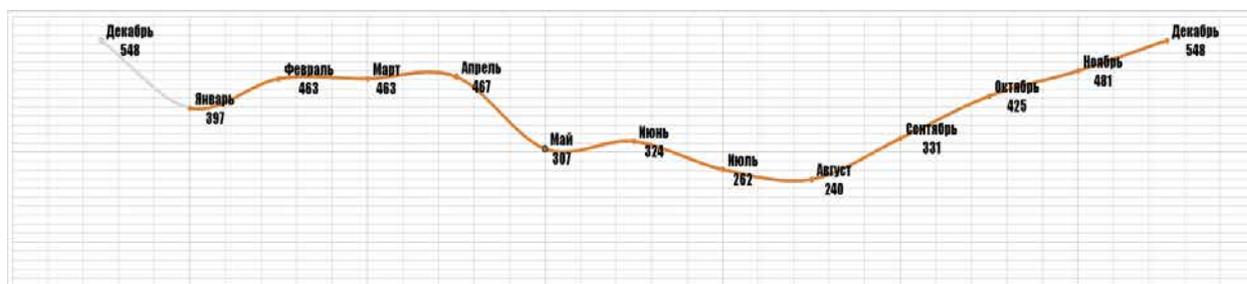


Рис. 1. Среднемесячная динамика погрузки зерновой продукции в 2009–2023 гг., усл. ед.

Рассмотрим такой фактор внешней и внутренней среды, как научный прогресс или достижения в какой-либо области на примере годовой погрузки контейнеров с 2009-го по 2023-й гг. (рис. 2).

Итак, в 2009–2018 гг. погрузка грузов в контейнерах осуществлялась с равномерной линейной динамикой роста. С 2019 г. происходит резкий скачок вверх потому, что на одном из предприятий была впервые произведена новая продукция. В силу этого технического прорыва динамика погрузки грузов в контейнерах существенно увеличилась. Из всего этого мы можем сделать вывод, что при прогнозировании грузооборота нам необходимо учитывать динамику введения новых технических, технологических и эксплуатационных решений грузовладельцев.

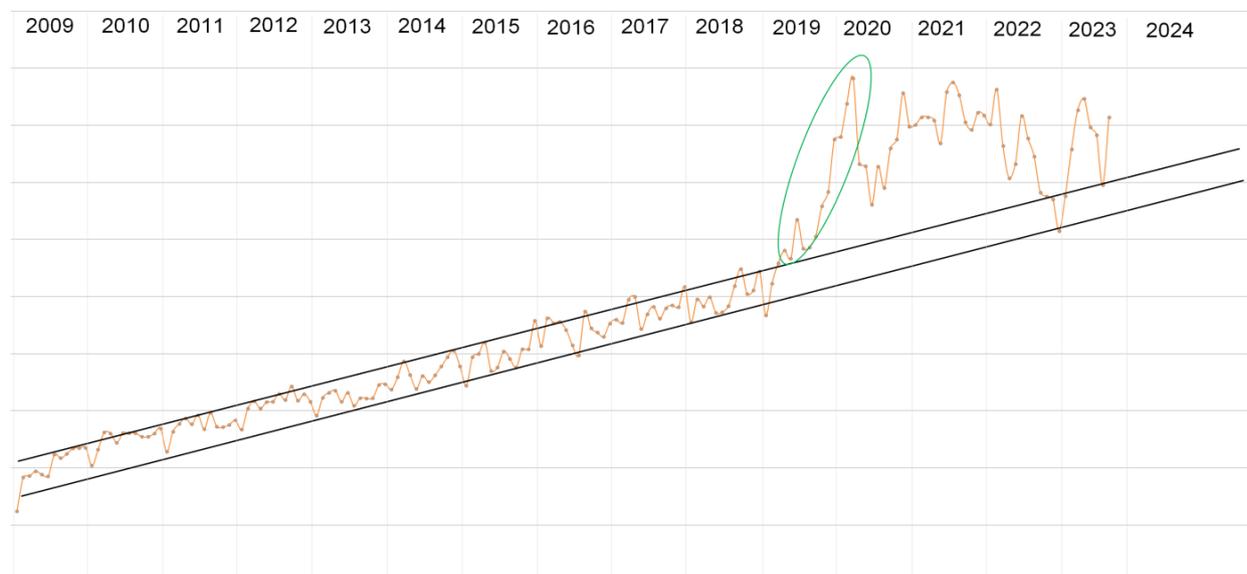


Рис. 2. Погрузка грузов в контейнерах, 2009–2023 гг., усл. ед.

График на рис. 2 также отражает влияние внешней среды на грузооборот. Видим, что в 2022 г. погрузка резко начала сбавлять темы. Это обусловлено тем, что в мире резко изменилась геополитическая обстановка и наступил международный логистический кризис, как следствие, снизился спрос на продукцию.

В структуре грузооборота существуют грузы, имеющие равномерное распределение и слабо подверженные влиянию каких-либо факторов, например, метизы, погрузка которых осуществляется по потребности грузополучателей. Другими словами, это повседневный товар первой необходимости, он есть в достатке у грузовладельцев и без труда достигает конечной цели. Метизы, как правило, представляют собой порожние контейнеры, которые необходимы грузополучателям для погрузки в них грузов своего производства. Среднемесячная погрузка метизов в 2009–2023 гг. представлена на рис. 3.

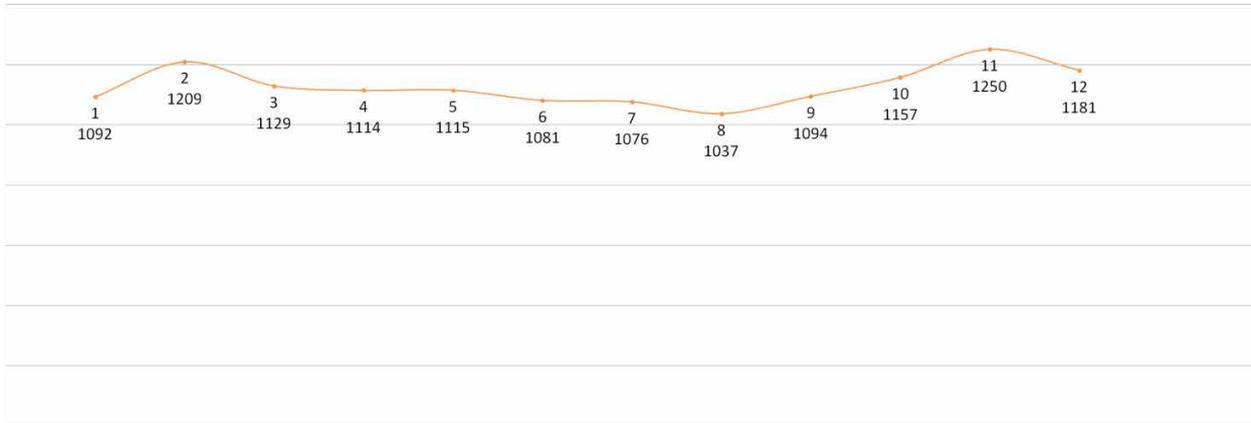


Рис. 3. Среднемесячная погрузка метизов в 2009–2023 гг., усл. ед.

Как мы видим, в общей картине распределение в первом приближении имеет постоянное значение в течение всего года.

Таким образом, для прогнозирования динамики грузооборота на железнодорожном транспорте следует учитывать и динамику следующих факторов: спрос грузополучателей; научный и технологический уровень грузовладельцев; влияние кризисов внешней и внутренней сред предприятий; влияние мировых природных катастроф и происшествий; динамику и частоту ремонтов предприятий; сезонность некоторых номенклатур грузов; частоту появления и исчезновения предприятий; влияние политической деятельности на спектр грузового транспорта; динамику финансовых кризисов, как отдельного государства, так и мирового сообщества в целом.

Для учета такого большого множества объясняющих переменных можно использовать стохастические модели, в частности, множественный регрессионный анализ. При помощи этого метода есть возможность создания универсальной модели прогнозирования, включающей в себя всё многообразие зависимостей, закономерностей и статистики грузооборота. Чтобы прогнозная модель стала полностью автономной и практически не требовала участия человека в прогнозировании, можно использовать нейросетевой анализ, при помощи которого будут обновляться параметры модели на основе данных о мировой ситуации, кризисах предприятий, состоянии научно-технического прогресса и других факторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хуррамов И. Р. Анализ существующих методов прогнозирования грузооборота. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14308> (дата обращения: 29.10.2023).
2. Базилевский М. П. Прогнозирование грузооборота железнодорожного транспорта по регрессионным моделям с детерминированными и стохастическими объясняющими переменными // Экономика. Информатика. – 2019. – № 1.
3. Изотов О. А. Прогнозирование перевозок грузов // Системный анализ и логистика. – 2019. – № 4 (22). – С. 12–19.
4. Краковский Ю. М., Попова Н. Н. Обобщенное прогнозирование показателя погрузки грузов при перевозке железнодорожным транспортом // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2020. – № 3. – С. 43–50.

УДК 629.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ RFID-ИНДИКАТОРА ДЛЯ ИЗОЛЯТОРОВ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Т. А. Несенюк, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрические машины»

В. Н. Соколов, канд. хим. наук, доцент кафедры «Естественнонаучные дисциплины»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Радиочастотная идентификация используется в различных областях: от товарного, транспортного до адресного контроля. RFID-система индикации позволяет получить информацию об объекте бесконтактно, по радиосигналу. Применить RFID-индикацию для автоматизированного контроля состояния изоляторов на воздушных линиях электропередач (ЛЭП) впервые предложено в [1, 2].

Одна из проблем при эксплуатации ЛЭП – преждевременный выход из строя изоляторов из-за пробоя или перекрытия. В качестве диэлектрических материалов в изоляторах используются фарфор, стекло и полимеры. Фарфор, стекло изготавливают из неорганических оксидов кальция, кремния, натрия и калия ( $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ). Эти изоляторы обладают хорошими механическими свойствами, электрическими и химическими свойствами. К недостаткам можно отнести большую массу и хрупкость. В течение эксплуатации при сочетании ряда факторов – загрязнения, перенапряжение, электродинамические нагрузки, увлажнение поверхности – возможен пробой изоляторов с потерей диэлектрического. Полимерные композиционные изоляторы состоят из стеклопластикового стержня и кремнеорганической оболочки. Стекловолокно стержня изготавливается из оксидов кремния  $\text{SiO}_2$ , алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , магния  $\text{MgO}$ , кальция  $\text{CaO}$ , бора  $\text{B}_2\text{O}_3$  и циркония  $\text{ZrO}_2$ , смол-термопластов (полиамиды, полиимиды, полипропилен, полисульфон) и реактопластов (ненасыщенные полиэфирные, винилэфирные, эпоксидные смолы). У полимерных изоляторов малый удельный вес (примерно в десять раз легче неорганических), хорошая стойкость к атмосферным загрязнениям и перенапряжениям. Как полимерные соединения они недостаточно термостойчивы, горючи и подвержены старению (под действием ультрафиолета, радиации, температуры и других факторов происходит деструкция полимерных цепочек), боятся разгерметизации. На фоне этого может происходить ухудшение электрических свойств изоляторов с увеличением риска пробоев.

Своевременно выявлять дефектные изоляторы, осуществлять их замену, ремонт чрезвычайно важно. Проводить обследование ЛЭП довольно трудоемко с учетом больших протяженностей линий, и часто эти осмотры недостаточно качественны. Но проблема не решена в полной мере. В основном используется старый визуальный оптический метод осмотра изоляторов, что, конечно, абсолютно не решает проблемы. Предложены и используются иные методы контроля – контактные и бесконтактные. Это акустический, тепловой, оптический, ультрафиолетовый, инфракрасный, спектральный, радиочастотный методы. С нашей точки зрения, интерес представляет применение специальных встроенных в изоляторы индивидуальных датчиков или близких к этому систем контроля. Предлагается устанавливать на изоляторы одноразовые или многоразовые механические индикаторы, которые разрушаются под действием перенапряжений или при перекрытии изоляторов. Есть пример датчиков емкостного типа с использованием сотовой связи для трансляции данных. Близкое к этому использование ультрафиолетовых датчиков с размещением под каждой опорой, такие датчики будут определять загрязнение изоляторов. Этому направлению посвящена наша работа с использованием RFID-датчика. В целом RFID-технологии известны. Основные ее элементы: радиометка с чипом и антенной, а также считыватель. Применение же этой технологии в электроэнергетике для контроля диэлектриков – новое направление.

Рассмотрим отдельно индикатор для штыревых неорганических изоляторов и полимерных изоляторов.

В стандартном исполнении керамические или стеклянные изоляторы для ВЛ 6–10 кВ закрепляются на стальной штырь через полиэтиленовый колпачок. Для нашей технологии используется модернизированный колпачок с удлиненным на основании для крепления метки. Для снятия тока с внутренней поверхности изолятора нами предложено нанести на полиэтилен колпачка токопроводящий металлический слой. Полиэтилен для электротехнических целей получают при высоком давлении (1500–2500 атм) без использования вредных катализаторов. Химический состав полимера описывается  $[-CH_2-CH_2-]_n$ . Полиэтилен высокого давления очень чист, обладает высоким удельным сопротивлением  $10^{14}-10^{15}$  Ом·м, но низкой адгезией. Последнее было определенной проблемой при выборе способа нанесения и вида покрытия. Проведенные исследования [3, 4] определили металл покрытия: алюминий, наносимый на колпачок способом вакуумной металлизации. Алюминий обеспечивает стекания тока пробоя с внутренней поверхностью изолятора и коррозионно-контактно совместим с материалом метки. Конструктивно радиочастотная метка (разработана при участии специализированного предприятия) представляет собой тонкую алюминиевую прямоугольную полосу (120 на 50 мм) с отходящей антенной – полоска шириной 10 мм и длиной 100 мм, заключенная в гибкий пленочный корпус (рис. 1).

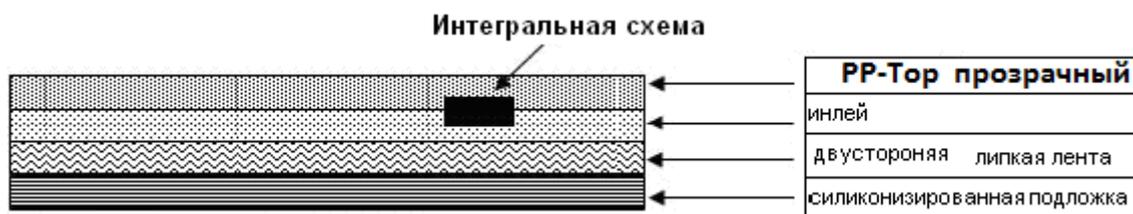


Рис. 1. Структура метки

В метку встроены чип (увч). Метка крепится к нижней части колпачка токопроводящим клеем. Антенна метки плотно соприкасается с металлической поверхностью штыря. С внешней стороны метка запечатана в полипропиленовую пленку, стойкую к атмосферным условиям. Общий вид со сборной конструкцией показан на рис. 2, а.

а)



б)



Рис. 2. Линейные изоляторы с RFID-индикаторами  
а – штыревой; б – полимерный

Характеристики микросхемы чипа: интегральная схема: NXP UCode 8; размер 0,40×0,48 мм; TID 96 бит и EPC 128 бит; рабочая частота – 868 МГц; рабочая температура –50...+75 °С. Автономного питания чип не имеет. Технические характеристики приведены в таблице.

Активирование происходит за счет излучения сканера. RFID-индикатор обеспечивает считывание при прохождении сканера на скорости до 120 км/ч и отсутствие влияния электромагнитного поля до 110 кВ. Индикатор имеет индивидуальный номер, который отображается при сканировании в программном обеспечении.

Технические характеристики для изолятора штыревого

Имлей	Тип (один из)	Функциональный аналог / стандарт
	ИБСК1JD2	Ucode8 / EPC Class1 Gen2
Антенна	U9JJ.2	
Интегральная схема (IC)	UCode8 (NXP)	
TID	96 бит	
EPC	128 бит	
Память пользователя	Отсутствует	
Пароль на доступ к памяти (Access password)	32 бит	
Пароль на прекращение считывания данных из памяти (Kill password)	32 бит	
Диапазон рабочих частот	860–960 МГц	
Электрическое тестирование	100 %, с маркировкой бракованных меток ПВГ не менее 95 %	

Для полимерных изоляторов типа ЛКи-70/110 и ЛК-70/30 конструкция метки несколько изменена: нет выступающей антенны – она встроена горизонтально в гибкую конструкцию. По характеристикам она аналогична предыдущей. Прикрепляется метка к изолятору в межреберном пространстве со стороны заземленного оконцевателя (рис. 2, б).

Каждый изолятор с RFID-индикатором маркируется индивидуальным номером (кодом) с указанием его местоположения как на опоре, так и на траверсе. При прохождении сканера индикатор посылает ответный радиосигнал, фиксируемый считывателем. В случае аварийной ситуации индикатор перестает откликаться на зондирующий сигнал из-за превышения заданного установочного тока или пробоя чипа. Это отображается на мониторе компьютера с сохранением данных, что служит основанием для очистки загрязненного изолятора или его замены. Под конструкцию индикатора подобран сканер-считыватель с приемо-передающим устройством и антенной (радиомодуль 868 МГц, чувствительность приёмника 85 дБм, напряжение питания 5 В; питание от аккумуляторной батареи Li-Ion; антенна Korkes с рабочим диапазоном 790–960 МГц; усиление до 33 дБм).

Проведены экспериментальные исследования функционирования RFID-системы индикации изоляторов (климатические и натурные на действующих ЛЭП) [5–7]. На их основании можно сделать следующие выводы.

Необходимо строго соблюдать технологию монтажа меток. Наклеивать метки на конструкции необходимо заранее, в производственных помещениях, с определенной направленностью антенны для обеспечения дальности действия и ширины зоны приема сигналов. Параметры монтажа установлены.

В оптимальных условиях устойчивая дальность действия сигналов индикаторов для штыревых изоляторов составляет 15–20 м, у полимерных –20–25 м. Климатические условия (температура воздуха, влажность) не оказывают значимого влияния на уровень сигналов.

Для усиления дальности действия индикаторов (до 35 м) необходимо изменение формы антенны и мощности сканера.

Рекомендуется расширить применение данной технологии на железнодорожном транспорте. Систему автоматического контроля состояний изоляторов продольных линий электроснабжения

установить на вагон-лабораторию. RFID-индикаторы применить в электросетевом хозяйстве для учета и контроля состояния изоляторов тяговых и трансформаторных подстанций, питающих линии электропередачи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Несенюк Т. А. Радиочастотная идентификация для автоматизированного контроля состояния изоляторов // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2018. – № 5. – С. 45–51.
2. Несенюк Т. А. Применение RFID-технологий для поиска неисправной изоляции // Транспорт Урала. – 2013. – № 2 (37). – С. 72–76.
3. Несенюк Т. А., Соколов В. Н. Исследование токопроводящего покрытия для индикации штыревых изоляторов воздушной линии электропередач // Транспорт Урала. – 2019. – № 2 (61). – С. 80–85.
4. Несенюк Т. А., Соколов В. Н. Автоматизированный контроль состояния изоляторов // Наука и образованию транспорту. – 2020. – № 1. – С. 351–355.
5. Несенюк Т. А., Соколов В. Н. Исследование влияния климатических факторов на штыревые изоляторы с RFID-индикаторами // Известия Транссиба. – 2021. – № 2 (46). – С. 31–40.
6. Несенюк Т. А., Соколов В. Н., Гончарь П. С. Опытные-промышленные испытания системы RFID-контроля изоляторов // Транспорт Урала. – 2022. – № 2 (73). – С. 103–110.
7. Несенюк Т. А., Соколов В. Н., Максимова И. Н., Никитина Е. П. Исследование радиочастотных характеристик RFID-индикаторов для линейных полимерных изоляторов различного уровня напряжений // Инновационный транспорт. – 2023. – № 2 (48). – С. 51–56.

УДК 512.64, 519.21, 519.72

## О НЕЗАВИСИМОСТИ СОБЫТИЙ В ПРОСТРАНСТВАХ РАВНОВЕРОЯТНЫХ СИГНАЛОВ

Н. В. Медведева, канд. физ.-мат. наук, доцент

С. С. Титов, д-р физ.-мат. наук, профессор

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

В связи с развитием информационных технологий и их внедрением практически во все области деятельности человека значение информационной безопасности трудно переоценить. Обеспечение защиты информации при передаче данных – важная задача в современных условиях.

В работе в продолжение исследований [1–4] исследуется построение абсолютно стойких систем передачи данных посредством описания (построения) совершенных (по Шеннону [5]) шифров. В рамках вероятностной модели  $\Sigma_B$  [5], согласно подходу работ [6, 7], шифр на множестве  $\ell$ -грамм задается распределением вероятностей ключей при  $\ell = 1$ . Пусть  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_\lambda\} = \{1, 2, \dots, \lambda\}$  – множество шифрвеличин;  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_\mu\} = \{1, 2, \dots, \mu\}$  – множество шифробозначений, с которыми оперирует некоторый шифр замены;  $K = \{k_1, k_2, \dots, k_\pi\}$  – множество ключей. По условию  $|X| = \lambda > 1$ ,  $|Y| = \mu \geq \lambda$ ,  $|K| = \pi \geq \mu$ . Это означает, что открытые  $x = x_{i_1} x_{i_2} \dots x_{i_\ell}$ ,  $x_{i_j} \in X$ ,  $j = 1, 2, \dots, \ell$  и шифрованные  $y = y_{i_1} y_{i_2} \dots y_{i_\ell}$ ,  $y_{i_j} \in Y$  представляются словами ( $\ell$ -граммами,  $\ell \geq 1$ ) в алфавитах  $X$  и  $Y$  соответственно.

В соответствии с [6, 7], шифр  $\Sigma_B$  – это совокупность множеств правил зашифрования и правил расшифрования с заданными распределениями вероятностей на множествах открытых текстов и ключей. Шифры, для которых апостериорные вероятности  $p(x|y)$ ,  $x \in X^\ell$ ,  $y \in Y^\ell$ , открытых текстов совпадают с их априорными вероятностями  $p(x)$ , называются совершенными [6, 7].

Применение аппарата теории вероятностей предполагает введение в решаемой задаче некоторого вероятностного пространства  $\Omega$  элементарных событий (обычно равновероятных), а любые случайные события понимаются как подмножества (совокупности элементарных событий) пространства  $\Omega$ . Ключевое понятие теории вероятностей – независимые события, адекватно описываемое при помощи вероятностных пространств.

В прикладных ситуациях (в том числе транспортных) часто независимость постулируется вместе с равновероятностью событий. Так, в криптографии постулируется независимость ключа от шифруемого текста (ведь, если такая зависимость есть, то тогда можно не шифровать). Поэтому разложение (декомпозиция) в некоторой ортогональной системе координат пространства элементарных событий на пары семейств несовместных событий, независимых с любым событием другого семейства, является нетривиальной задачей факторного анализа, теории надёжности, криптографии и теории кодирования.

Решение задачи разложения пространства элементарных событий в декартово произведение независимых подпространств даёт компактное и удобное для приложений его описание.

### Разложение на пары независимых множеств

Рассмотрим дискретное пространство  $\Omega$  из  $N$  равновероятных элементарных событий. Если события  $A$  и  $B$  – это подмножества пространства  $\Omega$  мощности  $a$  и  $b$  соответственно, причём мощность их пересечения  $A \cap B$  равна  $c$ , то их вероятности  $P(A)$  и  $P(B)$  равны соответственно  $a/N$ ,  $b/N$  и  $c/N$ . Пусть эти события не являются несовместными, невозможными и неизбежными. Тогда критерием их независимости будет равенство

$$P(A \cdot B) = P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B),$$

то есть  $c/N = a/N \cdot b/N = ab/N^2$ , что равносильно равенству  $cN = ab$ .

Следовательно,  $ab \equiv 0 \pmod{N}$ , причём  $a \not\equiv 0 \pmod{N}$ ,  $b \not\equiv 0 \pmod{N}$ . Поэтому  $a$  и  $b$  – делители нуля в кольце  $Z_N$  (и, в частности,  $N$  не является простым). Справедливо

**Утверждение 1.** Пусть мощность  $|\Omega|$  дискретного вероятностного пространства  $\Omega$  равна  $N$  и его элементарные события  $\omega \in \Omega$  имеют вероятность  $1/N$ . При этом  $N = uv$ , где  $1 < u < N$ ,  $1 < v < N$ . Тогда для любых чисел  $s$  и  $t$  таких, что  $1 \leq s < v$ ,  $1 \leq t < u$ , в пространстве  $\Omega$  существуют независимые события  $A$  и  $B$  такие, что  $P(A) = a/N$ ,  $P(B) = b/N$ ,  $P(A \cdot B) = c/N$ , где  $a = su$ ,  $b = tv$ ,  $c = st$ .

**Доказательство.** Отметим, что независимые события не могут быть несовместными, невозможными или неизбежными, а также следствиями друг друга. Поэтому необходимо  $1 \leq c \leq N - 2$ ,  $1 < a < N$ ,  $1 < b < N$ . Из того, что  $a$  и  $b$  суть делители нуля, вытекает  $a = su$ ,  $b = tv$  для некоторых  $u, v$  таких, что  $N = uv$ ; мы имеем  $ab = su tv = c N \equiv 0 \pmod{N}$ , откуда вытекает справедливость равенства  $P(A \cdot B) = P(A) \cdot P(B)$  при выполнении условий существования подмножеств  $A$  и  $B$  таких, что

$$|A \cap B| = c \leq N - 2, |A| = a < N, |B| = b < N, a + b - c \leq N, c < a, c < b.$$

Эти условия равносильны системе неравенств

$$\begin{cases} 1 \leq st \leq N - 2, \\ su < N, \\ tv < N, \\ su + tv - st \leq N, \\ st < su, \\ st < tv. \end{cases}$$

Из последних двух неравенств следует  $t < u$ ,  $s < v$ . Следовательно,

$$1 \leq st = c \leq (u - 1)(v - 1) = N - (u + v) + 1 < N - 2 + 1 = N - 1,$$

т.е.  $c \leq N - 2$ , и первое неравенство справедливо. Тогда второе и третье неравенства также справедливы. Наконец,

$$su + tv - st = su + t(v - s) < su + u(v - s) = u(s + v - s) = uv = N,$$

то есть это неравенство также выполняется.

**Следствие 1.** Если  $N$  – простое число, то в пространстве  $\Omega$  не существует пар независимых событий.

Следствие 1 вытекает из необходимости наличия у  $N$  нетривиальных делителей  $u, v$ .

**Следствие 2.** Пара независимых событий не покрывает всё пространство  $\Omega$  элементарных событий.

Следствие 2 вытекает из строгости неравенства  $a + b - c < N$ .

**Пример 1.** При  $N = 6$  имеем без ограничения общности  $u = 2$ ,  $v = 3$ ,  $t = 1$  и либо  $s = 1$ , либо  $s = 2$ . Это даёт либо  $a = su = 2$ ,  $b = tv = 3$ ,  $c = st = 1$  с вероятностями  $P(A) = a/N = 1/3$ ,  $P(B) = b/N = 1/2$ ,  $P(A \cdot B) = c/N = 1/6$ , либо  $a = su = 4$ ,  $b = tv = 3$ ,  $c = st = 2$  с вероятностями  $P(A) = a/N = 2/3$ ,  $P(B) = b/N = 1/2$ ,  $P(A \cdot B) = c/N = 1/3$ .

### Разложение на пары независимых семейств

Конструкция пар независимых событий может быть естественным образом продолжена до конструкции пар независимых семейств. А именно, для декомпозиции вероятностного пространства требуется построить два семейства, обозначим их как  $\mathcal{A}$  и  $\mathcal{B}$ , состоящие из несовместных событий, находящихся в отношении независимости с любым событием другого семейства.

Пусть  $\mathcal{A} = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ ,  $\mathcal{B} = \{B_1, B_2, \dots, B_m\}$ , требуется одновременное выполнение условий:

$$P(A_i \cdot A_j) = 0 (i \neq j), \tag{1}$$

$$P(B_k \cdot B_l) = 0 (k \neq l), \tag{2}$$

$$P(A_i \cdot B_k) = P(A_i) \cdot P(B_k). \tag{3}$$

В обозначениях и условиях Утверждения 1 рассмотрим разложение пространства  $\Omega$  в декартово произведение  $X \times Y$  следующих двух пространств равновероятных элементарных событий: пространства  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_u\}$  с вероятностями  $1/u$ , и пространства  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_v\}$  с вероятностями  $1/v$ .

Вероятность события  $(x, y)$ , где  $x$  – из  $X, y$  – из  $Y$ , полагаем равным  $1/u \cdot 1/v = 1/N$ . Для  $m = \lceil v/t \rceil, n = \lceil u/s \rceil$ , где квадратные скобки обозначают целую часть, положим, для  $1 \leq i \leq m, 1 \leq k \leq n$ :

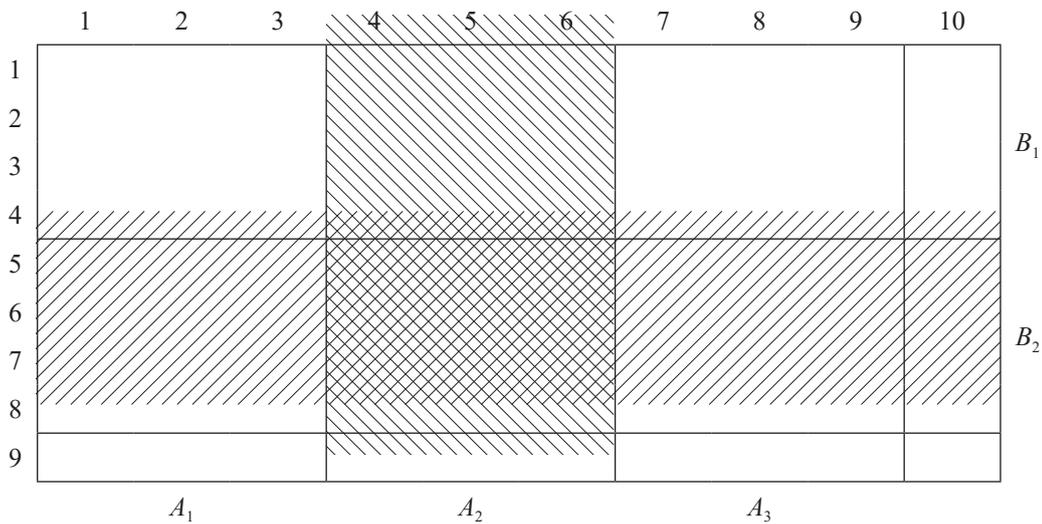
$$A_i = \{(x, y_j) : x \in X, (i-1)t \leq j < it\},$$

$$B_k = \{(x_j, y) : y \in Y, (k-1)s \leq j < ks\}.$$

В соответствии с конструкцией и Утверждением 1 имеем

**Утверждение 2.** Представленные семейства  $\mathcal{A}$  и  $\mathcal{B}$  удовлетворяют требованиям (1), (2) и (3).

**Пример 2.** При  $N = 90$  и  $p = 1/90$  имеем без ограничения общности  $u = 9, v = 10, t = 4$  и  $s = 3$ . Это даёт  $a = su = 27, b = tv = 40, c = st = 12$  с вероятностями  $P(A_i) = a/N = 27/90 = 3/10, P(B_k) = b/N = 40/90 = 4/9, P(A_i \cdot B_k) = c/N = 12/90$ , где  $i = 1, 2, 3; j = 1, 2$ . Декомпозиция данного пространства  $\Omega$  представлена на рис.



Здесь

$$P(A_i \cdot A_j) = 0 (i \neq j), \tag{1}$$

$$P(B_k \cdot B_l) = 0 (k \neq l), \tag{2}$$

$$P(A_i \cdot B_k) = P(A_i) \cdot P(B_k) = \frac{c}{N} = \frac{12}{90}. \tag{3}$$

Разложение  $\Omega$  на пару семейств  $\mathcal{A} = \{A_1, A_2, A_3\}$  и  $\mathcal{B} = \{B_1, B_2\}$  позволяет интерпретировать множество

$$\bigcup_{i,k} A_i \cap B_k$$

как пространство событий, определяемых семейством  $\mathcal{A}$  и  $\mathcal{B}$  независимо.

Представление пространств в таком виде можно считать определением факторов  $A$  и  $B$ , независимо описывающих моделируемую ситуацию. Так, можно считать  $A_1, A_2, A_3$  ключами, а  $B_1, B_2$  – шифруемые тексты. При этом шифробозначения оказываются равновероятными.

**Следствие 3.** Если  $u/s$  и  $v/t$  – целые числа, то множества семейств  $\mathcal{A}$  и  $\mathcal{B}$  покрывают всё пространство  $\Omega$  целиком.

Таким образом, бинарное отношение независимости событий связано с теоретико-числовой природой числа  $N$ , и прояснение этой связи представляет собой нетривиальную, но важную задачу. При известном количестве равновероятных элементарных событий существует ограниченное число вариантов разложения пространства элементарных событий на независимые факторы, которые можно интерпретировать как сигналы или управляющие воздействия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Медведева Н. В., Титов С. С. К разработке абсолютно стойких систем передачи данных // Вестник УрГУПС. – 2019. – № 2 (42). – С. 34–43.
2. Медведева Н. В., Титов С. С. Об абсолютно стойких системах передачи данных с неравновероятными сигналами / Н. В. Медведева, С. С. Титов // Железнодорожный транспорт и технологии : сб. тр. Международн. научн.-практ. конф., Екатеринбург, 29–30 ноября 2022 года. – Вып. 1 (249). – Екатеринбург : УрГУПС, 2023. – С. 217–221.
3. Медведева, Н. В. О многократно стохастических матрицах / Н. В. Медведева, С. С. Титов // Транспорт: логистика, строительство, эксплуатация, управление : сб. тр. Международн. научн.-практ. конф., Екатеринбург, 18 мая 2023 года. – Вып. 7(255). – Екатеринбург : УрГУПС. – С. 234–236.
4. Медведева Н. В., Титов С. С. Применение многократно стохастических матриц для построения абсолютно стойких систем передачи данных // Вестник УрГУПС. – 2023. – № 3 (59). – С. 4–13.
5. Шеннон К. Теория связи в секретных системах // Работы по теории информации и кибернетики. – М. : Наука, 1963. – С. 333–402.
6. Алферов А. П., Зубов А. Ю., Кузьмин А. С., Черемушкин А. В. Основы криптографии. – М. : Гелиос АРВ, 2001. – 479 с.
7. Зубов А. Ю. Совершенные шифры. – М. : Гелиос АРВ, 2003. – 160 с.

УДК 656.1

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА ПАССАЖИРОПОТОКОВ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

А. В. Мартыненко, канд. физ.-мат. наук, доцент, руководитель НИЛ «Транспортное моделирование»  
Д. Ж. Сайфутдинов, аспирант кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Устойчивое развитие городского пассажирского транспорта стимулирует развитие транспортной мобильности населения. Очень актуальная проблема – передвижение населения по городу.

В связи с этим растет актуальность задач, связанных с моделированием пассажирских перевозок в городской транспортной системе. Применение таких моделей позволяет выявлять оптимальные параметры и закономерности, характерные для конкретного маршрута, вида транспорта и транспортной системы [1]. Для разработки математических, имитационных и других моделей требуется четко описать все входящие в модель понятия и ввести соответствующие обозначения.

## Основные понятия и обозначения

Введем следующие множества:  $VEH$  (vehicles) – множество всех транспортных средств;  $STO$  (stops) – множество всех остановок;  $PAS$  (passengers) – множество всех пассажиров;  $PID$  (passengers identified) – множество всех идентифицируемых пассажиров, то есть тех, кто при оплате использует Е-карту или банковскую карту.

$$PID \subset PAS. \quad (1)$$

Множество остановок  $STO$  разбивается на подмножества близко расположенных остановок. Такие подмножества будем называть ТПУ (транспортно-пересадочными узлами).

$HUB$  (hubs) – множество всех ТПУ. Будут справедливы соотношения:

$$STO = \bigcup_{h \in HUB} h, \quad (2)$$

$$h_1 \cap h_2 = \emptyset \forall h_1, h_2 \in HUB. \quad (3)$$

Маршрут – это некоторая упорядоченная последовательность остановок;  $ROU$  (routes) – множество всех маршрутов,  $STO_r$  – последовательность остановок из  $STO$ , которые образуют маршрут  $r \in ROU$ .

Функционирование транспортной системы мы будем рассматривать в течение суток. Временной промежуток от начала рассматриваемых суток до начала следующих суток включительно будем обозначать через  $DAY$ . Начало промежутка  $DAY$  обозначим через  $DAY_b = 00:00:00$ , а конец – через  $DAY_e = 23:59:59$ .

Также введем следующие обозначения. Пусть  $X$  – последовательность, все элементы которой различны. Для  $x \in X$  через  $\text{ind}(x, X)$  обозначим индекс элемента  $x$  в последовательности  $X$ . Пусть  $X$  – конечное множество. Через  $|X|$  будем обозначать количество элементов в множестве  $X$ .

Во время перемещения транспортное средство  $v \in VEH$  в отдельные моменты передает данные о своих геокоординатах. Введем следующие понятия для транспортных средств:  $VPT(v)$  – упорядоченная последовательность моментов из промежутка  $DAY$ , в которые транспортное средство

<sup>1</sup> Статья подготовлена в соответствии с планом НИР УрГУПС.

передает сигнал о своих геокоординатах (vehicle position time);  $VPC(v)$  – последовательность геокоординат транспортного средства  $v \in VEH$  в моменты  $VPC(v)$  (vehicle position coordinate).

Каждое транспортное средство  $v \in VEH$  последовательно перемещается по остановкам некоторого маршрута на протяжении какого-то промежутка времени. Потом это транспортное средство может начать двигаться по другому маршруту. В любом случае каждому  $v \in VEH$  соответствует упорядоченная последовательность остановок. Пусть  $VST(v)$  – упорядоченная последовательность моментов из промежутка  $DAY$ , в которые транспортное средство  $v \in VEH$  прибывает на остановки и отправляется с них (vehicle stop time). Моменты с нечетными индексами – это моменты прибытия, с четными – отправления. Будем считать, что всегда в последовательности  $VST(v)$  четное число элементов и все элементы на нечетных местах – это моменты прибытия ТС на остановку, а на четных – моменты отправления. Это может быть не так, поскольку ТС может прибыть на остановку до  $DAY_b$ , а отправиться после  $DAY_b$ . Но таких ситуаций ничтожно мало, и в этих случаях будем считать, что прибытие произошло в момент  $DAY_b$ . Аналогично, если прибытие ТС на остановку произошло перед  $DAY_e$ , а отправление – после  $DAY_e$ , то будем считать, что отправление было в момент  $DAY_e$ .

Будем считать за момент прибытия ТС на остановку момент, когда ТС подъехало к остановке, остановилось и начинается открывание дверей, а момент отправления ТС от остановки – момент, когда ТС закрыло двери и начинает движение.

Движение транспортного средства  $v \in VEH$  в течение дня состоит из движения по маршруту между остановками, пребывания на остановке, движения из гаража на маршрут или между маршрутами. Для описания движения ТС удобно определить отображения, которые ставят в соответствие транспортному средству маршрут, остановку и ТПУ для любого момента времени  $t \in DAY$ . Для транспортного средства  $v \in VEH$  с последовательностью моментов остановок  $VST(v) = \{t_1, t_2, \dots, t_{2n}\}$  положим:

$$A_S(v, t) = \begin{cases} sto(v, t_{2i-1}) & \text{при } t_{2i-1} \leq t \leq t_{2i}, i = \overline{1, n}, \\ 0 & \text{при } t_{2i} < t < t_{2i+1}, i = \overline{1, n-1}, \end{cases}$$

$$A_H(v, t) = \begin{cases} hub(v, t_{2i-1}) & \text{при } t_{2i-1} \leq t \leq t_{2i}, i = \overline{1, n}, \\ 0 & \text{при } t_{2i} < t < t_{2i+1}, i = \overline{1, n-1}, \end{cases}$$

где  $sto(v, t_{2i-1})$  и  $hub(v, t_{2i-1})$  – остановка и содержащее ее ТПУ, на которые транспортное средство  $v \in VEH$  прибыло в момент времени  $t_{2i-1} \in VST(v)$  (отметим, что  $sto(v, t_{2i-1}) = sto(v, t_{2i})$ ).

Введем понятие отображения:  $A_R(v, t)$  – маршрут, по которому движется  $v \in VEH$  в момент времени  $t \in DAY$ . Если  $v$  не движется по маршруту в момент  $t$ , то положим  $A_R(v, t) = 0$ .

Отображения  $A_S(v, t)$ ,  $A_H(v, t)$ ,  $A_R(v, t)$  будем называть атрибутами движения транспортного средства  $v \in VEH$  в момент  $t \in DAY$ . Вектором атрибутов движения транспортного средства  $v \in VEH$  в момент  $t \in DAY$  будем называть вектор  $A(v, t) = \{A_S(v, t), A_H(v, t), A_R(v, t)\}$ .

Еще определим функцию  $L(v, t, r)$  – длина трассы маршрута  $r \in ROU$  от ее начала до положения транспортного средства  $v \in VEH$  в момент  $t \in DAY$  для  $v, r, t$ , удовлетворяющих условию  $A_R(v, t) = r$ . Если это условие не выполнено, то функция  $L$  не определена.

Каждый пассажир  $p \in PAS$  после посадки в транспортное средство оплачивает проезд, тогда:  $PPT(p)$  – упорядоченная последовательность моментов времени из промежутка  $DAY$ , в которые пассажир  $p \in PAS$  производит оплату за проезд (passenger payment time);  $PPC(p)$  – последовательность геокоординат точек, в которых пассажир  $p \in PAS$  производит оплату за проезд в моменты  $PPT(p)$  (passenger payment coordinate).

Каждый идентифицируемый пассажир  $p \in PAS$  последовательно перемещается на разных ТС по разным маршрутам и осуществляет высадку и посадку на разных остановках. Пусть  $PAT(p)$  – упорядоченная последовательность моментов из промежутка  $DAY$ , в которые  $p \in PAS$  совершает посадку в ТС или высадку из ТС (passenger action time). Будем считать, что всегда

в последовательности  $PAT(p)$  четное число элементов и все элементы на нечетных местах – это моменты посадки, а на четных – моменты высадки. Это может быть не так, поскольку пассажир может сесть в ТС до  $DAY_b$  и выйти из ТС после  $DAY_b$ . Но таких ситуаций ничтожно мало и в этих случаях будем считать, что посадка произошла в момент  $DAY_b$ . Аналогично, если посадка в ТС произошла перед  $DAY_e$ , а высадка – после  $DAY_e$ , то будем считать, что высадка была в момент  $DAY_e$ .

Моментом посадки пассажира будем считать момент отправления ТС от остановки, то есть в момент посадки пассажир уже находится в ТС. Моментом высадки пассажира будем считать момент прибытия ТС к остановке. То есть в момент высадки пассажир еще находится в ТС.

Отметим, что

$$\bigcup_{p \in PAS} PAT(p) \subseteq \bigcup_{veh \in VEH} VST(veh) \quad (3)$$

(включение, потому что на остановке может никто не войти или не выйти). Движение пассажира  $p \in PAS$  в течении дня состоит из движения между остановками либо в транспортном средстве от остановки посадки до остановки высадки, либо не в транспортном средстве (и нам не важно, как долго и как именно он это делал) от остановки высадки до остановки посадки. Для описания движения пассажира доопределим отображения  $A_S, A_H, A_R$  на множестве  $PAS$ . Для пассажира  $p \in PAS$  с последовательностью посадок/высадок  $PAT(p) = \{t_1, t_2, \dots, t_{2n}\}$  положим:

$$A_S(p, t) = \begin{cases} sto(p, t) & \text{при } t \in PAT(p), \\ 0 & \text{при } t \notin PAT(p), \end{cases}$$

$$A_H(p, t) = \begin{cases} hub(p, t) & \text{при } t \in PAT(p), \\ 0 & \text{при } t \notin PAT(p), \end{cases}$$

где  $sto(p, t)$  и  $hub(p, t)$  – остановка и ТПУ посадки (высадки) пассажира  $p$  в момент времени  $t \in PAT(p)$  при нечетном (четном)  $ind(t, PAT(p))$ . Также положим  $A_R(p, t)$  – маршрут, по которому двигалось транспортное средство с пассажиром  $p \in PAS$  в момент времени  $t \in DAY$ . Если пассажир не находился в ТС в момент  $t$  (т.е. перемещался от остановки высадки до остановки посадки), то положим  $A_R(p, t) = 0$ . Также введем для пассажиров еще одно отображение  $A_V(p, t)$  – транспортное средство, в котором находился пассажир  $p \in PAS$  в момент  $t \in DAY$ . Если пассажир не находился в транспортном средстве в момент времени  $t$ , то положим  $A_V(p, t) = 0$ .

Моменты посадки и высадки пассажиров определены так, чтобы для них было  $A_V(p, t) \neq 0$  и, соответственно,  $A_R(p, t) \neq 0$ .

Отображения  $A_S(p, t), A_H(p, t), A_R(p, t), A_V(p, t)$  будем называть атрибутами движения пассажира  $p \in PAS$  в момент  $t \in DAY$ . Вектором атрибутов движения пассажира  $p \in PAS$  в момент  $t \in DAY$  будем называть вектор  $A(p, t) = \{A_S(p, t), A_H(p, t), A_R(p, t), A_V(p, t)\}$ .

Введем понятия атрибутов маршрутов, остановок и ТПУ:  $XY(s)$  – координаты остановки  $s \in STO$ ;  $L(s, r)$  – длина трассы маршрута  $r \in ROU$  от ее начала до  $s \in STO_r$ .

С точки зрения описания пассажиропотоков, движение пассажира  $p \in PAS$  в течение дня состоит из перемещений между остановками: либо в транспортном средстве от остановки посадки до остановки высадки, либо не в транспортном средстве (и нам не важно как долго и как именно он это делал) от остановки высадки до остановки посадки. Любое такое перемещение однозначно задается тройкой  $(p, t_i, t_{i+1})$ , где  $p \in PAS$  и  $t_i, t_{i+1} \in PAT(p)$  (при нечетном  $i$  такое перемещение является поездкой в ТС, а при четном – перемещением от остановки высадки до остановки посадки). Рассмотрим множество всех перемещений всех пассажиров:  $MOV = \{(pas, t_i^{pas}, t_{i+1}^{pas}) \mid pas \in PAS, t_i^{pas}, t_{i+1}^{pas} \in PAT(pas)\}$  (moves) и множество всех перемещений идентифицируемых пассажиров  $MID = \{(pid, t_i^{pid}, t_{i+1}^{pid}) \mid pid \in PID, t_i^{pid}, t_{i+1}^{pid} \in PAT(pid)\}$  (moves identified).

Пусть заданы два перемещения пассажиров  $m_1 = (p_1, t_i^1, t_{i+1}^1) \in MOV$ ,  $m_2 = (p_2, t_j^2, t_{j+1}^2) \in MOV$ . Будем называть перемещения  $m_1, m_2$  одинаковыми (равными, эквивалентными) и обозначать это как

$$m_1 \sim m_2,$$

если выполнены следующие условия:

$$t_i^1 = t_j^2, \quad (6)$$

$$t_{i+1}^1 = t_{j+1}^2, \quad (7)$$

$$A_V(p_1, t_i^1) = A_V(p_2, t_j^2), \quad (8)$$

$$A_V(p_1, t_{i+1}^1) = A_V(p_2, t_{j+1}^2). \quad (9)$$

Если выполнены условия (8), (9), то все остальные атрибуты движения пассажиров также будут совпадать, т.е.

$$A(p_1, t_i^1) = A(p_2, t_j^2), \quad (10)$$

$$A(p_1, t_{i+1}^1) = A(p_2, t_{j+1}^2). \quad (11)$$

Отношение  $\sim$  является отношением эквивалентности на  $MOV$ . Рассмотрим фактормножество  $MOV/\sim$ . Для перемещения  $m \in MOV$  содержащий его класс эквивалентности будем обозначать через  $[m]_{MOV}$ . Отношение  $\sim$  также является отношением эквивалентности на  $MID$  и определяет фактормножество  $MID/\sim$ . Для перемещения  $m \in MID$ , содержащий его класс эквивалентности в фактормноестве  $MID/\sim$  будем обозначать через  $[m]_{MID}$ . Рассмотрим также множества:

$$MAI(\text{moves as identified}) = \bigcup_{m \in MID} [m]_{MOV} \quad (12)$$

$$MNI(\text{moves non as identified}) = MOV \setminus MAI. \quad (13)$$

Отметим, что отношение также является отношением эквивалентности и на  $MAI$ , и на  $MNI$ . Также справедливы вложения:

$$MID \subseteq MAI \subseteq MOV. \quad (10)$$

Для каждого  $m \in MID$  положим

$$\Psi(m) = \frac{|[m]_{MAI}|}{|[m]_{MID}|}.$$

Пусть  $m = (p, t_i, t_{i+1}) \in MOV$ . Введем обозначения  $P(m) = p$ ,  $T_b(m) = t_i$ ,  $T_e(m) = t_{i+1}$ ,

$$A_S^b(m) = A_S(p, t_i), A_S^e(m) = A_S(p, t_{i+1}),$$

$$A_H^b(m) = A_H(p, t_i), A_H^e(m) = A_H(p, t_{i+1}),$$

$$A_R^b(m) = A_R(p, t_i), A_R^e(m) = A_R(p, t_{i+1}),$$

$$A_V^b(m) = A_V(p, t_i), A_V^e(m) = A_V(p, t_{i+1}).$$

Также для  $M \subset MOV$  обозначим  $P(M) = \{P(m) | m \in M\}$  [2].

Итак, представлены системы понятий и обозначений для формализации работы городского пассажирского транспорта. В дальнейшем планируется продолжить описание в области характеристик общественного транспорта и подвижности населения, такие как наполняемость общественного транспорта и движение пассажиров на общественном транспорте.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Касимов И. Р., Клочков М. А. Об одном решении задачи моделирования пассажиропотока // Известия Института математики и информатики УдГУ. – 2016. – № 2.
2. Model documents and UML Diagrams. URL: <https://www.transmodel-cen.eu/> (дата обращения: 15.11.2023).

УДК 519.8

## ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ВЫБОРЕ МАРШРУТОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

А. А. Габдулхаков, аспирант

Д. С. Завалищин, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

В современных условиях на рынке грузовых перевозок в России наблюдается устойчивый тренд на цифровизацию. Логистические компании используют электронные биржи грузоперевозок [1], инструменты автоматизированного сбора цифровой информации об объеме спроса и предложения [2], в которых по заданным параметрам грузов, точкам отправления и прибытия осуществляется поиск данных, размещенных в открытом доступе в сервисах объявлений для потенциальных перевозчиков. В плане разработки систем поддержки принятия решений в транспортно-экспедиционном бизнесе и сфере пассажирских перевозок в последнее время активно применяются нейронные сети и искусственный интеллект. В работе [3] моделирование процесса выбора вида транспорта производится нестатистическими методами и прогнозируются даже не наблюдаемые ранее по винтажному анализу события с помощью обучаемого интеллектуального агента. Нельзя не учитывать и новые подходы к анализу стратегий перевозчиков по привлечению и повышению заинтересованности клиентов транспортных услуг на базе моделей исследования операций. В [4] с помощью теории игр прогнозируется поведение потребителей транспортных услуг с учетом их дифференциации. Проведены статистический анализ грузовладельцев на основе актуальных данных, прогноз и сравнительный анализ потенциального отклика потребителей на возможные решения перевозчика по реализации стратегий.

Инновационные идеи схемы доставки [5], построенные на принципе распараллеливания маршрутов с использованием нескольких перевозчиков одновременно, и реализованный алгоритм позволяют значительно сократить время и ресурсы доставки. Алгоритм реализован на языке Python с использованием библиотек обработки и визуализации траекторий и других пространственно-временных данных, пакетов для извлечения, моделирования, анализа и визуализации уличных сетей.

В продолжение исследований [6, 7], использующих динамическую оптимизацию и многокритериальный поиск в маршрутных задачах, для каждого альтернативного маршрута или способа доставки рассматриваются следующие критерии: стоимость доставки; условия договора (штрафы, неустойки, страховка); временные затраты на доставку; надежность перевозчиков; показатели риска маршрута (по статистике); категория сложности маршрута; репутационная значимость маршрута; доступность места загрузки и выгрузки; способ загрузки и выгрузки; возможность или исключение догруза; необходимость в разборке и сборке груза; необходимость в упаковке.

Всем 12-ти перечисленным критериям ставится в соответствие экспертная оценка потенциального маршрута – способа доставки и задача заключается в выборе по ним наилучшего. По каждому критерию наилучшему варианту присвоен ранг  $R_i = 1$ , следующему менее предпочтительному –  $R_i = 2$  и т.д. (таблица).

Для выбора оптимального маршрута можно воспользоваться методом идеальной точки [8]. Если для каждого ранга  $R_i$  вычислить отклонения  $(R_i - 1)^2$  и просуммировать по всем критериям, то получатся следующие оценки маршрутов: 6,24; 6,63; **5,38**; 5,56; и минимальная оценка будет соответствовать третьему маршруту. Он будет наилучшим.

Критерии	Маршруты и их ранги			
	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$
1	3	4	1	2
2	4	3	2	1
3	2	4	1	3
4	4	3	1	2
5	2	1	4	3
6	2	4	3	1
7	1	3	2	4
8	1	3	4	2
9	3	1	3	2
10	2	1	1	2
11	4	1	1	4
12	1	2	2	1

Модифицированный метод иерархии критериев [9] с вычислением взвешенной суммы оценок рангов показателей маршрутов приводит к оценкам 2,67; 3,04; **1,67**; 2,28; и опять третий маршрут будет наилучшим.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Биржа грузоперевозок. URL: <https://ati.su/> (дата обращения: 24.10.2023).
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669025 Российская Федерация. Автоматизированная система по сбору и обработке информации о потребностях транспортировки грузов на рынке грузоперевозок : № 2023668342 : заявл. 04.09.2023 : опублик. 06.09.2023 / К. К. Ваколюк, А. Д. Хазимуллин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения».
3. Вихарев С. В. Моделирование выбора и удовлетворенности пассажиров на мультимодальных маршрутах / С. В. Вихарев // Вестник УрГУПС. – 2022. – № 3 (55). – С. 4–14.
4. Тимофеева Г. А. Анализ стратегий по привлечению клиентов транспортно-логистических услуг холдинга «РЖД» с учетом дифференциации клиентов / Г. А. Тимофеева, А. Д. Хазимуллин // Вестник УрГУПС. – 2023. – № 1 (57). – С. 64–72.
5. Завалицин Д. С. Моделирование оптимальных маршрутов распределенных доставок грузов // Вестник УрГУПС. – 2023. – № 1 (57). – С. 14–21.
6. Zavalishchin D., Gabdulhakov A. Optimization of routes in transport logistics // AIP Conference Proceeding. – 2022. – Vol. 2522. – P. 060006.
7. Габдулхаков А. А. Поддержка принятия решений в транспортно-экспедиционном бизнесе / А. А. Габдулхаков, Д. С. Завалицин // Научные исследования XXI века. – 2023. – № 2 (22). – С. 23–26.
8. Бродецкий Г. Л. Системная аналитика принятия решений в исследованиях логистики. – М. : МЦЛ ГУ-ВШЭ, 2004. – 170 с.
9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.

УДК 519.63+533.6

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПРОКИДЫВАНИЯ ДВУМЕРНОЙ ВОЛНЫ В ОКРЕСТНОСТИ ГЛАДКОЙ ГРАНИЦЫ УРЕЗА

С. Л. Дерябин, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
 А. В. Мезенцев, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Естественнонаучные дисциплины»  
 Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Работа посвящена аналитическим методам решения системы уравнений газовой динамики, описывающей течение газа в задаче о распаде специального разрыва. Подробное описание таких течений газа приведено в работах [1, 2]. В настоящей работе приводится решение системы дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих двумерную волну после её опрокидывания.

### Постановка задачи

Предполагается, что в момент времени  $t = 0$  жидкость отделена от сухого берега линией уреза  $\Gamma$ . Слой жидкости имеет форму ступеньки высоты  $H$ . На линии  $\Gamma$  функция  $H(x, y)$  терпит разрыв, величина скачка которого определяется от значения  $H = 0$  до значения  $H_0(x, y)|_{\Gamma} > 0$ . Известны скорость жидкости  $u_1 = u_{10}(x, y)$ ,  $v_1 = v_{10}(x, y)$  и высота жидкости  $H = H_0(x, y)$ . В момент времени  $t = 0$  движение жидкости определяется аналитическими функциями  $u_1 = u_{10}(x, y)$ ,  $v_1 = v_{10}(x, y)$ ,  $H = H_0(x, y)$ . В результате опрокидывания волны в момент  $t = 0$  образуется возмущенное течение, которое граничит с невозмущенным течением по линии слабого разрыва  $\Gamma_1$ , – звуковая характеристика. От сухого берега возмущенная волна отделена линией уреза  $\Gamma_0$ , на которой функция  $H(t, x, y) = 0$ . Требуется построить решение системы уравнений газовой динамики в области возмущенной волны.

### Построение решения

В качестве математической модели используется двумерная система уравнений мелкой воды в первом приближении [3, 4]:

$$\begin{aligned} H_t + H_x u_1 + H_y u_2 + H(u_{1x} + u_{2y}) &= 0, \\ u_{1t} + u_{1x} u_1 + u_{1x} u_2 + g H_x &= g h_x, \\ u_{2t} + u_{2x} u_1 + u_{2y} u_2 + g H_y &= g h_y. \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь  $z = -h(x, y)$  – аналитическая функция, задающая непроницаемое дно.

Пусть линия  $\Gamma$  задается параметрически:  $x = \varphi_1(\xi)$ ,  $y = \varphi_2(\xi)$ . Выполним замену переменных:  $x = \varphi_1(\xi) + \eta n_1(\xi)$ ,  $y = \varphi_2(\xi) + \eta n_2(\xi)$ .

Здесь  $\eta$  – расстояние от  $\Gamma$ , измеряемое вдоль нормали  $\mathbf{n}(\xi) = \{n_1(\xi), n_2(\xi)\}$ , направленной в сторону суши. Функции  $\varphi_1(\xi)$ ,  $\varphi_2(\xi)$ ,  $n_1(\xi)$ ,  $n_2(\xi)$  предполагаются аналитическими. Система уравнений мелкой воды (1) имеет вид

$$\begin{aligned} \dot{H} + H_\eta u + \frac{1}{A} H_\xi v + H \left( u_\eta + \frac{A_\eta}{A} u + \frac{1}{A} v_\xi \right) &= 0, \\ u_t + u_\eta u + \frac{1}{A} u_\xi v - \frac{A_\eta}{A} v^2 + g H_\eta &= g P, \\ v_t + v_\eta u + \frac{1}{A} v_\xi v + \frac{A_\eta}{A} uv + \frac{1}{A} g H_\xi &= g Q. \end{aligned} \tag{2}$$

Здесь  $A, P, Q$  – известные функции от ортогональных криволинейных координат  $\eta$  и  $\xi$ ;  $H$  – глубина жидкости;  $u, v$  – проекции вектора скорости на координатные оси  $\eta$  и  $\xi$ ;  $g$  – ускорение свободного падения.

В системе (2) вводятся нестационарные автомодельные переменные  $t' = t, \xi' = \xi, y = \eta/t$  и новая неизвестная функция  $C = \sqrt{H}$ , в результате получается система:

$$\begin{aligned} tC_t + (u - y)C_y + \frac{v}{A}tC_\xi + \frac{1}{2}C\left(u_y + \frac{A_\eta}{A}tu + \frac{1}{A}tv_\xi\right) &= 0, \\ tu_t + (u - y)u_y + \frac{v}{A}tu_\xi - \frac{A_\eta}{A}tv^2 + 2gCC_y &= gtP, \\ tv_t + (u - y)v_y + \frac{v}{A}tv_\xi + \frac{A_\eta}{A}tuv + \frac{1}{A}gtC_\xi &= gtQ. \end{aligned} \quad (3)$$

В качестве начальные условия для системы (3) возьмем данные на звуковой характеристике  $\Gamma_1$ :

$$C(t, \xi, y)|_{\Gamma_1} = C^0(t, \xi), \quad u(t, \xi, y)|_{\Gamma_1} = u^0(t, \xi), \quad v(t, \xi, y)|_{\Gamma_1} = v^0(t, \xi). \quad (4)$$

Решение задачи (3), (4) будем строить в виде ряда

$$f(t, \xi, y) = \sum_{k=0}^{\infty} f_k(\xi, y) \frac{t^k}{k!}, \quad f = \{C, u, v\}. \quad (5)$$

Приравнивая нулю  $t = 0$  в системе (3), получаем дифференциальные уравнения для нахождения нулевых коэффициентов ряда (5):

$$\begin{aligned} (u_0 - y)C_{0y} + \frac{1}{2}C_0u_{0y} &= 0, \\ (u_0 - y)u_{0y} + 2gC_0C_{0y} &= 0, \\ (u_0 - y)v_{0y} &= 0. \end{aligned}$$

Из решения полученной системы находятся нулевые коэффициенты ряда

$$\begin{aligned} C_0 &= \frac{1}{3\sqrt{g}}\left(y - u^0(0, \xi) + 2\sqrt{g}C^0(0, \xi)\right), \\ u_0 &= \frac{2}{3}y - \frac{2}{3}\sqrt{g} + \frac{1}{3}u^0(0, \xi), \\ v_0 &= v^0(0, \xi). \end{aligned}$$

Для нахождения всех следующих коэффициентов ряда (5) последовательно дифференцируется система (3) по переменной  $t$  и приравняется  $t = 0$ . Далее решаются полученные системы дифференциальных уравнений.

**Теорема.** Единственным аналитическим решением задачи (3), (4) является сходящийся ряд (5). Для доказательства используется мажорантный метод [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баутин С. П., Дерябин С. Л. Математическое моделирование истечения идеального газа в вакуум. – Новосибирск : Наука, 2005. – 390 с.
2. Баутин С. П., Дерябин С. Л., Мезенцев А. В., Чуев Н. П. Начально-краевые задачи для моделирования движения сплошной среды с особенностями на свободной границе. – Новосибирск : Наука ; Екатеринбург : УрГУПС, 2015. – 191 с.

3. Хакимзянов Г. С., Шокин Ю. И., Барахнин В. Б., Шокина Н. Ю. Численное моделирование течений жидкости с поверхностными волнами. – Новосибирск : СО РАН, 2001. – 394 с.
4. Баутин С. П., Дерябин С. Л., Хакимзянов Г. С., Соммер А. Ф. Исследование уравнений мелкой воды в окрестности подвижной линии уреза // Вычислительные технологии. – 2010.– Т. 15, № 6. – С. 19–41.
5. Баутин С. П. Характеристическая задача Коши и её приложения в газовой динамике. – Новосибирск : Наука, 2009. – 368 с.

# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕХАТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

---

УДК 004.056

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ВСТРОЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ WINDOWS

Н. А. Бессонов, магистрант

Т. Ю. Зырянова, канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные технологии и защита информации»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Многие коммерческие организации в России в качестве основной операционной системы (ОС) продолжают использовать ОС Windows, например, транспортные предприятия и учебные заведения. Для обеспечения безопасности данных эти компании приобретают различные средства защиты информации (СЗИ), включая отечественные и сертифицированные СЗИ. Среди таких средств защиты можно выделить известные в России Secret Net Studio, Dallas Lock, ViPNet SafePoint и пр. Эти СЗИ позволяют защитить информационные системы (ИС) организации в соответствии с требованиями и рекомендациями регулирующих органов.

Например, СЗИ Secret Net Studio может применяться в автоматизированных системах до класса 1Г включительно, информационных системах персональных данных (ИСПДн) до уровня защищенности 1 включительно, государственных информационных системах до класса защищенности 1 включительно, автоматизированных системах управления технологическими процессами до класса защищенности 1 включительно [1].

При этом большинство СЗИ (в том числе отечественные) имеют функции безопасности, зачастую дублирующие встроенные защитные механизмы ОС. Следствием такого подхода к обеспечению защиты являются завышенные затраты организации на информационную безопасность, хотя степень безопасности системы остается практически на том же уровне, как если бы она могла быть реализована средствами самой Windows. Тем более, учитывая политику импортозамещения в России, приобретение сертифицированных СЗИ для ОС Windows, которая постепенно вытесняется российскими аналогами, в относительно краткосрочной перспективе будет экономически нецелесообразным. Стоит иметь в виду, что приказ ФСТЭК России №21 не запрещает использование несертифицированных средств защиты (к которым можно отнести функции безопасности ОС Windows), а также допускает компенсирующие меры защиты при обосновании экономической нецелесообразности приведенных в документе мер [2].

Сравним отечественные СЗИ с функциями безопасности ОС Windows на примере требований ФСТЭК России к защите информации в ИСПДн. Уровень защищенности персональных данных определяется требованиями к защите персональных данных при их обработке в ИСПДн. Допустим, что в организации хранятся общедоступные и иные персональные данные сотрудников

организации. Сюда можно отнести ФИО, дату рождения и т. п.; стаж работы, контактные данные и пр. Тогда такие персональные данные будут относиться к уровню 3 защищенности [3]. В таблице приведены меры защиты информации в информационных системах согласно приказу ФСТ-ЭК России №21, их выполнение в СЗИ Secret Net Studio и Dallas Lock, а также возможность их реализации средствами ОС Windows. Из таблицы исключены меры защиты, не обязательные для уровня 3 защищенности и не выполняемые программно, а оставшиеся меры адаптированы к типовым условиям работы коммерческих организаций (например, исключена мера идентификации пользователей, не являющихся работниками оператора, и пр.).

Меры по защите информации и возможность их реализации

Мера защиты	Реализация меры		
	СЗИ Secret Net Studio	СЗИ Dallas Lock	ОС Windows
<b>I. Идентификация и аутентификация субъектов доступа и объектов доступа</b>			
Идентификация и аутентификация пользователей, являющихся работниками оператора	+	+	+
Управление идентификаторами, в том числе создание, присвоение, уничтожение идентификаторов	+	+	+
Управление средствами аутентификации, в том числе хранение, выдача, инициализация, блокирование средств аутентификации и принятие мер в случае утраты и (или) компрометации средств аутентификации	+	+	+
Защита обратной связи при вводе аутентификац. информации	+	+	+
<b>II. Управление доступом субъектов доступа к объектам доступа</b>			
Управление (заведение, активация, блокирование и уничтожение) учетными записями пользователей	+	+	+
Реализация необходимых методов (дискреционный, мандатный, ролевой или иной метод), типов (чтение, запись, выполнение или иной тип) и правил разграничения доступа	+	+	Только дискреп.
Управление (фильтрация, маршрутизация, контроль соединений, однонаправленная передача и иные способы управления) информационными потоками между устройствами	+	+	+
Разделение полномочий (ролей) пользователей, администраторов и лиц, обеспечивающих функционирование ИС	+	+	+
Назначение минимально необходимых прав и привилегий пользователям, администраторам и лицам, обеспеч. функционирование ИС	+	+	+
Ограничение неуспешных попыток входа в ИС (доступа к ИС)	+	+	+
Блокирование сеанса доступа в ИС после установленного времени бездействия (неактивности) пользователя или по его запросу	+	+	+
Разрешение (запрет) действий пользователей, разрешенных до идентификации и аутентификации	+	+	+
<b>III. Защита машинных носителей персональных данных</b>			
Уничтожение (стирание) или обезличивание персональных данных на машинных носителях при их передаче между пользователями, в сторонние организации для ремонта или утилизации, а также контроль уничтожения (стирания) или обезличивания	+	+	+
<b>IV. Регистрация событий безопасности</b>			
Определение событий безопасности, подлежащих регистрации, и сроков их хранения	+	+	+
Определение состава и содержания информации о событиях безопасности, подлежащих регистрации	+	+	+

Мера защиты	Реализация меры		
	СЗИ Secret Net Studio	СЗИ Dallas Lock	ОС Windows
Сбор, запись и хранение информации о событиях безопасности в течение установленного времени хранения	+	+	+
Защита информации о событиях безопасности	+	+	+
V. Антивирусная защита			
Реализация антивирусной защиты	+	–	+
Обновление базы данных признаков вредоносных компьютерных программ (вирусов)	+	–	+
VI. Контроль (анализ) защищенности персональных данных			
Контроль установки обновлений программного обеспечения, включая обновление программного обеспечения СЗИ	+	+	+
Контроль работоспособности, параметров настройки и правильности функционирования ПО и СЗИ	+	+	+
Контроль состава технических средств, ПО и СЗИ	+	+	+
VII. Управление конфигурацией информационной системы и системы защиты персональных данных			
Управление изменениями конфигурации информационной системы и системы защиты персональных данных	+	+	+

Все меры можно реализовать в операционной системе путем настройки локальных и групповых политик, а также политик безопасности. Возможность использования групповых политик позволяет обеспечить достаточный и одинаковый уровень безопасности информации для всех рабочих мест предприятия, работающих на ОС Windows. Часть мер (например, ограничения программной среды, антивирусная защита, защита целостности информации) обеспечивается встроенным в систему антивирусом Windows Defender. Контроль информационных потоков (в частности, контроль соединений и фильтрация) производится брандмауэром Windows.

Кроме применения рекомендаций, приведенных в приказе ФСТЭК России и других нормативных документах, имеет смысл руководствоваться и иными общепринятыми практиками, разработанными как в Microsoft, так и в других организациях, занимающихся информационной безопасностью (например, Center for Internet Security, CIS). Эти меры более широко охватывают аспекты защиты информационных систем, что теоретически позволит защитить ИСПДн до уровня защищенности 1 включительно.

Microsoft предлагает организациям использовать базовые показатели безопасности для обеспечения более тонкого контроля над информационной безопасностью. Security baselines представляют собой шаблоны групповых политик и политик безопасности для различных версий ОС Windows (включая и серверные версии). Шаблоны конфигураций, применяемых для этих ОС, доступны для загрузки с официального сайта Microsoft [4].

Center for Internet Security предлагает набор рекомендаций для обеспечения информационной безопасности, называемый CIS Controls. CIS Controls предлагают конкретные и эффективные меры для предотвращения распространенных атак. Наравне с CIS Controls организация также предлагает методики оценки защищенности операционных систем и программного обеспечения. Данные методики содержатся в документах CIS Benchmark, приводятся для всевозможных классов программного обеспечения, включая операционные системы Windows и их составляющие (контроллеры домена, сервера и рабочие станции), ОС Linux, веб-сервера Apache и Nginx и пр. [5, 6]. Рекомендации CIS также основываются на использовании именно встроенного функционала защиты операционной системы Windows, включая групповые политики, брандмауэр, Windows Defender, App Locker и т. д.

Таким образом, можно использовать ОС Windows для защиты данных в корпорациях, в том числе транспортных организациях и образовательных учреждениях, в которых до сих пор активно

используется данная операционная система. Это поможет избежать дополнительных расходов на защиту информации, обрабатываемой в ОС Windows, и сэкономить денежные средства, которые можно будет реализовать в ходе программы импортозамещения, а именно, для приобретения отечественных операционных систем со встроенными средствами защиты информации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Secret Net Studio Защита данных и инфраструктуры серверов и рабочих станций. Сертификаты [Электронный ресурс] // Код безопасности. URL: <https://www.securitycode.ru/products/secret-net-studio/?tab=certificates> (дата обращения: 20.11.2023).
2. Об утверждении Составы и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (с изменениями и дополнениями) [Текст] : приказ ФСТЭК России от 18 фев. 2013 г. № 21 // Росс. газ. – 2013. – 22 мая.
3. Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных [Текст] : постановление Правительства РФ от 01 нояб. 2012 г. № 1119 // Росс. газ. – 2013. – 05 нояб.
4. Security baselines guide – Windows Security [Электронный ресурс] // Microsoft | Learn. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/security/operating-system-security/device-management/windows-security-configuration-framework/windows-security-baselines> (дата обращения: 21.11.2023).
5. CIS Critical Security Controls [Электронный ресурс] // Center for Internet Security. URL: <https://www.cisecurity.org/controls> (дата обращения: 21.11.2023).
6. CIS Benchmarks [Электронный ресурс] // Center for Internet Security. URL: <https://www.cisecurity.org/cis-benchmarks-overview> (дата обращения: 21.11.2023).

УДК 004.056

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА УЯЗВИМОСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

М. Н. Киченко, 3-й курс

Н. В. Ганженко, ст. преподаватель кафедры «Информационные технологии и защита информации»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Использование машинного обучения в сфере информационной безопасности очень важно, так как человек не может за очень короткое время обработать большое количество информации. Также человек может допустить ошибки, которые чаще всего могут привести к появлению инцидента информационной безопасности и иметь серьезные последствия для информационной системы. Специально обученная программа справится быстрее, потому что машинные вычисления обладают большей точностью и скоростью в сравнении с человеческими возможностями. Однако на обучение машины может уйти немало времени и денег, но эти вложения будут окупаться в короткие сроки.

Ярким примером готовой и обученной машины являются антивирусы, системы управления информационной безопасностью и событиями безопасности, системы обнаружения вторжений и другие подобные программы.

Машинное обучение – это подраздел искусственного интеллекта, который позволяет компьютерам автоматически улучшать свои навыки и точность работы. Оно включает в себя алгоритмы и методы, которые позволяют компьютерам обучаться на основе массивов данных, правил корреляции событий и протоколов реагирования на инциденты.

Существует несколько основных методов машинного обучения: обучение с учителем; обучение без учителя; обучение с подкреплением [1].

Обучение с учителем – это метод машинного обучения, в котором алгоритм обучается на наборе данных, где для каждого примера известна целевая переменная. Алгоритм должен научиться определять взаимосвязь между входными данными и целевой переменной, чтобы делать предсказания на новых, ранее неопределенных данных. Одним из способов использования этого метода для анализа уязвимостей может служить создание модели на основе дерева решений, которая обучается на наборе данных о ранее известных уязвимостях и их особенностях. Затем эта модель может использоваться для классификации новых информационных систем на предмет наличия в них уязвимостей или предсказания их возможного появления [2].

Обучение без учителя – это метод машинного обучения, где нет явной целевой переменной. Вместо этого алгоритм должен самостоятельно определить структуру в данных. Например, это может быть кластеризация. В кластеризации данные делятся на группы (кластеры) таким образом, что объекты в одном кластере похожи друг на друга больше, чем на объекты из других кластеров. В результате кластеризации получается несколько групп, каждая из которых содержит объекты, похожие друг на друга. Это может помочь определить приоритеты для устранения уязвимостей на основе их распространенности и степени риска [3]. Еще один из подходов этого метода – это анализ данных о прошлых инцидентах, таких как отчеты об уязвимостях и атаках. Анализ позволяет выявить паттерны и зависимости между такими параметрами и уязвимостями, как версии программного обеспечения, операционные системы, типы атак и т.д. Преимущество такого способа состоит в том, что он не требует наличия данных с явными метками – это может быть полезно в случаях, когда получить такие данные сложно или дорого. Данное обучение позволяет обнаружить скрытые закономерности в данных, которые могут быть не очевидными при визуальном анализе. Нельзя исключать, что этот метод может быть менее эффективным при работе с очень большими объемами данных, так как он не использует метки для обучения модели. Поэтому при выборе комбинированного алгоритма обучения машины или программного обеспечения лучше всего воспользоваться данным методом на начальном этапе обучения.

Обучение с подкреплением – это подход к обучению, в котором агент (компьютерная программа или робот) взаимодействует с окружающей средой, принимает решения и получает обратную связь в виде вознаграждения. Этот метод основан на идее, что система может обучаться на основе обратной связи от окружающей средой (в данном случае средой является результат анализа уязвимостей). Система с подкреплением использует алгоритмы, которые позволяют определять, какие действия следует предпринять, чтобы максимизировать вознаграждение. Обучение с подкреплением может быть полезным, поскольку оно позволяет системе учиться на своих ошибках, а не просто следовать заранее определенным правилам [4, 5].

Перед началом процесса обучения необходимо определить требования к программе обучения, выбрать метод, сформировать перечень проверочных испытаний. Сравнительный анализ методов обучения представлен в таблице.

Анализ методов машинного обучения

Обучение	Преимущество	Недостаток
С учителем	Простота интерпретации результатов Возможность работы с большим количеством переменных	Необходимо иметь уже готовые наборы данных с известными истинными ответами
Без учителя	Обучение без готовых баз данных Позволяет определить аномалии в системе Позволяет проводить анализ данных о прошлых инцидентах	Нет контроля над процессом выборки данных Результаты могут быть неточными Сложность интерпретации результатов
С подкреплением	Применяется для снижения уязвимости или улучшения безопасности	Работает только по методу ошибок и успехов Сложность обучения Высокие требования к времени и вычислительным ресурсам Зависимость от окружающей среды

Итак, для корректного и полноценного машинного обучения необходимо использовать комбинацию нескольких методов. Так создается цепочка, по которой будет проходить обучение машины. Один из возможных вариантов комбинирования: вначале использовать обучение без учителя и получить данные об уязвимостях информационных систем из различных источников, таких как базы данных уязвимостей и отчеты об уязвимостях. На следующем этапе использовать все данные, которые нашла машина, и при помощи обучения с учителем обработать и очистить данные, удалить дубликаты и нормализовать значения. Далее использовать обучение с подкреплением для обучения модели обнаружения уязвимостей на обучающей выборке.

После окончания процедуры обучения машины или программного обеспечения необходимо приступить к проверке работоспособности. В случае успешного результата проверки необходимо разработать организационно-распорядительную документацию, определяющую правила использования машины или программного обеспечения, а после этого выполнить процедуру внедрения в информационную систему. При внедрении осуществляется тестирование процесса анализа системы, анализируется точность результатов и скорость обработки информации. Обязательным условием корректного функционирования машины или программного обеспечения является привлечение квалифицированного персонала, обученного пользоваться машиной и интерпретировать результат анализа. В ходе эксплуатации необходимо проводить периодический контроль работоспособности машины или программного обеспечения и, в случае необходимости, выполнять оптимизацию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Введение в машинное обучение. URL: <https://habr.com/ru/articles/427867/> (дата обращения: 21.11.2023).

2. Деревья решений: общие принципы. URL: <https://loginom.ru/blog/decision-tree-p1> (дата обращения: 21.11.2023).
3. Обзор алгоритмов кластеризации данных. URL: <https://habr.com/ru/articles/101338/> (дата обращения: 22.11.2023).
4. Что такое стимулированное обучение? URL: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/reinforcement-learning/> (дата обращения: 22.11.2023).
5. Что такое обучение с подкреплением и как оно работает. Объясняем на простых примерах. URL: <https://proglib.io/p/chto-takoe-obuchenie-s-podkrepleniem-i-kak-ono-rabotaet-obyasnyаем-na-prostyh-primerah> (дата обращения: 22.11.2023).

УДК 004.021

## ВНУТРИВУЗОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ИНФОРМАТИКЕ КАК ЭЛЕМЕНТ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**И. И. Данилина**, канд. пед. наук, доцент кафедры «Информационные технологии и защита информации»

**К. В. Выгузова**, старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и защита информации»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Предметные олимпиады давно существуют в образовательном пространстве и служат для достижения различных целей: выявление одаренных учащихся, повышение мотивации учебно-познавательной деятельности студентов [1], повышение интереса к изучению дисциплин [2], популяризации предмета [3], сравнения уровня подготовки в различных образовательных учреждениях. Для разных целей существуют разные формы олимпиад: региональные, всероссийские, международные, под эгидой различных организаций, внутривузовские и др.

Олимпиада по информатике в УрГУПС проводится в декабре для большинства студентов первого курса перед окончанием изучения дисциплины «Информатика». Цели олимпиады: развитие умения принимать решения в нестандартной ситуации в условиях ограниченных ресурсов, таких как время и имеющийся набор «инструментов»; создание мотивации к дальнейшему самостоятельному получению дополнительных знаний в области информатики после завершения изучения обязательного курса; повышение вовлеченности первокурсников в учебную среду университета.

Олимпиада охватывает студентов первого курса всех специальностей и направлений подготовки как бакалавриата, так и специалитета. На рис. 1 отражены данные о количестве участников от каждого факультета в течение всего периода.

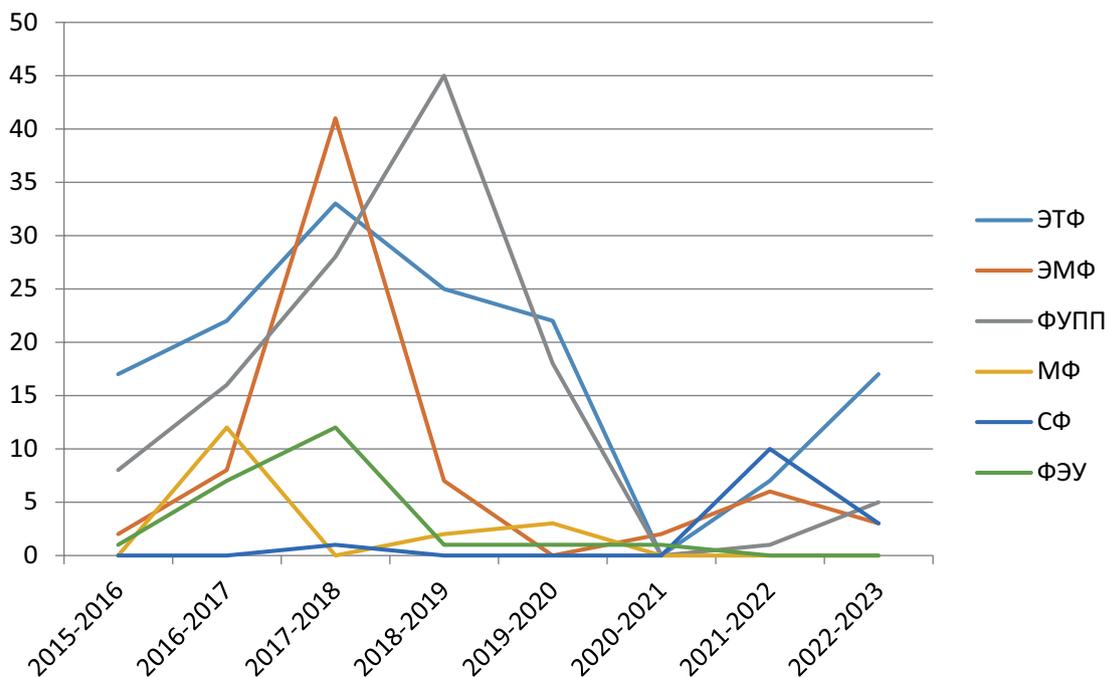


Рис. 1. Количество участников олимпиады от факультетов по годам

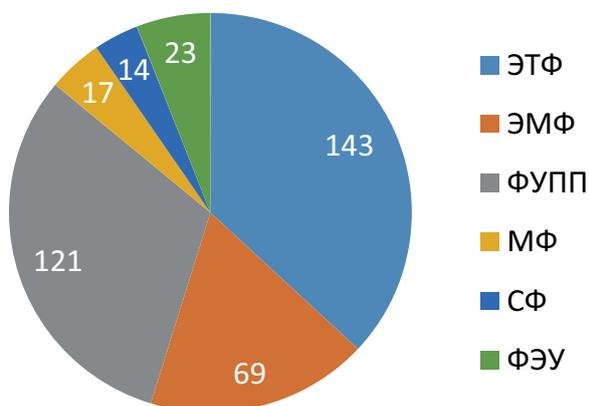


Рис. 2. Общее количество участников олимпиады по факультетам за весь период

Уровень сложности подбирается исходя из следующих эмпирических критериев качества комплекта заданий: задания не должны быть слишком простыми, т.е. должно быть не более одного-трех участников (а возможно и ни одного), выполнивших все задания полностью; задания не должны быть слишком сложными, т.е. должно быть не более 5 % участников, не набравших ни одного балла.

Если задач мало и они объемные, не самые подготовленные студенты (а их бывает много) с большой вероятностью останутся с нулевым результатом. Если же предлагать много мелких задач, в проигрыше окажутся вдумчивые, способные размышлять студенты. Компромисс был достигнут таким образом. Участникам предлагались четыре объемных задачи, каждая из которых состояла из 5–10 шагов. Каждый выполненный шаг оценивался некоторым количеством баллов. Выполнить задачу на 100 % сложнее, а сделать хотя бы один-два шага достаточно легко, что и требуется для хорошего комплекта заданий.

Форма предъявления заданий выбрана тоже по принципу компромисса между двумя крайностями. Одна крайность – задания в виде теста удобны в проверке, но трудоемки в подготовке. Такой тип заданий хорош при массовых мероприятиях как предварительный отборочный этап, но не для внутривузовской олимпиады. С другой стороны, свободная форма предъявления решений трудоемка в проверке. Компромисс состоял в том, чтобы комплект заданий предъявлялся в формате книги MS Excel, на каждом листе которой располагалась задача с необходимыми исходными данными и фиксированными ячейками для ввода результатов в виде формул. Такая форма позволяет не тратить много времени на проверку работ участников, а также позволяет учитывать помимо формально правильных ответов и содержательную сторону дела.

Для организации олимпиады используется система дистанционного обучения Blackboard Learning, активно используемая в УрГУПС. Студенты первых курсов имеют достаточный опыт работы с ней, поэтому технических сложностей при проведении олимпиады не возникает. Администратором создается курс, на который самостоятельно зачисляются все желающие студенты. В момент начала олимпиады участникам становится доступен для скачивания файл с задачами в виде рабочей книги MS Excel. К окончанию отведенного времени работы сдаются через центр оценок системы Blackboard Learning, там же через центр оценок проверяются работы членами жюри. Таким образом, по окончании проверки студенты могут видеть результаты с проставленными баллами за каждую задачу работы. После окончания проверки всех работ участников и выставления баллов в системе Blackboard Learning выкладываются решения всех задач с пояснениями в качестве альтернативы публичному разбору задач.

Олимпиада проводится в очном формате. В первые годы она проходила в нескольких компьютерных классах университета, что создавало организационные сложности и неудобства при проведении олимпиады. Поэтому в последующем было принято решение проводить олимпиаду в Центре тестирования, что позволило собрать большее число студентов за компьютерами в одном месте.

На рис. 2 отражены данные о количестве участников по факультетам в 2015–2022 гг. Из диаграммы видно, что наиболее активно участвуют в олимпиаде студенты электротехнического и факультета управления процессами перевозок.

Важнейшей частью подготовки олимпиады является составление комплекта заданий [4]. Выбор заданий соответствует общей части базового курса информатики. Материал, который присутствует в учебных программах не у всех направлений подготовки, например, программирование, в олимпиаду не включается. Таким образом, комплект заданий включает в себя следующие темы: модели решения задач, алгоритмы, алгебра логики, кодирование информации, системы счисления, работа с электронными таблицами, в том числе с большими массивами данных.

Во время пандемии организаторы вынужденно перешли на дистанционный формат проведения олимпиады, но он себя не оправдал, т.к. иногда часть призовых мест занимали явно не самые подготовленные студенты. Дистанционный формат может быть использован как первый этап многоуровневых соревнований, когда на следующих этапах проявится реальный уровень знаний участников, и нечестные результаты будут неизбежно выявлены. Либо дистанционный формат требует специальной организации рабочих мест, что в рамках вуза реализовать невозможно.

В современном образовательном пространстве существует множество межвузовских соревнований в профессиональном мастерстве – олимпиады, конкурсы, турниры и т.п. Эти соревнования позволяют сравнить уровень подготовки студентов разных вузов. Кроме того, эти соревнования привлекают потенциальных работодателей, а зачастую и спонсируются ими. Для подготовленных и амбициозных студентов это может служить способом оценить себя среди более широкого круга потенциальных специалистов, чем в рамках своего учебного заведения. Понимая это, мы не ограничиваемся проведением внутренней олимпиады, наши студенты также принимают участие и в международных студенческих интернет-олимпиадах, проводимых Национальным фондом поддержки инноваций в сфере образования и НИИ мониторинга качества образования [5]. Эти олимпиады предлагают другой круг задач и, следовательно, требуют другой подготовки. Если для внутренней олимпиады никакая специальная подготовка не предполагается, то к интернет-олимпиадам нужно дополнительно готовить студентов к решению нестандартных задач по программированию. Существует многолетняя практика такой подготовки, разработаны методические подходы [6]. Студенты УрГУПС в течение нескольких лет принимали участие в этих соревнованиях и даже выходили на региональный уровень, но дальше продвинулись только однажды. Значит, эту работу следует продолжать, объединив усилия разных кафедр, преподающих дисциплины, связанные с информационными технологиями и программированием. При этом от внутренней олимпиады тоже отказываться нецелесообразно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Субботина М. В. Олимпиады по предмету как средство повышения мотивации учебно-познавательной деятельности студентов / М. В. Субботина // Современные проблемы профессионального образования: опыт и пути решения : материалы Второй всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 16–18 мая 2017 года. – Иркутск : Иркутский государственный университет путей сообщения, 2017. – С. 453–459.
2. Смирнов В. А. Олимпиады по информатике как средство развития интереса школьников к предмету и их профессиональной ориентации / В. А. Смирнов, С. А. Зайцева // Шуйская сессия студентов, аспирантов, педагогов, молодых ученых : Материалы XIII Международной научной конференции, Москва – Иваново – Шуя, 25 сентября 2020 года. – Шуя : Ивановский государственный университет, 2020. – С. 105–108.
3. Гаркавенко Г. В. Олимпиада по информатике в ВГПУ как средство популяризации предмета среди обучающихся / Г. В. Гаркавенко, Е. А. Кубряков // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 17–19 декабря 2018 года. – Воронеж : Научно-исследовательские публикации, 2019. – С. 1393–1398.
4. Мосин В. С. Предметные олимпиады по информатике как способ повышения учебной активности и интереса к предмету / В. С. Мосин, В. В. Волков // Современные технологии преподавания естественнонаучных дисциплин в системе общего и профессионального образования : Сборник материалов Международного научно-практического форума, Борисоглебск, 01–04 декабря 2015 года / Борисоглебский филиал ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». – Борисоглебск: ООО «Кристина и К<sup>о</sup>», 2016. – С. 40–42.
5. Наводнов В. Г. Нестандартные стандарты / В. Г. Наводнов // Аккредитация в образовании. – 2012. – № 8 (60). – С. 16–19.
6. Скурлатов В. В. Методические аспекты подготовки команды к межвузовской олимпиаде по информатике / В. В. Скурлатов, О. В. Бочкарева, О. В. Снежкина // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2018. – № 3 (192). – С. 103–107.

УДК 004.056

# АВТОМАТИЗАЦИЯ СКАНИРОВАНИЯ ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Н. В. Устьянцев, 4 курс (научный руководитель – Е. А. Гузенкова, старший преподаватель)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

## Роль пентеста в защите информации

Современные компании сталкиваются с постоянно увеличивающимся уровнем угроз и риском для своей информационной безопасности. В свете быстрого развития технологий и разнообразия методов атак компании должны активно работать над обеспечением безопасности своих внешних и внутренних сетей. Одним из важных инструментов в этом процессе является пентест.

Пентест – это процесс систематической проверки и оценки уровня безопасности информационных систем, включая внешние и внутренние сети компании.

Основная цель пентеста – выявление уязвимостей и слабых мест в сетевой инфраструктуре и приложениях, которые могут быть использованы злоумышленниками для несанкционированного доступа, кражи данных, внедрения вредоносного программного обеспечения и других атак.

## Сканирование открытых сетевых портов

Сканирование сетевых портов является важной частью обеспечения безопасности сети и обнаружения потенциальных угроз.

Сканирование сетевых портов – это процесс анализа сети с целью определения, какие порты на устройствах в сети открыты и какие сервисы или приложения работают на этих портах. Эта процедура имеет несколько важных целей и применений: анализ уязвимостей, обеспечение безопасности, конфигурация сетевых правил, определение активных сервисов, диагностика сетевых проблем.

## Nmap

Nmap (Network Mapper) – это утилита с открытым исходным кодом для исследования сети и проверки безопасности.

Nmap использует сырые IP-пакеты, чтобы определить, какие хосты доступны в сети, какие службы (имя и версия приложений) эти хосты предлагают, какие операционные системы (и версии ОС) там запущены, какие типы фильтров пакетов/файрволлов используются и другие характеристики. Она была создана для быстрого сканирования больших сетей, но работает с единичными хостами [1].

## Проблема при использовании Nmap

Утилита Nmap позволяет выполнить сканирование открытых портов и не только. Это достаточно серьезный инструмент для начальной проверки на наличие брешей в защите информации. Однако и есть свои недостатки. При помощи консоли или GUI интерфейса Zenmap можно выполнить сканирование как и одного адреса, так и всей маски сети или адреса через запятую. Можно получить подробную информацию по адресу, однако, что делать, если в компании не десять, а больше ста IP-адресов?

По времени сканирования в среднем уходит до 30 мин на один адрес, и после сканирования каждый раз приходится сохранять результат, вбивать данные заново. Значит, необходима автоматизация процесса.

## BASH-скрипты

Bash-скрипты – это скрипты, написанные на языке программирования Bash (Bourne-Again Shell), который является одним из наиболее популярных командных интерпретаторов в системах Unix и Linux. Эти скрипты используются для автоматизации задач в командной строке Unix/Linux.

Bash-скрипты содержат команды, которые выполняются пошагово интерпретатором Bash. Эти команды могут быть командами командной строки, вызовами других программ, условными операторами и циклами, а также другими операциями [3].

## Автоматизация Nmap

Nmap может взаимодействовать с текстовыми файлами для чтения входных данных и записи результатов сканирования. Это полезная функциональность, которая позволяет автоматизировать процессы сканирования и анализировать данные [2].

Можно указать список целевых хостов или подсетей, которые должны быть отсканированы, в текстовом файле, а затем использовать Nmap, чтобы прочитать эти данные из файла и выполнить сканирование.

Например: `nmap -iL target_hosts.txt`

В этом случае `target_hosts.txt` – это имя текстового файла, содержащего список целей. В результате такого взаимодействия можно вывести все результаты в текстовый документ, но нет необходимости читать всю информацию с консоли. В данном случае есть необходимость только в открытых портах.

По итогу работы был написан bash-скрипт для автоматической работы Nmap. Результат автоматической работы Nmap продемонстрирован на рис. 1.

```

1 #!/bin/bash
2 target_file="ip_addresses.txt"
3 nmap_tool="nmap"
4 nmap_tool_opts="-iL"
5 nmap_tool_opts="$nmap_tool_opts -o"
6 nmap_tool_opts="$nmap_tool_opts -o"
7 # Путь до папки с документом
8 output_folder="/root/Documents/nmap_results"
9 output_filename="nmap_results.txt"
10 # Проверка наличия папки
11 if [ ! -d "$output_folder" ]; then
12     # Создание папки
13     mkdir -p "$output_folder"
14     # Проверка наличия папки
15     if [ ! -d "$output_folder" ]; then
16         echo "Error: Failed to create output folder."
17         exit 1
18     fi
19 fi
20 # Определяем путь к файлу результатов перед началом сканирования
21 output_file="$output_folder/$output_filename"
22 # Если не указан IP-адрес, то сканируем IP-адреса
23 while IFS= read -r ip_address; do
24     # Проверка наличия IP-адреса
25     if [ -z "$ip_address" ]; then
26         continue
27     fi
28     # Выполнение сканирования nmap всех 65535 TCP-портов с быстрой настройкой -f
29     nmap_output=$(nmap -iL "$ip_address" -oN "$output_folder/$ip_address.txt" --script=ssh --script=telnet --script=ftp --script=snmp --script=rdp --script=oracle --script=msrpc --script=msql --script=msqlx --script=msqlm --script=msqlr --script=msqls --script=msqlt --script=msqlu --script=msqlv --script=msqlw --script=msqlx --script=msqlm --script=msqlr --script=msqls --script=msqlt --script=msqlu --script=msqlv --script=msqlw)
30     # Проверка наличия открытых портов в результате сканирования
31     if [ -n "$nmap_output" ]; then
32         # Выводим номер открытого порта и его статус
33         nmap_output=$(echo "$nmap_output" | grep -E "open|closed")
34         # Выводим результаты в файл
35         echo "$ip_address" >> "$output_file"
36         echo "$nmap_output" >> "$output_file"
37     fi
38     # Если не указаны открытые порты в результате сканирования, выполняем глубокую проверку
39     if [ -z "$nmap_output" ]; then
40         # IP-адрес сканируется с помощью "nmap -iL"
41         # IP-адрес сканируется с помощью "nmap -iL"
42         # Выполнение более глубокого сканирования nmap, не только с помощью
43         nmap_output=$(nmap -iL "$ip_address" -oN "$output_folder/$ip_address.txt" --script=ssh --script=telnet --script=ftp --script=snmp --script=rdp --script=oracle --script=msrpc --script=msql --script=msqlx --script=msqlm --script=msqlr --script=msqls --script=msqlt --script=msqlu --script=msqlv --script=msqlw)
44         # Выводим номер открытого порта и его статус
45         nmap_output=$(echo "$nmap_output" | grep -E "open|closed")
46         # Проверка наличия открытых портов в результате сканирования
47         if [ -n "$nmap_output" ]; then
48             # Выводим результаты в файл
49             echo "$ip_address" >> "$output_file"
50             echo "$nmap_output" >> "$output_file"
51         fi
52     fi
53     # Если не указаны открытые порты в результате сканирования, сообщаем об этом в результатах
54     echo "$ip_address" >> "$output_file"
55     echo "Scanning $ip_address. Results saved in file $output_file"
56 done << "$target_file"
57 # Сканирование завершено. Результаты сохранены в файле $output_file
    
```

Рис. 1

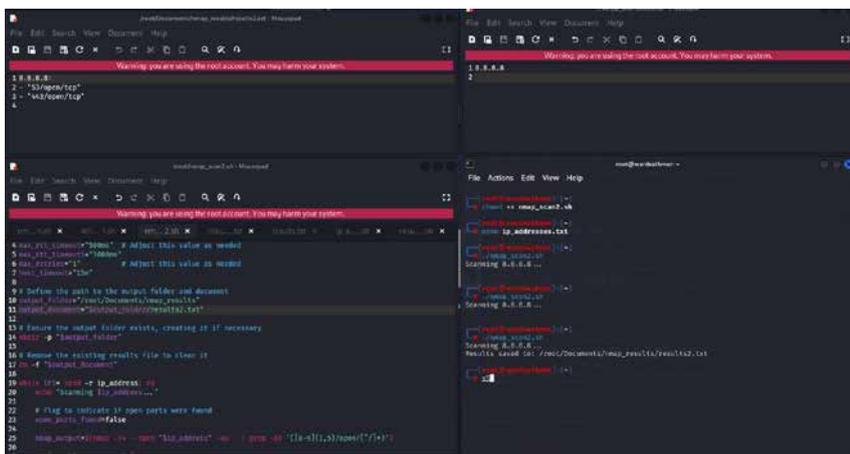


Рис. 2

## Поиск общих сетевых ресурсов в домене

Общие сетевые ресурсы в домене Active Directory (AD) используются для упрощения и централизации доступа к файлам, папкам, принтерам и другим ресурсам в корпоративной сети. Это может привести к нарушению одной из основ информационной безопасности – конфиденциальности.

Специалистам по информационной безопасности необходимо выполнять сканирование общих сетевых папок в домене по нескольким важным причинам: обнаружение и мониторинг угроз; контроль доступа; соблюдение нормативов; аудит безопасности.

Таким образом, сканирование общих сетевых папок является важной частью общей стратегии обеспечения информационной безопасности и защиты конфиденциальных данных в корпоративной сети.

## Программное обеспечение для поиска общих сетевых ресурсов

В домене можно проверить наличие общих ресурсов через встроенные средства, но это займет много времени. Для таких случаев есть специальное программное обеспечение для выполнения сканирования сети.

SoftPerfect Network Scanner – это популярная сетевая утилита, предназначенная для сканирования и анализа локальных и удаленных сетей. Это программное обеспечение предоставляет функциональность для обнаружения устройств, открытых портов, активных соединений и другой информации о сети [4].

Возможности SoftPerfect Network Scanner: сканирование IP-адресов, обнаружение устройств, анализ информации о сети.

SoftPerfect Network Scanner является полезным инструментом для администраторов сетей и специалистов по информационной безопасности, помогая им управлять и обеспечивать безопасность локальных и удаленных сетей. При его помощи можно автоматически ввести необходимые подсети внутри домена и начать сканирование, тем самым избежать ручной проверки каждого хоста.

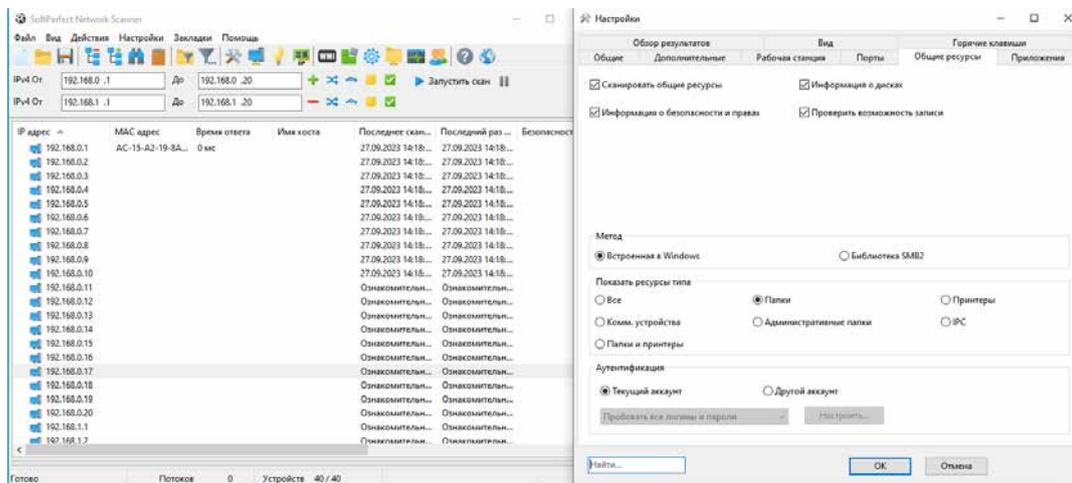


Рис. 3

## Заключение

В результате работы автоматизирован процесс сканирования открытых сетевых портов при помощи утилиты Nmap и использование Bash-скриптов.

Для сканирования открытых сетевых ресурсов найдена программа SoftPerfect Network Scanner, при помощи которой есть возможность выполнить сканирование сразу всех необходимых подсетей или отдельных хостов.

Внедрение автоматизации в пентест повышает безопасность путем быстрого и систематического выявления уязвимостей, что обеспечивает более широкий охват и идентификацию

потенциальных угроз. Благодаря автоматизации реакция на обнаруженные уязвимости происходит намного быстрее, что снижает окно уязвимости и уменьшает вероятность успешных кибератак, а также автоматизация позволяет оптимизировать использование ресурсов, сокращая затраты и человеческий фактор, что в конечном итоге повышает общую безопасность предприятия за счет более эффективного управления и минимизации потенциальных угроз.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Nmap. URL: <https://kali.tools/?p=1317> (дата обращения: 01.10.2023).
2. Справочное руководство Nmap. URL: <https://nmap.org/man/ru/man-briefoptions.html> (дата обращения: 01.10.2023).
3. Bash-скрипты: начало. URL: <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/325522/> (дата обращения: 01.10.2023).
4. SoftPerfect Network Scanner URL: <https://www.softperfect.com/products/networkscanner/> (дата обращения: 01.10.2023).

УДК 004.4:621.315

## РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЁТА ОБЪЕКТОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Т. А. Несенюк, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрические машины»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Системный подход в системе электроснабжения обеспечивает питание потребителей [1–2]. Однако происходят аварийные ситуации, приводящие к отключениям, основными причинами которых могут быть непредсказуемые внешние воздействия и недостатки обслуживания объектов технической эксплуатации. Анализ причины отказов технических средств показывает, что большая часть (47 %) приходится на эксплуатационные отказы, далее идут производственные при ремонте (23 %), деградационные/износ (18 %), конструкционные (8 %) и только 4 % занимают внешние воздействия. Существующие методы технической эксплуатации необходимо совершенствовать с помощью новых разработок, встраиваемых в систему электроснабжения, организацией производства, управлением материальными и кадровыми ресурсами [3–5].

Предлагается автоматизированное управление системой контроля и учёта объектов технической эксплуатации на базе web-платформы.

В работах [6–8] описывалось применение RFID-технологий для создания автоматизированной системы диагностики изоляторов воздушной линии электропередачи. Для этого разработаны RFID-индикаторы, позволяющие определять состояние изоляции, указывать точное место дефектного изолятора в случае его пробоя, перекрытия или снижения диэлектрической прочности. Ответный сигнал от RFID-индикатора формируется при подаче зондирующего сигнала от считывающего устройства и обрабатывается программным обеспечением. Уникальный 24-значный номер RFID-индикатора позволяет вести учет, диагностику оборудования, определяет время технического обслуживания и ремонта. Эту систему и взяли за основу при разработке платформы системы контроля и учёта объектов технической эксплуатации.

Предлагается создать интеграционную платформу (ИП), содержащую все необходимые сведения согласно правилам технической эксплуатации, которые и возьмем за основу. Схематично представим интеграционную платформу в виде взаимосвязанных областей: «1 Объекты», «2 Технические средства, оборудование», «3 План ТО и Р», «4 Персонал», «5 Заявки», «6 Управление», «7 Нормативные документы». Каждая из областей хранит свои данные и взаимодействует через программный код вручную и (или) автоматически (рис. 1). Каждая область взаимодействует со всеми областями системы посредством интеграционной платформы и наполнена определенным



Рис. 1. Взаимосвязи в системе контроля и учёта объектов технической эксплуатации в интеграционной платформе (ИП)

внутренним содержанием, позволяющим улучшить управление качеством производства, в результате которого уменьшается риск отказов технических средств, обеспечивающих надежность работы системы электроснабжения.

Область «1 Объекты» представляет три подгруппы: контактная сеть; линии СЦБ, линии продольного электроснабжения; тяговые и трансформаторные подстанции (рис. 2). В каждой подгруппе есть наименования участка линий и подстанций. Участки и подстанции имеют необходимые технические средства для передачи и распределения электрической энергии. Линии разбиты на пролеты, подстанции

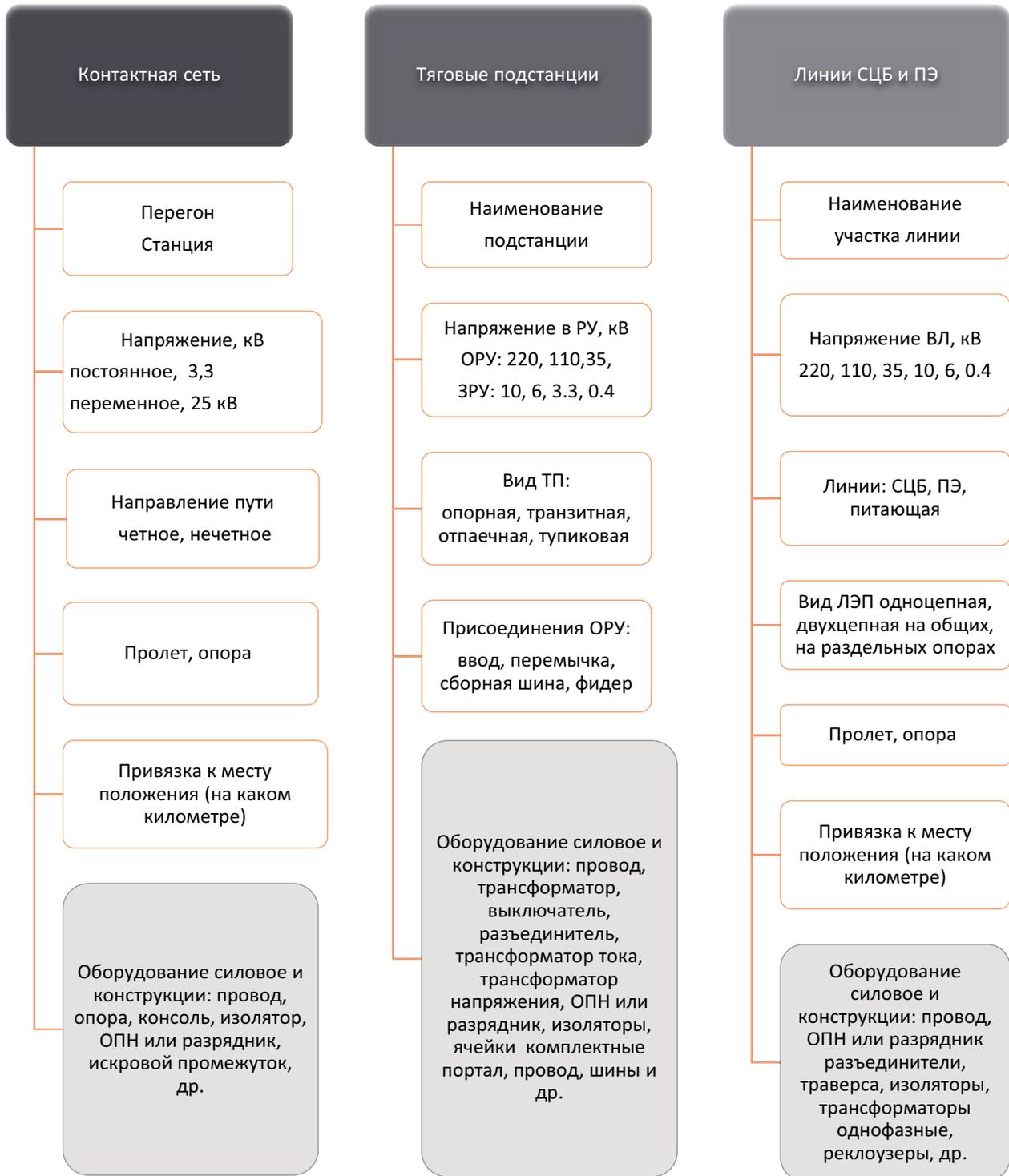


Рис. 2. Пример содержания области «1 Объекты»

на распределительные устройства. Например, открытое распределительное устройство напряжения 110 кВ (ОРУ-110 кВ) отпаечной подстанции, питание от линии электропередачи (ЛЭП) идет по двум вводам. Каждый ввод имеет выключатель, разъединители с заземляющими ножами, ограничители перенапряжений, измерительные трансформаторы тока и напряжения.

Это оборудование маркируется RFID-индикаторами и указывается на схеме главных электрических соединений (СГЭС). Но кроме основного коммутационного оборудования и трансформаторов в открытом распределительном устройстве провода поддерживаются заземленными порталами и опорными конструкциями; эти конструкции изолируются от потенциалов фаз линейными и опорными изоляторами. Ни те, ни другие в СГЭС не входят. При этом пробой изоляторов происходит несколько раз в год и вызывают аварийные ситуации в системе электроснабжения. Предлагается предусмотреть расположение изоляторов на СГЭС и обозначить по их месту расположения, к чему привык оперативный дежурный персонал и диспетчеры, и промаркировать RFID-индикаторами.

На СГЭС оборудование имеет специальное обозначение при маркировке RFID-индикаторами или RFID-идентификаторами; это краткое обозначение соответственно присваивается расположенному на территории подстанции оборудованию, можно указать его координаты. Так как изоляторы не имеют обозначений, предлагается в их обозначении определяться присоединением распределительного устройства, например, 110ИТ1а, что обозначает: «изолятор находится в ОРУ 110 кВ у силового трансформатора, ввод 1, фаза А». На линиях электропередачи изолятору присваивается номер опоры и его месторасположение на траверсе и координаты. Кроме того, индивидуальный код RFID-индикатора закрепляется в паспорте оборудования. Таким образом, формируется область «2 Оборудование», позволяющая сохранять технические характеристики, контролировать количество технических средств, определять производителя и принадлежность изделий. Данные могут пополняться сведениями технического обслуживания, ремонта, установки нового оборудования или модернизацией отработавшего свой ресурс, анализом комплексной аналитики от устройств сбора и обработки данных по показаниям датчиков, индикаторов, фиксации изменения параметров оборудования и технических средств.

Периодичность технического обслуживания и ремонта, а также модернизация оборудования определяется автоматически нормативными документами, соответствующими приказами, выполняется согласно утвержденными технологическими картами и нормами на установленных бланках отчетности – «7 Нормативные документы». Данную область «7 Нормативные документы» следует заполнить учебной и технической и научной литературой, включить статьи специализированных журналов по особенностям технического обслуживания, инновациям, опыту внедрения, правил технической эксплуатации, а также материалы для самоподготовки, вопросы для повышения квалификации и получения группы по электробезопасности, видеоматериалы. Удобный поиск и свободный доступ к библиотеке позволит в свободное время повторить материал, подготовиться к предстоящему качественному выполнению задания по технической эксплуатации оборудования, а также получить новые знания и повысить свою квалификацию.

Исходя из нормативных документов, имеющихся объектов технической эксплуатации и данных по ранее проведенному техническому обслуживанию и ремонту можно автоматически сформировать для каждого объекта свой годовой, месячный и недельный календарный план работ. Эти планы согласовать с руководителями, непосредственно отвечающими за технической эксплуатацией – «3 План ТО и Р». Для исполнения плана технического обслуживания объекта эксплуатации диспетчеру автоматически поступает сформированное техническое задание на выполнение определенных видов работ. Задача диспетчера – согласовать выполнение заявки, обеспечив бесперебойное питание потребителей с учетом графика движения поездов, с одной стороны, и готовности бригады, с другой. Ситуативный характер изменения графика движения поездов, непредвиденные обстоятельства или погодные условия могут внести свои коррективы, после чего формируется техническое задание в виде наряда допуска – область «6 Управление». Техническое задание заполняется автоматически исходя из объектов контроля, вида работ, технологической карты, формируется и состав исполнителей. Исполнителями может быть выбран только специально подготовленный обученный электротехнический персонал, выполняющий трудовые функции, связанные



Рис. 3. Применение системы контроля и учёта объектов технической эксплуатации

с эксплуатацией электроустановок и имеющий определенный разряд и определенную группу по электробезопасности.

В области «4 Кадры» сохраняются данные персонала по месту работы, должности, стажу, обучению, прохождению курсов повышения квалификации и т. п. Предприятие, благодаря системе, в заданный период направляет работника на повышение квалификации, организует проведение медосмотра, представляет поощрения, формирует социальный пакет своего работника.

Область «5 Заявки» предусмотрена для формирования заявок на приобретение оборудования, комплектующих, материалов, приборов, инструментов, датчиков и специальных устройств. При формировании заявки учитываются планы модернизации объектов инфраструктуры, технического обслуживания и ремонта, введения новых объектов в эксплуатацию и их техническое

обслуживание. Одним из факторов надежной работы системы является выбор производителей. Именно на стадии производства выпускаемое оборудование можно маркировать RFID-метками или RFID-индикаторами и в дальнейшем использовать уникальный код для автоматической передачи оборудования по накладным с данными партии и с характеристиками нового оборудования. Именно эти характеристики и будут в дальнейшем применены для технической эксплуатации электроустановок.

Предлагаемая интеграционная платформа системы контроля и учёта объектов технической эксплуатации, разработанная на RFID-технологии, автоматически создает задания по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, согласовывает их исходя из нормативных документов, ситуационного анализа, данных индикаторов и датчиков, контролирует исполнение работ оперативных бригад, анализирует полученные сведения, планирует закупки у предприятий, выпускающих оборудование, технические средства, средства защиты. Результатом работы интеграционной платформы станет сокращение аварийных ситуаций, минимизация времени на организацию и управление производственным процессом, учет оборудования, снижение травматичности, повышение производительности труда.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ОАО «РЖД». О совершенствовании системы содержания объектов энергетического комплекса : Распоряжение от 18 августа 2021 г. №1812/р.
2. Приказ Министерства энергетики РФ от 12 августа 2022 г. № 811 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405299745/>
3. ОАО «РЖД». Стратегия научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (белая книга). URL: [https://www.sinref.ru/000\\_uchebniki/04600\\_raznie\\_13/496-Polozhenie\\_OAO\\_RZD-o-zakupkah-2022/007.htm](https://www.sinref.ru/000_uchebniki/04600_raznie_13/496-Polozhenie_OAO_RZD-o-zakupkah-2022/007.htm).
4. Каргина Л. А. Развитие цифровых платформенных решений для управления экономическими процессами на транспорте / Л. А. Каргина, И. А. Сысоев // Экономика железных дорог. – 2023. – № 8. – С. 36–41.
5. Efanow D. W., Osadtschiy G. W. Energy Efficiency Categories for Safety Installations // Signal + Draht. 2020. Bd. 112. Heft 4. S. 36–42.
6. Несенюк Т. А., Сергеев Б. С., Сухогузов А. П. Методика определения состояния изоляторов ВЛ-6-10 кВ // Известия Транссиба. – 2014. – № 4 (20). – С. 97–104.
6. Несенюк Т. А., Соколов В. Н., Гончарь П. С. Опытные-промышленные испытания системы RFID-контроля изоляторов // Транспорт Урала. – 2022. – № 2 (73). – С. 103–110.
8. Способ идентификации и контроля высоковольтного оборудования : пат. 2794715 Рос. Федерации.

УДК 004.056

## ПРОЦЕДУРА РЕГИСТРАЦИИ И ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСИ И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТЫ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ ПРИ ПОМОЩИ УДОСТОВЕРЯЮЩЕГО ЦЕНТРА

М. Н. Дмитриев, 4 курс

Н. В. Ганженко, старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и защита информации»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Оформление и выдача электронной подписи пользователям в удостоверяющем центре направлены на создание безопасного и надежного цифрового окружения для всех пользователей компании и обеспечения их электронной безопасности и доверия к электронным сделкам и операциям.

Многофункциональная карта позволяет работникам ОАО «РЖД» обходиться без проездного билета, удостоверения личности, карт доступа и т.д. Она объединяет все эти функции в одном устройстве, что делает работу более удобной и эффективной.

Федеральный закон [1] предусматривает три вида электронных подписей: простая, усиленная неквалифицированная, усиленная квалифицированная [2].

Многофункциональная электронная карта (МЭК) – универсальное средство идентификации держателя карты, инструмент для регистрации технологических операций в корпоративных информационных системах, ключ управления индивидуальным корпоративным социальным пакетом (рис. 1).



Рис. 1. МЭК

МЭК имеет контактный интерфейс (микропроцессор с операционной системой, использующей криптографический модуль), бесконтактный интерфейс и элементы визуальной идентификации.

Память МЭК разделена на сектора, обеспечивающие независимое функционирование различных электронных приложений.

Технология МЭК позволяет расширить существующую функциональность, предоставляя пользователям карты новые услуги и возможности.

### Принципы работы МЭК РЖД

#### 1. Комплексность и автоматизация

МЭК РЖД базируется на комплексной и автоматизированной системе, которая объединяет различные компоненты и процессы железнодорожной деятельности. Она обеспечивает эффективную работу всех участников, включая железнодорожную инфраструктуру, подвижной состав и специализированные службы, такие как пассажирские и грузовые перевозки.

#### 2. Оперативность и надежность

МЭК РЖД строится на основе оперативной обработки данных и обеспечивает надежность взаимодействия между разными компонентами системы. Мгновенный обмен информацией обеспечивает оперативное принятие решений, быструю диагностику и устранение возникающих проблем, а также надежность работы всей системы.

### 3. Централизация и децентрализация

МЭК РЖД объединяет централизованный подход к управлению железнодорожной системой с децентрализацией выполнения задач. Централизация обеспечивает общую координацию и управление системой, а децентрализация позволяет участникам системы самостоятельно выполнять свои задачи и принимать решения на основе своих компетенций.

### 4. Интеграция и совместная работа

МЭК РЖД предусматривает интеграцию и совместную работу между различными компонентами системы. Она позволяет обмениваться данными между участниками, связывает системы управления и контроля, а также обеспечивает совместную работу для достижения общих целей железнодорожной системы.

### 5. Гибкость и масштабируемость

МЭК РЖД предоставляет гибкость и масштабируемость для адаптации к изменяющимся условиям и потребностям железнодорожной системы. Она может быть расширена, изменена и усовершенствована, чтобы соответствовать разным требованиям и ожиданиям участников системы, обеспечивать эффективность и надежность работы системы в долгосрочной перспективе.

### 6. Безопасность и защита

МЭК РЖД обеспечивает высокий уровень безопасности и защиты информации о железнодорожной системе. Она применяет современные технологии шифрования и аутентификации, а также предусматривает многоуровневые механизмы контроля и защиты данных, чтобы предотвратить несанкционированный доступ и использование информации.

Принцип действий по выпуску МЭК аналогичен принципу выпуска электронной подписи, так как используется та же консоль.

## Порядок получения МЭК в удостоверяющем центре (УЦ)

1. Отправить заявку через сайт «Автоматизированная система выдачи электронной подписи ЭП и МЭК». В заявке указываются персональные данные. Специалист проверяет правильность заполнения заявки, после чего согласовывает и связывается не позднее 24 часов с момента составления обращения.

2. При условии, что заявка составлена корректно и указанные данные актуальны, пользователь получит оповещение, что заявка на получение МЭК одобрена. Пользователю будет направлена инструкция, в которой указано время, к которому необходимо подойти в УЦ, и адрес центра, а также перечень документов, необходимых для получения МЭК. Важно отметить, что карту может получить и доверенное лицо пользователя по заранее составленной доверенности, так как МЭК не имеет юридической силы, в отличие от квалифицированной электронной подписи, при получении которой пользователь приходит лично.

### 3. Получение сертификата МЭК

После того как все необходимые документы собраны, пользователь приезжает в УЦ и под роспись получает МЭК, при этом расписавшись в журнале учета средств криптографической защиты информации (СКЗИ) и в одном экземпляре сертификата пользователя. Второй экземпляр остается в УЦ и убирается в архив.

## Электронная подпись

1. Программное обеспечение «КриптоПро УЦ 2.0» [3] должно быть установлено и готово к эксплуатации в штатном режиме функционирования.

2. Оператор УЦ должен получить от пользователя ключевой носитель, соответствующий требованиям информационной безопасности и сертифицированный во ФСТЭК России. Ключевой носитель учитывается в журнале установленной формы.

На автоматизированном рабочем месте (АРМ) оператора УЦ должны быть установлены и настроены средства защиты информации (антивирус, средство контроля доступа, резервное копирование и т.д.), а также настроены параметры подключения к Центру регистрации.

Для запуска консоли управления центром регистрации (консоль управления ЦР) необходимо запустить приложение «Консоль управления ЦР» в меню «Запуск», в центральном окне нажать «Подключиться» и убедиться, что подключение к Центру регистрации успешно установлено.

Для регистрации пользователя необходимо запустить «Консоль управления ЦР» и перейти в раздел «Пользователи» (рис. 2).

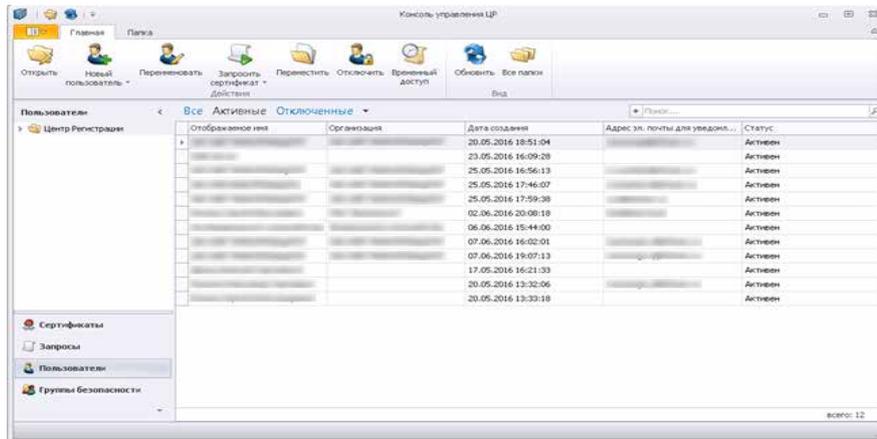


Рис. 2. Вкладка «Пользователи»

В верхней части консоли нажать кнопку «Новый пользователь», ввести информацию о пользователе, отметить чекбокс «Одобрить», нажать кнопку «Сохранить и закрыть» и убедиться, что созданная учётная запись появилась в списке пользователей.

Для выпуска сертификата пользователю УЦ необходимо запустить консоль управления ЦР и перейти в раздел «Пользователи», выбрать пользователя, которому необходимо выпустить сертификат, и щелчком правой кнопкой мыши по выбранному пользователю нажать «Запросить сертификат → Запросить сертификат», подключить ключевой носитель пользователя к АРМ оператора УЦ, выбрать шаблон сертификата для создания, установить «Одобрить» и нажать «Создать и закрыть».

Печатают два экземпляра сертификата, на каждом указаны персональные данные, номер ключа (его также присваивает оператор) и сгенерированный ПИН-код пользователя [4]. Пользователь расписывается в журнале с заполненными данными. Один экземпляр заявления остается в УЦ и убирается в архив.

В заключение важно отметить, что одним из основных преимуществ электронной подписи является защита от подделки и изменения информации. Подпись позволяет получателю убедиться, что документ не был изменен после его создания, а отправитель не может отказаться от авторства своего сообщения. Это особенно важно в сфере финансов, правовой и медицинской документации, где целостность и подлинность информации имеют критическое значение.

МЭК РЖД является комплексной и автоматизированной системой, объединяющей различные компоненты и процессы железнодорожной деятельности. Она обеспечивает эффективную работу всех участников системы, оперативную обработку данных, надежность взаимодействия и оперативное принятие решений. Централизация и децентрализация позволяют эффективно управлять системой и дать участникам возможность самостоятельно выполнять задачи. Высокий уровень безопасности и защиты информации обеспечивается применением современных технологий. Эти особенности делают МЭК РЖД надежной и эффективной системой для железнодорожной деятельности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «Об электронной подписи». URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_112701/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_112701/)
2. Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. URL: <https://www.info-secur.ru/index.php/ojs/issue/archive>
3. Программное обеспечение КриптоПро УЦ 2.0. URL: <https://www.cryptopro.ru/products/ca/2.0>
4. Федеральный закон «О персональных данных». URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_61801/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/)

УДК 629.371.2

## МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ «ФОРМУЛА СТУДЕНТ»

И. М. Зелюков, магистрант (научный руководитель – Г. Л. Штрапенин, канд. физ.-мат. наук)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

С появлением новых технологий, включающих в себя искусственный интеллект и робототехнику, интерес к беспилотным транспортным средствам (БТС) стремительно вырос. Функцию водителя в БТС выполняет управляющий модуль, анализирующий всю поступающую информацию о внешней среде с различных датчиков, обрабатывает ее, координируя таким образом все подсистемы автомобиля.

Одной из самых важных подсистем БТС является модуль рулевого управления – мехатронная система, позволяющая изменять поворот передних колес автомобиля на определенный угол, основываясь на информации, которая поступает от модуля управления. Целью данной работы является разработка мехатронного модуля рулевого управления беспилотного спортивного автомобиля класса «Формула Студент», построенного на базе бензинового ДВС, с соблюдением всех требований технического регламента [1].

Принцип работы мехатронного модуля: МК обрабатывает управляющий сигнал, приходящий по CAN-шине. Сигнал содержит в себе информацию об угле поворота передних колес, далее вычисляется ошибка рассогласований между текущим положением колес и необходимым положением, на которые они должны быть повернуты. Положение колес отслеживается датчиком обратной связи. После вычисления ошибки МК подает сигнал на драйвер для управления электромеханическим преобразователем, и чем больше ошибка рассогласования, тем выше будет скорость механического преобразователя [2]. Функциональная схема и размещение мехатронного модуля в автомобиле показаны на рис. 1, 2.

Одним из важных элементов мехатронного модуля является привод, воздействующий на рулевую рейку и поворачивающий передние колеса. Было рассмотрено три типа привода: электрический, гидравлический и пневматический (таблица).

Пневматический привод – наиболее подходящий вариант среди рассматриваемых из-за компактности, низкой стоимости и простоты установки [3]. Единственный существенный недостаток – сравнительно низкий КПД, но, учитывая особенность соревнований «Формула Студент», этот недостаток особого значения не имеет.

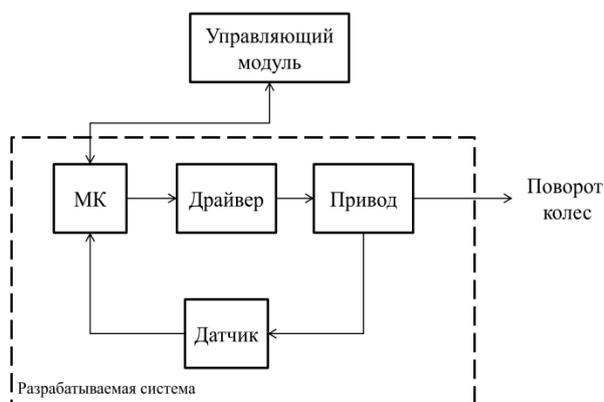


Рис. 1. Функциональная схема системы управления

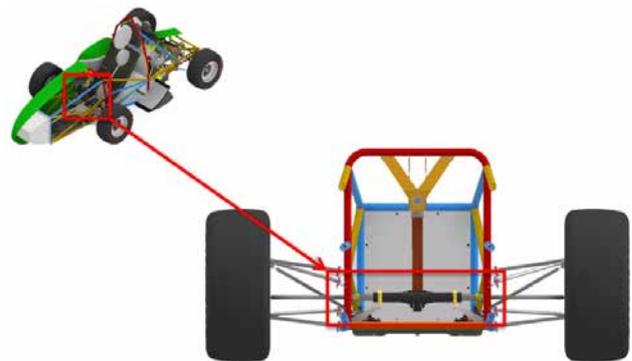


Рис. 2. Размещение системы управления беспилотного автомобиля

Сравнение различных типов приводов

Характеристика	Пневматический	Электрический	Гидравлический
Точность позиционирования	Высокая	Очень высокая	Высокая
Скорость	Высокая	Высокая	Низкая
Сложность	Низкая	Высокая	Средняя
Стоимость	Низкая	Высокая	Высокая
Влияние окружающей среды	Нечувствительны к колебаниям температуры, пожаро- и взрывобезопасны	Нечувствительны к изменениям температуры, требуют специальной защиты механических передач от пыли, взрывоопасны	Чувствительны к изменениям температуры, пожароопасны при наличии утечек
Техобслуживание	Простое	Сложное	Сложное
Потенциальная опасность	Отсутствует	Поражение электрическим током	Создают загрязнения

Управление пневмоцилиндром осуществляется с помощью пневматических распределителей и клапанов, которые направляют потоки сжатого воздуха в одну из полостей цилиндра (рис. 3).

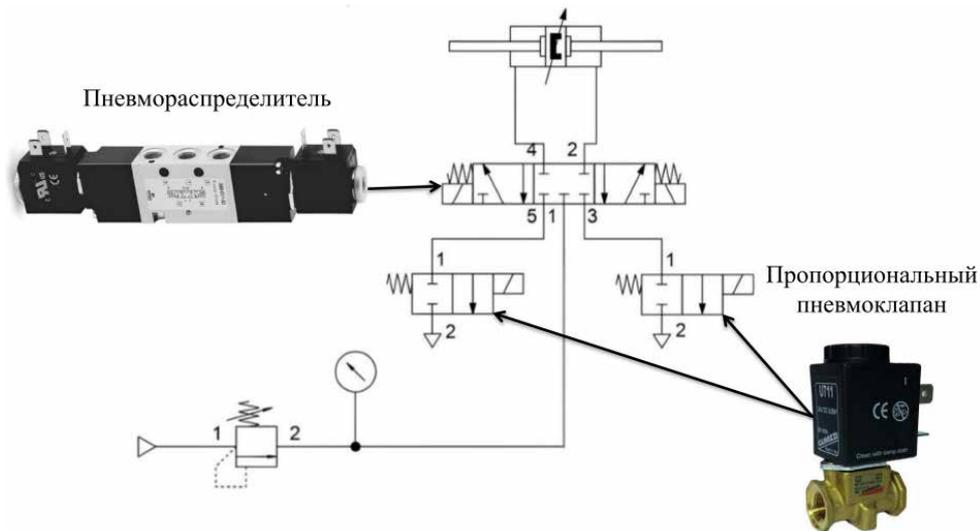


Рис. 3. Пневматическая схема управления цилиндром

Электронная схема управления пневмоцилиндром (рис. 4) выполнена на основе микроконтроллера (МК) STM32F407VGT6. Основные преимущества: наличие в его составе трех 12-битных АЦП и контроллера CAN. Подключение МК к общей CAN-шине осуществляется через CAN-трансивер на ИМС SN65HVD230.

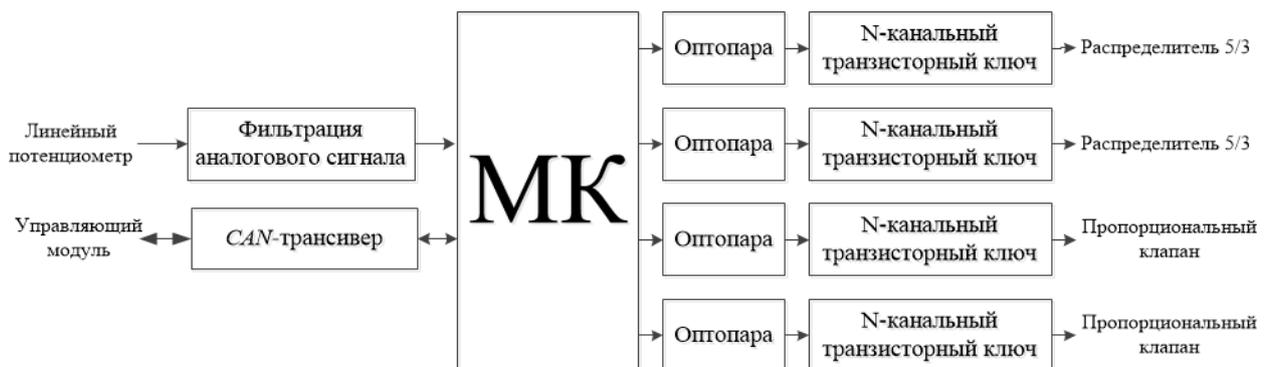


Рис. 4. Схема электронной части мехатронного модуля



Рис. 5. Блок-схема основной функции программного кода

Управление пневмоклапанами производится через драйверы с гальванической развязкой с мощными выходными N-канальными МОП-транзисторами, поскольку согласно официальной документации, токопотребление пневмоклапанов составляет около 0,5 А.

Положение штока пневмоцилиндра отслеживается датчиком на основе линейного потенциометра. Также реализована аппаратная и программная фильтрация аналогового сигнала датчика [4].

Блок-схема программного кода представлена на рис. 5. Начало программной части начинается со всей инициализации периферии МК.

После настройки всех выводов МК программа заходит в суперцикл, в котором происходит сбор данных с шины CAN и аналогового датчика. Формирование управляющего сигнала с помощью ПИД-регулятора происходит после вычисления ошибки рассогласования. Далее управляющий сигнал открывает или закрывает определенные пневматические элементы для управления потоком сжатого воздуха [2].

В ходе разработки модуля определены эмпирическим путем оптимальные коэффициенты ПИД-регулятора с учетом следующих моментов [2, 5]: чтобы увеличить

скорость достижения заданного значения, необходимо увеличивать пропорциональный коэффициент, чтобы повысить скорость компенсации накопившейся ошибки, необходимо увеличивать интегральный коэффициент, чтобы обеспечить стабильность системы, необходимо увеличивать дифференциальный коэффициент. Это позволяет контролировать скорость реакции системы.

Разработка беспилотного болида класса «Формула Студент» – это сложная комплексная задача, поскольку необходимо автоматизировать и координировать все подсистемы автомобиля. Выбор пневматического цилиндра с проходным штоком в качестве привода мехатронного модуля рулевого управления является главной отличительной особенностью рассматриваемого решения. Для управления пневмоцилиндром был разработан драйвер МК и написан программный код.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Регламент соревнований «Формула студент» 2024 г. URL: [https://www.formulastudent.de/user\\_upload/all/2023/rules/FS-Rules\\_2024\\_v1.0.pdf](https://www.formulastudent.de/user_upload/all/2023/rules/FS-Rules_2024_v1.0.pdf).
2. Зелюков И. М., Штрапенин Г. Л. Система управления рулевым механизмом беспилотного автомобиля «Формула Студент» // Инновационный транспорт. – 2023. – № 3. – С. 69–74.
3. Цилиндры пневматические. Серия 63. Гильза из алюминия. URL: [https://www.camozzi.ru/netcat\\_files/370/624/seriay\\_63.pdf](https://www.camozzi.ru/netcat_files/370/624/seriay_63.pdf).
4. Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств : учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2018. 636 с.
5. Шапран А. А. Теория автоматического управления : конспект лекций. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2014. – 147 с.

УДК 629.114.2

# ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЕГО ПРОДОЛЬНОЙ ДИНАМИКОЙ

Н. Д. Митин, аспирант

В. С. Тарасян, канд. физ.-мат. наук

В. В. Макаров, директор НИЧ

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Современный подход к проектированию систем управления в автомобилестроении заключается в модельно-ориентированном проектировании (МОП), которое подразумевает построение системы управления в виде моделей с дальнейшим тестированием и развертыванием алгоритмов на целевой платформе стандартными методами кодирования или генерацией кода. Для тестирования такого рода систем часто используют симуляцию на виртуальном объекте управления – имитационной модели.

## Построение имитационной модели автотранспортного средства (ТС)

Для тестирования алгоритма необходимо смоделировать агрегаты продольной динамики автомобиля, т.е. три основных блока: ДВС, трансмиссия и динамика ТС. Также упрощенно были смоделированы исполнительные механизмы для внесения дополнительной задержки управления.

Модель построена на базе стандартных блоков Simulink по формулам динамики ТС, без использования среды физического моделирования Simscape.

Так как ДВС – это сложная система, на работу которой влияет множество других параметров помимо его конструктивных особенностей, модель ДВС строилась на основе его рабочей характеристики, снятой с колес болида на динамометрическом стенде (рис. 1).

Эта характеристика показывает крутящий момент в зависимости от скорости вращения и положения дроссельной заслонки (Using Simulink and Stateflow in Automotive Applications).

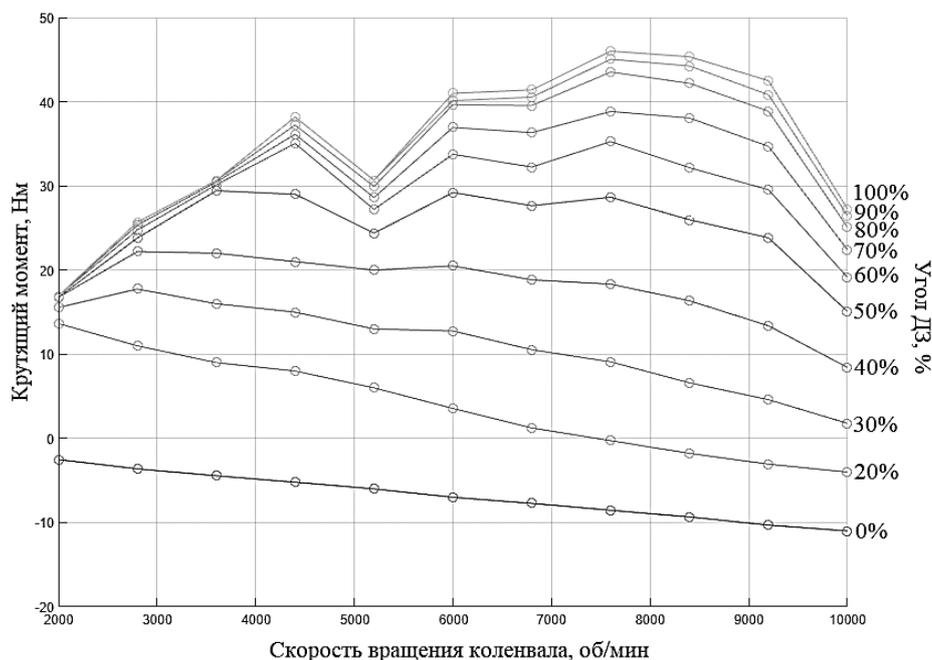


Рис. 1. Рабочая характеристика ДВС

Зная крутящий момент двигателя из заданной характеристики с обратной связью по угловой скорости, полученной путем интегрирования крутящего момента, строим модель по формуле динамики (рис. 2):

$$M_{\text{двс}} - M_{\text{сопр}} = I\dot{\omega}.$$

Задатчиком для крутящего момента ДВС является положение дроссельной заслонки.

Трансмиссия выбранного ТС секвентального типа механическая. Поэтому при ее моделировании необходимо учесть блок сцепления, разрывающий поток мощности от ДВС в трансмиссию. Поэтому общая модель трансмиссии (рис. 3) включает блок редукции и блок сцепления.

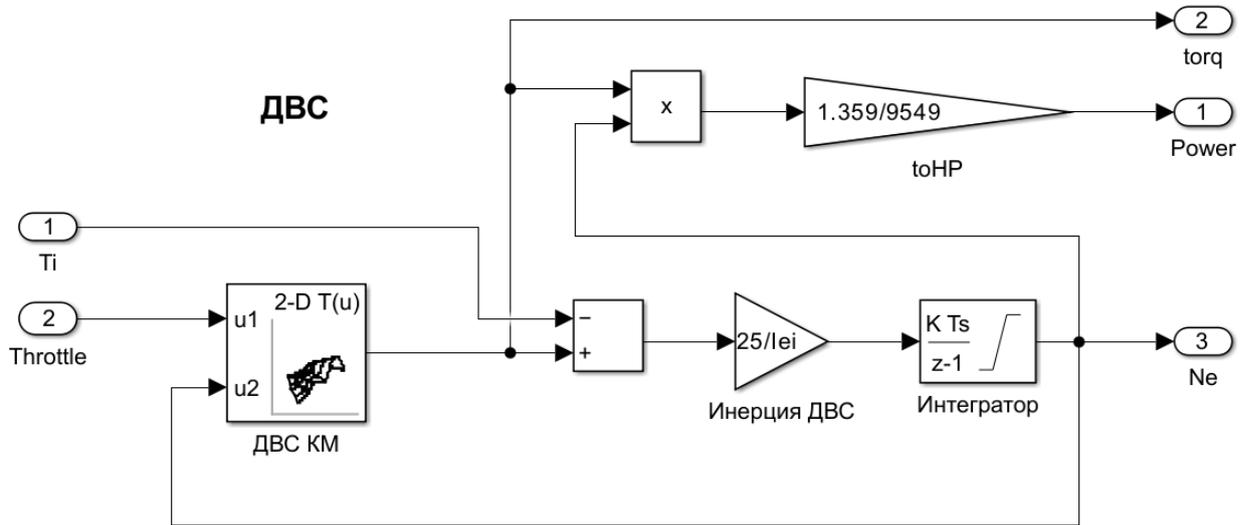


Рис. 2. Имитационная модель ДВС

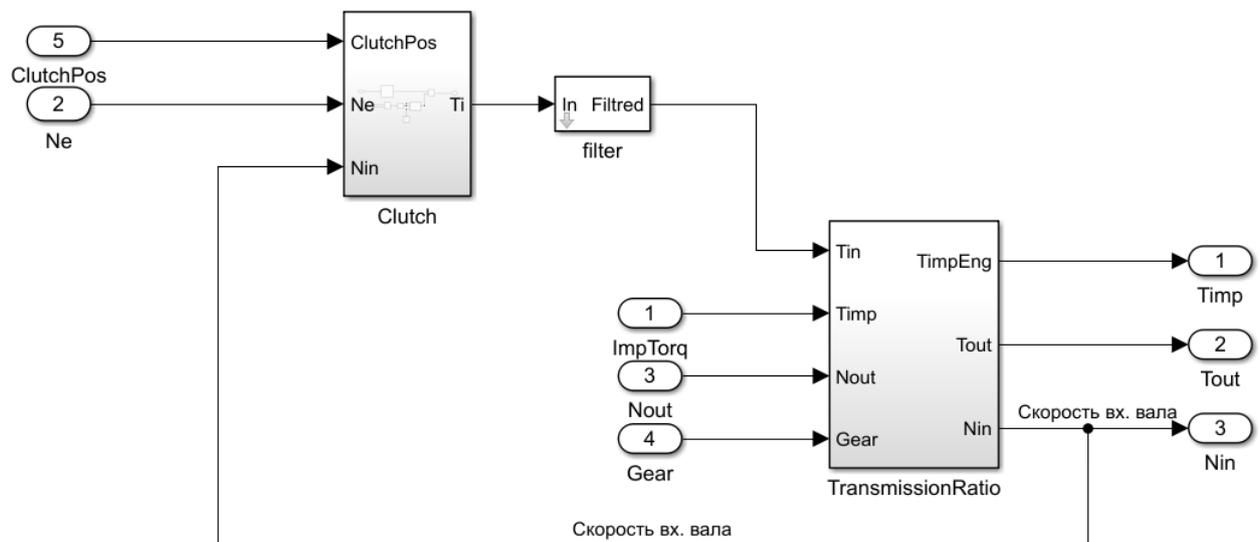


Рис. 3. Модель трансмиссии ТС

Модель сцепления (рис. 4) также основана на характеристике «положение – момент трения», подобранной эмпирически (Hybrid Clutch System).

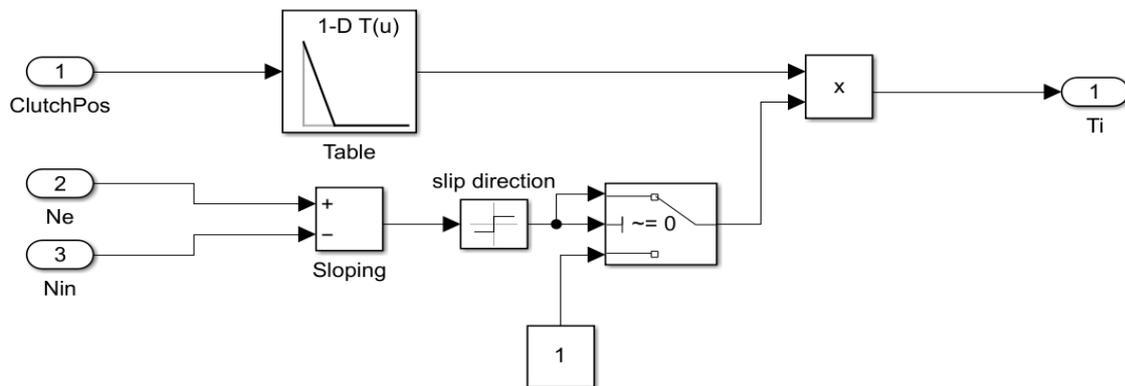


Рис. 4. Модель сцепления ТС

Блок редукции (рис. 5) задается с помощью таблицы передаточных чисел КПП.

Передаточные отношения КПП

Номер передачи	Передаточное отношение
1	2,83
2	2,063
3	1,647
4	1,42

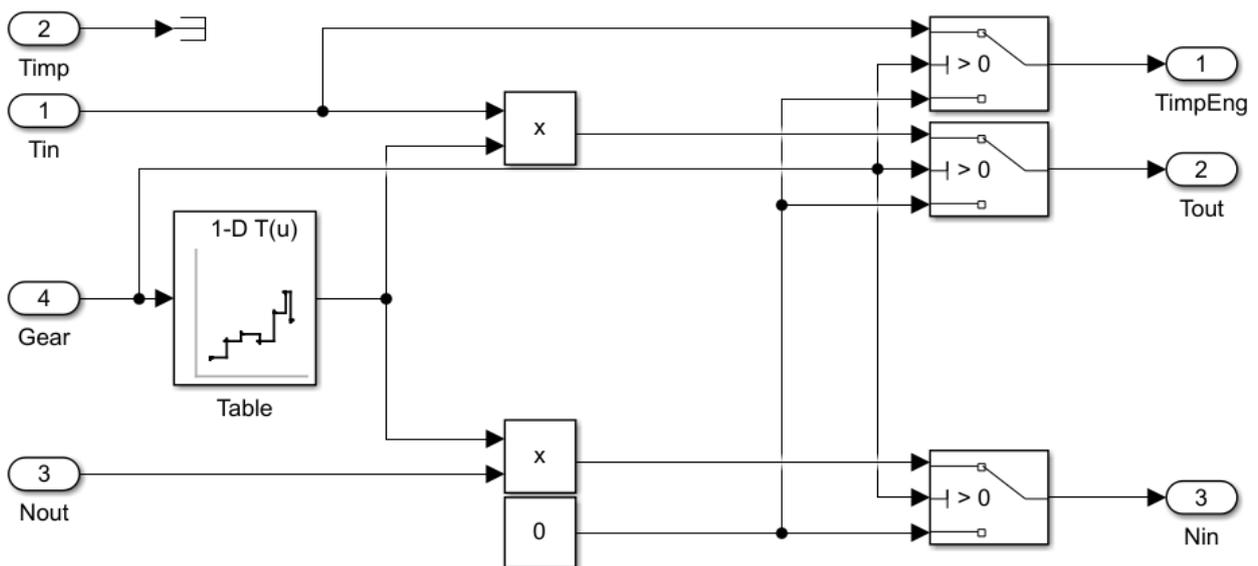


Рис. 5. Модель редукции КПП ТС

Модель продольной динамики (рис. 7) основана на совокупности формул динамики ТС:

$$F_i = F_p - F_a - F_r - F_g, \quad (1)$$

где  $F_i$  – результирующая сила, действующая на ТС;  $F_a$  – сила сопротивления воздуха;  $F_r$  – сила сопротивления трения;  $F_g$  – сила сопротивления гравитации.

Действия приведённых сил представлены на рис. 6.

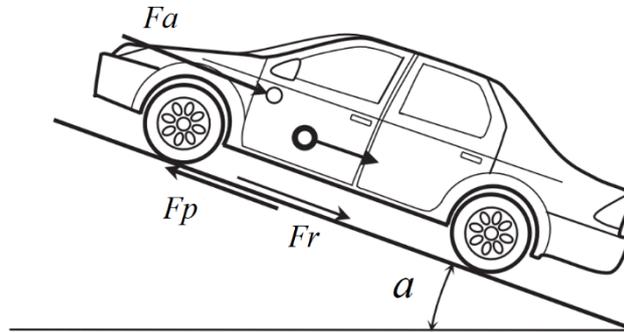


Рис. 6. Силы, действующие на ТС

По законам динамики можно составить уравнение движения (2).

$$F_i = (m + I_w + I_e G^2) \ddot{x}, \quad (2)$$

где  $m$  – масса ТС;  $I_w$  – инерция вращающихся масс (колес, валов до КПП);  $I_e$  – инерция вращающихся масс до КПП (ДВС, маховик, корзина сцепления);  $\ddot{x}$  – продольное ускорение ТС;  $G$  – передаточное отношение КПП.

Сила тяги определяется из крутящего момента ДВС с редукцией КПП, главной пары и размера колес (3).

$$F_p = \frac{T_e \cdot G \cdot FDR}{r_w}, \quad (3)$$

где  $T_e$  – крутящий момент ДВС;  $FDR$  – передаточное отношение главной пары;  $r_w$  – радиус ведущих колес ТС.

Сила сопротивления воздуха определяется по классической формуле (4) (Jensen, Santos, Clemmensen, Theodorsen, & Corstens, 2022):

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot p_a \cdot C_d \cdot A_v \cdot \dot{x}^2, \quad (4)$$

где  $p_a$  – плотность воздуха;  $C_d$  – коэффициент лобового сопротивления воздуха;  $A_v$  – площадь лобового поперечного сечения ТС;  $\dot{x}$  – скорость ТС.

Сила трения определяется по формуле сухого трения (5).

$$F_r = m \cdot g \cdot \mu \cdot \cos(\alpha), \quad (5)$$

где  $m$  – масса ТС;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\mu$  – коэффициент трения качения колес и механизмов ТС;  $\alpha$  – угол наклона дорожного покрытия.

Сила гравитации определяется по классической формуле силы тяжести (6).

$$F_g = m \cdot g \cdot \sin(\alpha). \quad (6)$$

Алгоритм управления должен определять и минимизировать пробуксовку задней (тяговой) оси ТС, поэтому необходимо упрощенно смоделировать заднюю ось ТС с заданным коэффициентом трения шин (Котиев, Горелов, & Захаров, 2014) (рис. 8).



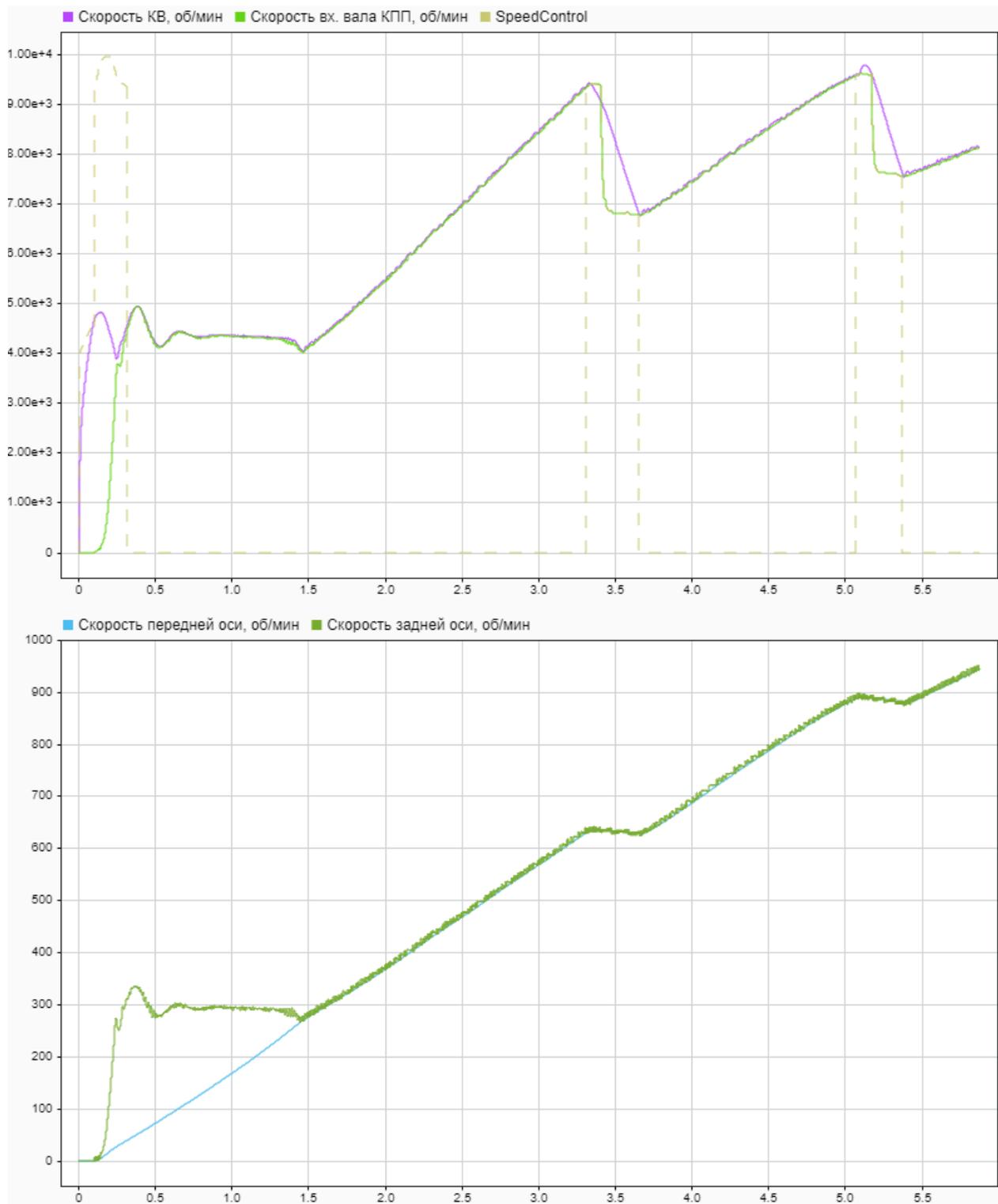


Рис. 9. Работа алгоритма управления на имитационной модели

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Hybrid Clutch System. (б.д.). Получено Январь 2023 г., из MathWorks: <https://www.mathworks.com/help/stateflow/ug/modeling-a-clutch.html>
2. Jensen, K. M., Santos, I. F., Clemmensen, L. H., Theodorsen, S., & Corstens, H. P. (2022). Mass estimation of ground vehicles based on longitudinal dynamics using loosely coupled integrated

navigation system and CAN-bus data with model parameter estimation. *Mechanical Systems and Signal Processing*.

3. Using Simulink and Stateflow in Automotive Applications. (б.д.). Получено 14 апрель 2023 г., из SIMULINK-STATEFLOW TECHNICAL EXAMPLES: <https://www.ee.hacettepe.edu.tr/~solen/Matlab/MatLab/Matlab,%20Simulink%20-%20Using%20Simulink%20and%20Stateflow%20in%20Automotive%20Applications.pdf>
4. Котиев, Г. О., Горелов, В. А., & Захаров, А. Ю. (2014). Имитационное моделирование динамики прямолинейного движения колесной машины на стенде «Беговые барабаны».

УДК 62-503.51

## МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ ДРОССЕЛЬНОЙ ЗАСЛОНКИ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ «ФОРМУЛА СТУДЕНТ»

А. А. Фоминцев, аспирант

В. С. Тарасян, канд. физ.-мат. наук, доцент

В. В. Макаров, директор НИЧ

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

За последние 20 лет автомобили перешли в новую стадию развития – беспилотное управление. Эта технология позволит снизить аварийность на дорогах и предоставить водителю больше свободного времени для решения более важных задач. Сама концепция беспилотного транспортного средства (БТС) стала развиваться с конца 60-70-х гг. XIX в., когда в автомобили начали внедрять системы активной безопасности, например, антиблокировочную тормозную и противобуксовочную системы. Эти новшества минимизировали некорректные действия водителя.

Одной из самых важных подсистем БТС является модуль управления силой тяги, представляющий собой источник и преобразователь энергии. Для машин с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) модуль силы тяги представляет собой сам ДВС и коробку переключения передач. Двигатель в этой связке представлен как управляемый источник механической энергии. Как правило, внешним управляющим сигналом для двигателей внутреннего сгорания служит изменение положения дроссельной заслонки, которая регулирует количество подаваемого воздуха в цилиндры. Для программного управления ДВС требуется обеспечить электронное управление дроссельной заслонкой. Это осуществимо только в том случае, если выполнить дроссельную заслонку в виде мехатронного модуля, способного принимать входной управляющий сигнал о положении и удерживать это положение при помощи электродвигателя с обратной связью по положению. В УрГУПС разработан мехатронный модуль дроссельной заслонки беспилотного спортивного автомобиля класса «Формула Студент», построенного на базе бензинового ДВС с соблюдением всех требований технического регламента [1].

Разработка данного модуля проводится согласно V-образной модели проектирования (рис. 1).

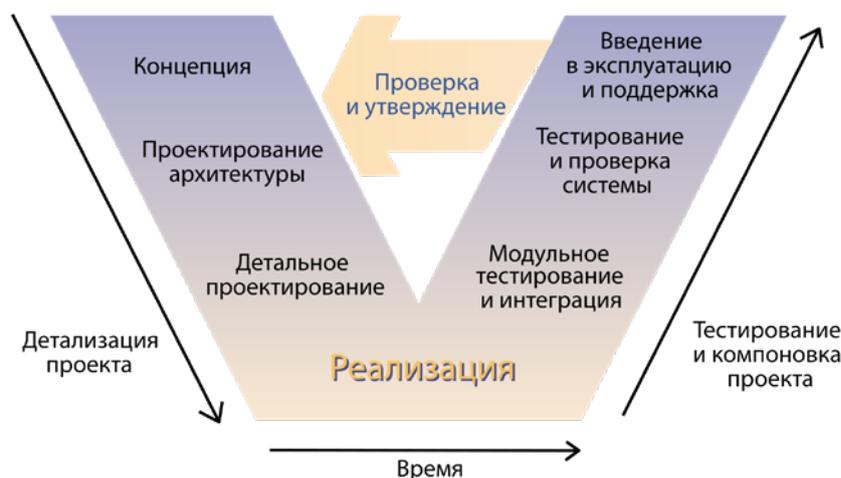


Рис.1. V-образная модель проектирования

На этапе концепции рассмотрены все требования со стороны технического регламента соревнований, а также особенности реализации проекта. Результат – общая структура систем управления, электронной и механической, которые удовлетворяют требованиям регламента и возможностям нашего производства.

Разработка мехатронных модулей согласно V-модели требует более специфичного подхода к проектированию программного обеспечения (ПО), поскольку проектирование механической и электрической части идет параллельно с этим, и мы не имеем самого объекта управления, на котором можно отлаживать некоторые программные функции и блоки. В решении этой проблемы помогает модельно-ориентированный подход к созданию ПО, где разработчик имеет возможность взаимодействовать с математической моделью объекта управления. На рис. 2 представлена архитектура системы электронной дроссельной заслонки в виде одной общей модели в программе Simulink.

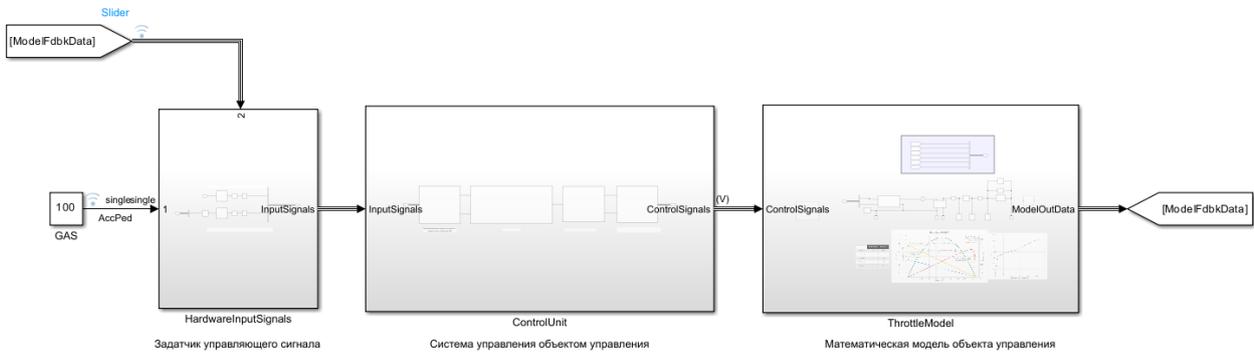


Рис. 2. Архитектура модели электронной дроссельной заслонки

Проект разделен на блоки входных сигналов, управления и модели объекта управления. Блок входных сигналов имитирует сигналы задания и обратной связи с внешних устройств в виде сигналов с аналоговых входов микроконтроллера. Блок модели объекта управления – работу электро-механической части устройства с логированием различных физических сигналов и передачей сигнала обратной связи. Математическая модель представляет собой набор дифференциальных уравнений, построенных в блочной форме при помощи библиотеки физических компонентов Simscape [2] (рис. 3).

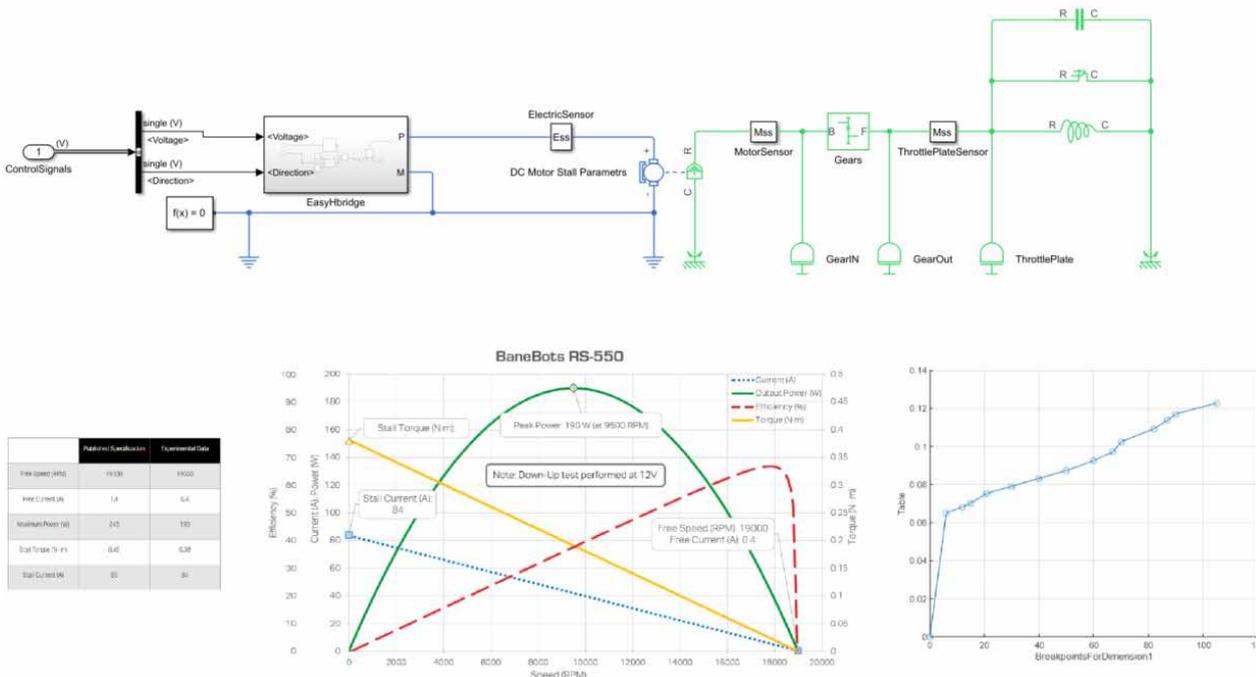


Рис. 3. Математическая модель электронного дросселя

Модель можно разделить на блоки управления электродвигателем, электродвигателя с измерителями электрических физических величин и механической части дросселя с измерителями

механических физических величин. Двумя основными компонентами, влияющими на динамику системы и её работоспособность, являются электродвигатель и пружина кручения. Они требуют корректной параметризации, поскольку сильно влияют на подбор параметров ПИД-регулятора в блоке управления. Параметризация двигателя выполнена согласно характеристикам эквивалентной схемы замещения по графикам из документации. Пружина взята с имеющегося механического дросселя, для нее построена характеристика зависимости момента силы от угла кручения.

Основным элементом в этой модели служит блок управления, именно этот блок будет преобразован в файл прошивки для микроконтроллера семейства STM32F4. Архитектура этого блока представлена на рис. 4, откуда мы можем увидеть, что он состоит из блоков обработки входных сигналов, управляющего алгоритма, обработки выходных сигналов и выхода сигнала на уровне железа. Их задача – преобразование сигналов в правильный формат для дальнейшего использования. Например, блок обработки входных сигналов преобразует сигналы аналогового входа из диапазона 0–1023 в новый диапазон 0–100, и преобразует типы данных из int16 в single. Это необходимо для удобства реализации ПИД-регулятора, который будет принимать на вход сигналы с диапазоном 0–100 и выдавать управляющий сигнал с новым диапазоном –100...+100.

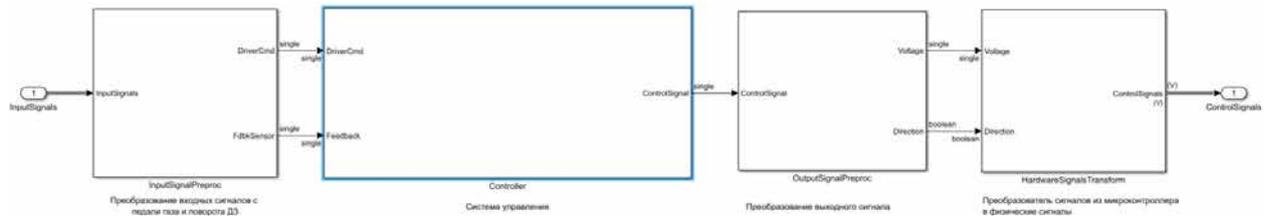


Рис. 4. Архитектура блока управления

Блок управляющего алгоритма имеет основную машину состояний для работы мехатронного модуля. Основное состояние – нормальный режим, оно использует ПИД-регулятор [3, 4] для реализации основной задачи управления исполнительным органом. Результат работы ПИД-регулятора дан на рис. 5, где верхний график показывает значение задающего и реального углов в градусах, средний – ошибку и управляющее воздействие от регулятора, а нижний – момент силы на электродвигателе.

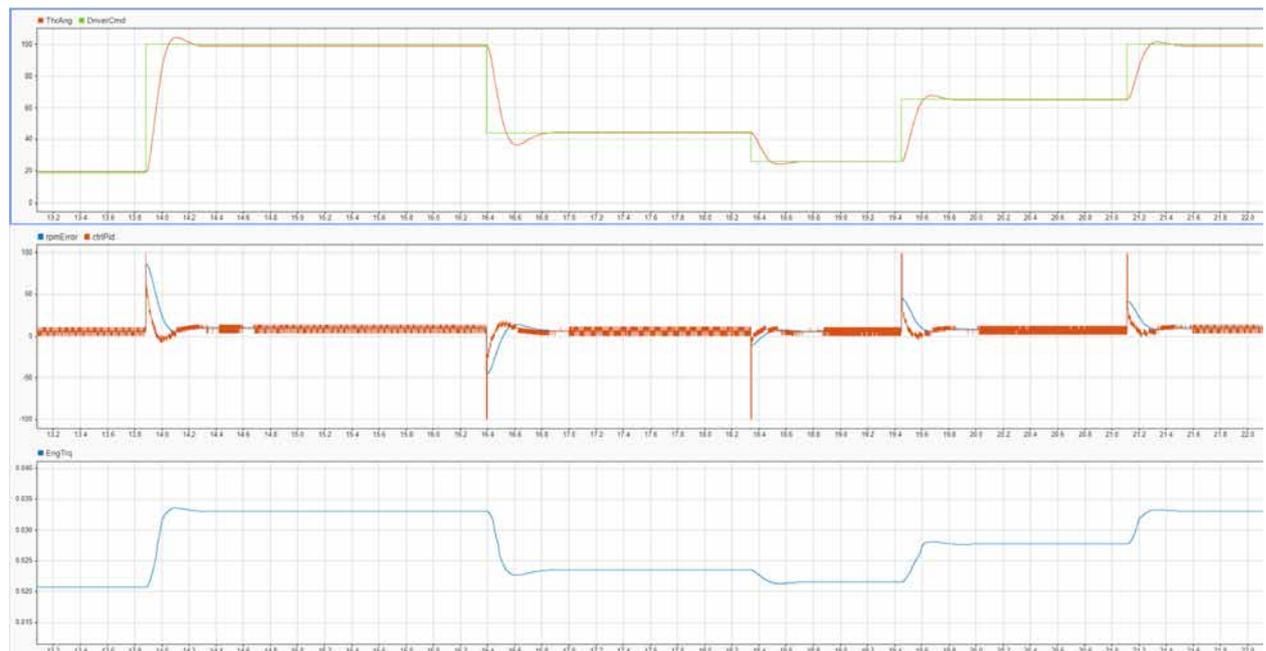


Рис. 5. Графики работы модели

Из графиков видно, что система имеет небольшое перерегулирование, около  $3^\circ$  при ступенчатом воздействии от  $0$  до  $100^\circ$ . Однако данная система имеет сильные автоколебания при управлении П-регулятором, это результат действия возвратной пружины. Для компенсации этих колебаний был взят ПД-регулятор, благодаря Д-составляющей получилось нивелировать автоколебания в системе, что отчетливо видно на управляющем сигнале с графика ПИД-регулятора, который всегда находится в колебательном режиме. Далее для минимизации перерегулирования был уменьшен П-коэффициент, что приводило к недорегулированию. А для компенсации недорегулирования подобран И-коэффициент. Как результат мы имеем достаточно хорошую скорость реакции системы, небольшое перерегулирование и стабильную работу на всем рабочем диапазоне.

Разработка мехатронных систем в соревнованиях «Формула Студент» должна выполняться с помощью таких подходов в проектировании, как V-модель и модельно-ориентированный подход. Это увеличивает скорость разработки мехатронных модулей, позволяет удобно выстраивать командную работу над проектом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Регламент соревнований «Формула студент» 2024 г. URL: [https://www.formulastudent.de/user\\_upload/all/2023/rules/FS-Rules\\_2024\\_v1.0.pdf](https://www.formulastudent.de/user_upload/all/2023/rules/FS-Rules_2024_v1.0.pdf).
2. Physical Modeling. Simscape. URL: <https://www.mathworks.com/products/simscape.html>.
3. PID Control. What is PID Control? URL: [https://www.mathworks.com/discovery/pid-control.html?s\\_tid=srchtitle\\_site\\_search\\_2\\_pid](https://www.mathworks.com/discovery/pid-control.html?s_tid=srchtitle_site_search_2_pid).
4. Шапран А. А. Теория автоматического управления : конспект лекций. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2014. – 147 с.

УДК 004.056.5; 004.031

## АНАЛИЗ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УМНЫХ УСТРОЙСТВ

Д. А. Корженевский, ассистент кафедры «Информационные технологии и защита информации»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Умные устройства могут выполнять за человека как определенные действия, так и контролировать его. Но применение умных устройств сопряжено с рядом вопросов информационной безопасности.

Поскольку не существует единой трактовки термина «умное устройство», который был бы закреплен в законодательстве или иных официальных документах, то это один из негативных факторов, влияющих на информационную безопасность умных устройств. Каждый специалист, обеспечивающий безопасность умных устройств, формирует собственное его понимание, что ведет к возможной утрате различных аспектов информационной безопасности.

Предлагается использовать термин, который бы отражал как назначение устройства, так и техническую составляющую оборудования и формат его взаимодействия. Умное устройство – устройство, обладающее сенсором, контроллером и исполнительной составляющей (актуатор), взаимодействующее с окружающей средой, с одной стороны, и с другими устройствами или сервисами, с другой, способное выполнять работу, для которой раньше был нужен человек и/или отдельное специфичное (профильное) устройство, а также способное к изменению логики выполнения команд (работы) в зависимости от внешних условий.

На основании предлагаемого определения «умного устройства» определяются следующие виды воздействия на устройство, которые способны привести к негативным последствиям (таблица 1).

Таблица 1

Воздействия на составляющие умного устройства

Составляющее умного устройства	Вид воздействия
Сенсорная составляющая	Перехват информации с измеряемыми характеристиками
	Несанкционированный доступ к настройкам сенсора
	Подмена информации с измеряемыми характеристиками
	Отказ в обслуживании сенсора
Контроллер	Несанкционированный доступ к хранилищу информации контроллера
	Несанкционированный доступ к настройкам контроллера
	Несанкционированная модификация логики работы контроллера
	Получение недостоверных сведений от сенсора
	Отправка недостоверных сведений к актуаторам
	Отказ в обслуживании контроллера
	Информация о взаимодействии с другими техническими устройствами и сервисами
Исполнительная составляющая	Ключи шифрования, токены подключения к информационным системам
	Несанкционированный доступ к настройкам актуатора
	Получение ложного (недостоверного) сигнала на исполнение команды
	Отказ в обслуживании актуатора

В соответствии с таблицей 1 определяется информация, подлежащая защите: конфигурационная информация составляющих элементов; информация, получаемая сенсорами, информация, обрабатываемая в контроллере и направляемая актуатору; информация, находящаяся в хранилище; алгоритм работы устройства; сведения о составляющих элементах (модель, версия ПО и т.д.); сведения о подключении к информационным системам и сервисам; ключи шифрования и токены подключения.

Актуальный вид нарушителя зависит от обрабатываемой информации и функций, которые реализует умное устройство, поэтому невозможно однозначно определить конечный набор актуальных нарушителей.

В железнодорожной сфере отмечается всё большее применение умных устройств, например, ТСКБМ, умные поезда и умные кассы [4, 5].

Использование системы «Телемеханическая система контроля бодрствования машиниста» (ТСКБМ) [3] можно отнести к использованию умного устройства для контроля физиологического состояния машиниста. Сама система состоит из четырех блоков, что в совокупности составляет умное устройство: ТСКБМ-Н – носимая часть устройства (браслет) – сенсор; ТСКБМ-П – приемник – канал передачи информации от сенсора к контроллеру; ТСКБМ-К – контроллер; ТСКБМ-И – актуатор.

Связь двух блоков обеспечивается с использованием радиосвязи на частотах 1,7 ГГц и 2,4 ГГц (в зависимости от исполнения). Блок-приемник должен располагаться радиопрозрачной стороной устройства к машинисту и в прямой видимости по отношению к носимому устройству [1, 2, 6]. Можно выделить следующие способы реализации атаки на указанный комплекс (рис.).



Схема реализации атаки

На рис. не учитывается схема применения технического устройства для подавления сигнала. Такой способ реализации атаки по типу «отказ в обслуживании» теоретически возможен. В данном сценарии атаки устройство подавления сигнала прерывает поступление сигнала от сенсора к приемнику. Однако реализация такого сценария на практике маловероятна ввиду нескольких факторов.

1. Расположение устройства подавления связи должно быть в кабине машиниста, так как металлическая конструкция кабины препятствует прохождению электромагнитных волн снаружи.

2. Вероятно, при потере соединения с сенсором контроллер перейдет в режим ожидания по возобновлению обмена информацией с сенсором.

Получение доступа к устройству и отправка недостоверной информации – наиболее вероятный сценарий. При получении доступа к устройству возможна модификация кода, которая позволит злоумышленнику побудить контроллер игнорировать поступающие сигналы или при наступлении какого-либо события отправить ложный сигнал на исполняющие устройства или в другие системы (например, сигнал системе экстренного торможения). Отправка недостоверной информации на приемник побудит устройство запустить процедуру проверки бодрствования машиниста путем нажатия кнопки. Если отправка данных будет производиться слишком часто, это приведет к отвлечению машиниста.

Система управления полноценного автономного локомотива будет подвержена еще большему количеству атак. Некоторые воздействия, которые могут привести к негативным последствиям, на системы «умного локомотива» приведены в таблице 2.

Таблица 2

Воздействия на системы «умного локомотива»

Система «умного локомотива»	Вид воздействия	Описание
Система связи	Отправка недостоверной информации локомотиву	«Умному локомотиву» необходимо получить задачу на выполнение, а также регулярно обмениваться информацией. Также в экстренных ситуациях локомотив должен получить управляющее воздействие на остановку деятельности. Злоумышленник может передать недостоверную информацию о задаче или иное управляющее воздействие
Сенсоры окружающего пространства	Перехват управления над системой сенсоров	Направление к контроллеру недостоверной информации, получаемой сенсорами. Отключение сенсоров
	Отказ в обслуживании	Воздействие нарушающее взаимодействие с контроллером. Например, переполнение канала связи с контроллером
	Изменение конфигурации	Изменение чувствительности и калибровки сенсоров. Например, понижение чувствительности сенсора отвечающего за определение расстояния до других поверхностей. В результате локомотив не успеет остановиться, что приведет к столкновению
Контроллер	Отказ в обслуживании	Проведение атаки «отказ в обслуживании». Возможное переполнение канала связи с актуаторами или исчерпание ресурсов контроллера
	Несанкционированное изменение конфигурации	Изменение программного кода контроллера. Реализация негативного последствия, в случае компрометации программного кода, может производиться большим количеством способов
Актуаторы и иные системы	Отказ в обслуживании	Невозможность выполнения команды ввиду исчерпания ресурсов
	Изменение конфигурации	Изменение калибровки или параметров воздействия. Например, усилие тормозных колодок изменено, что приводит к худшему торможению

«Умные кассы», используемые кассирами, выполняют роль распознавания и отправки данных документа на компьютер [5]. Система состоит из сканера и педали активации, а данные передаются на компьютер. Такая система меньше подвержена негативным воздействиям, и в случае приостановки работы деятельность по заполнению данных документов переходит к кассиру.

Использование умных устройств сопряжено с определенными рисками. Не всегда представляется возможным предусмотреть риски ввиду различной трактовки термина «умное устройство». Предложено понятие умного устройства, отражающее как назначение устройства, так и необходимые признаки, в том числе технические. Рассмотрен сценарий возможных атак на телемеханическую систему контроля бодрствования машиниста, которую можно рассматривать как «умное устройство». Проведен анализ возможных воздействий на умные устройства в железнодорожной сфере, а также определены некоторые негативные последствия от успешной реализации угроз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система ТСКБМ. Руководство по эксплуатации. Книга 1. Нейроком URL: <https://www.neurocom.ru/upload/iblock/72b/pat83mutzrl1vgsne4o8c4assnj5lywm.pdf> (дата обращения: 10.11.2023).
2. Описание типа средства измерений. // Нейроком URL: <https://www.neurocom.ru/upload/iblock/3e0/3utg9zg255t6o2l6ng5vvnv5db72utor5.pdf> (дата обращения: 10.11.2023).

3. Телеметрический датчик для контроля бодрствования по сигналам электродермальной активности : пат. № 2631364 Рос. Федерации.
4. Умные поезда: реальность и перспективы // РЖД-Партнер URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/interview/umnye-poezda-realnost-i-perspektivy/> (дата обращения: 15.11.2023).
5. На вокзалах России появились «умные кассы». URL: [https://www.cnews.ru/news/top/2021-01-25\\_na\\_vokzalah\\_rossii\\_poyavilis](https://www.cnews.ru/news/top/2021-01-25_na_vokzalah_rossii_poyavilis) (дата обращения: 13.11.2023).
6. Методика оценки угроз безопасности информации. – ФСТЭК России. – 2021. – 83 с.

УДК 37.012.7

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

М. Г. Тарасян, кафедра «Управление персоналом и социология»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Компьютерные технологии наиболее активно внедряются в сфере образования. Особый интерес вызывает возможность применения нейрокомпьютерных интерфейсов в учебном процессе [1, 7–10]. В основе процесса обучения лежат нейрокогнитивные процессы: внимание, память, мышление, восприятие и т.д. По сути, именно эти процессы отвечают за эффективность учебной деятельности. Таким образом, получив возможность управления ими, мы получаем в руки инструмент, дающий возможность повысить эффективность образовательного процесса и вывести его на новый уровень.

Нейрокомпьютерные интерфейсы (НКИ) – это технологии, направленные на усовершенствование взаимодействия человека с электронными устройствами. Можно сказать, что это некий симбиоз человека и компьютера, позволяющий усилить или заместить некоторые функции мозга или нервной системы человека. Схема действия НКИ: нейроны реагируют на внешние стимулы, возбуждаются, в них возникают электрические импульсы, нейроинтерфейс их улавливает и кодирует сигнал. Выделяют однонаправленные интерфейсы, внешние устройства которых могут принимать или посылать сигналы от мозга, и двунаправленные, которые позволяют мозгу и внешним устройствам обмениваться информацией в обоих направлениях.

Разработка НКИ базируется на учении И.П. Павлова об условных рефлексах и регулирующей роли коры головного мозга, а также П.К. Анохина о принципе обратной связи в его теории функциональных систем [5].

НКИ изначально создавались для помощи людям с ограниченными возможностями, реабилитации после мозговых катастроф. К первым исследованиям нейрокомпьютерного интерфейса можно отнести исследования, которые проводились в 1970-х гг. в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе (UCLA). В итоге, после многочисленных экспериментов на животных, к середине 90-х гг. были получены первые успешные результаты на людях; в организм человека были имплантированы устройства (чипы), позволяющие частично восстановить утраченные функции – слух, зрение, движение конечностей. И уже сотни тысяч человек по всему миру успешно пользуются нейропротезами для восстановления функций зрения, слуха, движения. Постепенно успешное применение НКИ в области медицины привело к тому, что эти технологии стали распространяться на другие сферы жизни – индустрии игр и развлечений, образования, сфере безопасности и т.д.

Современные НКИ отличаются от нейропротезов тем, что нейропротезы соединяют части нервной системы (нейроны) с имплантированным устройством, а НКИ соединяет мозг с компьютерной системой. Существует также такое понятие, как «экзокортекс», фактически это внешняя система обработки и хранения информации, к ней, например, можно отнести телефоны, компьютеры, поисковые системы.

Как можно соединить мозг и компьютер? Интерфейсы «мозг – компьютер» могут быть реализованы как инвазивным (имплантация электродов в кору головного мозга), так и неинвазивным методом.

Неинвазивно можно снимать сигналы, например, при помощи магнитно-резонансной томографии (МРТ) [4]. Но это очень дорого и приборы слишком громоздки. Наиболее безопасный, эргономичный и доступный метод основан на использовании электроэнцефалографии (ЭЭГ)

[2, 3, 10]. Сигналы здесь считываются с помощью электродов, расположенных в разных частях на поверхности головы. Полученные сигналы обрабатываются методами машинного обучения, используются методы обработки больших данных. Далее полученная и обработанная информация поступает пользователю в доступном виде. Если результат выдается непосредственно испытуемому, то в работу включается так называемая биологическая обратная связь (БОС), т.е. включается дополнительный канал информации о физиологическом состоянии организма, что дает возможность его контролировать [6].

Так, например, существуют компьютерные игры на основе БОС, которые позволяют управлять вниманием [4]. Пример игры: на экране компьютера изображена бочка с порохом, человеку нужно поймать у себя такое состояние концентрации внимания, при котором бочка взрывается. Как это работает? Когда человек концентрируется, у него изменяются мозговые волны (меняется энцефалограмма), прибор это считывает и при определенных параметрах запускает взрыв на экране. Изначально это сделать достаточно тяжело. Постепенно, с помощью тренировки, человек учится контролировать физиологическое состояние концентрации и вызывать его с помощью волевых усилий – бочка взрывается. Следующий пример: программа, позволяющая научиться удерживать внимание на объекте длительное время. Клиент смотрит фильм (любой), как только он отвлекается, фильм выключается, чтобы его запустить снова, требуется снова сосредоточить внимание. Таким образом, человек учится управлять своим вниманием. Внимание – это базовый психический процесс, который включен во все остальные психические процессы и обеспечивает их функционирование. Научив обучающихся с помощью БОС-технологий контролировать внимание, мы уже значительно повысим эффективность учебной деятельности. Подобные программы разработаны и для других когнитивных психических процессов. БОС-технологии также позволяют обучиться самоконтролю (сознательному контролю своей деятельности с целью мониторинга ошибок), контролю эмоциональных состояний, повысить стрессоустойчивость. Это способствует развитию навыков саморегуляции и рефлексии в целом, что позволяет быть более эффективным в любой деятельности. Таким образом, проводя со студентами тренинги с использованием БОС-технологий, мы имеем возможность повлиять на показатели учебной деятельности студентов.

Кроме того, если внедрить нейрокомпьютерные технологии в учебный процесс, то здесь открывается возможность как для студента, так и для преподавателя контролировать и корректировать свою деятельность. Отслеживание показателей внимания, утомления и т.д. у учебной группы во время обучения дает возможность преподавателю скорректировать учебный процесс, например, сделав паузу, усложнить задание или переключить внимание [7]. Также НКИ позволяют обучающимся с особенностями здоровья обучаться более эффективно. Так, для слабовидящих и слабослышающих студентов разработаны вибротактильные НКИ и бесконтактные ультразвуковые тактильные дисплеи. Перспективно применение НКИ для социализации обучающихся с расстройством аутистического спектра, а также саморегуляции внимания студентов с СДВГ.

Приведем примеры нейрокомпьютерных интерфейсов.

Neurable разработали наушники Enten, в амбушюры которых встроены небольшие электроды. С помощью этих электродов фиксируется активность нейронов. Программа собирает данные, анализирует и расшифровывает. Используется для рекомендаций в повседневной жизни на основе искусственного интеллекта. NeuroSky выпускает мобильные ЭЭГ-гарнитуры MindWave для анализа активности мозга. Используется для игр или управления героями интерактивных фильмов. Канадская InteraXon выпустила Muse – мобильную ЭЭГ-гарнитурой с четырьмя электродами. Гарнитура помогает улучшить концентрацию и медитировать, преобразуя сигналы мозга в звуки. Российская система «НейроЧат» позволяет людям с ограниченными возможностями с помощью мысленных команд набирать текст на клавиатуре компьютера без помощи голоса и руки. Российская компания «Нейроботикс» разработала мобильную 6-8-канальную ЭЭГ-гарнитура Neuroplay с полным программным обеспечением. Диапазон возможностей огромный. В целом можно сказать, что в настоящее время рынок компьютерных нейроинтерфейсов активно развивается как в нашей стране, так и за рубежом. В будущем можно прогнозировать активный рост производства подобных товаров в связи с их востребованностью и эффективностью.

Кроме того, интересно рассмотреть возможности применения НКИ при обучении студентов направления подготовки «мехатроника и роботехника». На наш взгляд, применение НКИ позволит студентам расширить практические навыки и глубже освоить будущую профессиональную деятельность. НКИ можно использовать при проектировании мобильных роботов, дронов, управляемых практически силой мысли. Также интересно использование НКИ для разработки биопротезов, различных роботизированных систем для людей с особыми потребностями.

Таким образом, применение нейрокомпьютерных интерфейсов в обучении очень перспективно как для повышения эффективности образовательного процесса, формирования индивидуальной образовательной траектории, так и для формирования практических профессиональных навыков у студентов технических специальностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Fontanillo Lopez C. A., Li G., Zhang D. Beyond Technologies of Electroencephalography-Based Brain-Computer Interfaces: A Systematic Review From Commercial and Ethical Aspects // *Frontiers in Neuroscience*. 2020. Vol. 14. P. 1–23.
2. Gao S., Wang Y., Gao X., Hong B. Visual and auditory brain-computer interfaces // *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2014. Vol. 61 (5). P. 1436–1447.
3. Wang Y. T., Wang Y., Jung T. P. A cell-phone-based brain-computer interface for communication in daily life // *Journal of Neural Engineering*. 2011. Vol. 8 (2). P. 1–5.
4. Александрова Л. Д., Богачева Р. А., Чекалина Т. А., Максимова М. В., Тимонина В. И. Нейротехнологии как фактор трансформации образовательного процесса. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyrotehnologii-kak-faktor-transformatsii-obrazovatel'nogo-protsesssa> (дата обращения: 24.11.2023).
5. Анохин П. К. *Очерки по физиологии функциональных систем*. – М.: Медицина, 1974. – 446 с.
6. Астахова А. И., Кицина Т. А. БОС тренинг как инструмент терапевтического контакта. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bos-trening-kak-instrument-terapevticheskogo-kontakta> (дата обращения: 24.11.2023).
7. Гнедых Д. С. Тенденции и перспективы использования нейрокомпьютерных интерфейсов в образовании. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-i-perspektivy-ispolzovaniya-neurokompyuternyh-interfeysov-v-obrazovanii> (дата обращения: 24.11.2023).
8. Зеер Э. Ф., Сыманюк Э. Э. Контуры реализации нейротехнологий в образовании. URL: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/95459/1/978-5-7996-3178-9\\_2021\\_015.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/95459/1/978-5-7996-3178-9_2021_015.pdf) (дата обращения: 24.11.2022).
9. Костромина С. Н., Гнедых Д. С. Нейронаука в системе профессионального образования // *Профессиональное образование и рынок труда*. – 2021. – № 4. – С. 8–29.
10. Максимова М. В., Этуев Х. Х. Опыт применения ЭЭГ в образовании: анализ зарубежных исследований // *Отечественная и зарубежная педагогика*. – 2023. – Т. 1, № 2 (91). – С. 169–185.

# ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ТРУДА, ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ЗДОРОВЬЯ И МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

---

УДК 351.77+ 628.47

## ПРОБЛЕМА СБОРА И УТИЛИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ОТХОДОВ

Н. В. Лугаськова, канд. биол. наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность»  
Е.Б. Сафронова, старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Проблема образования, накопления, утилизации и переработки отходов любого вида и происхождения не теряет своей актуальности с течением времени, а усложняется в связи с новыми вызовами современности, с которыми столкнулось человечество в связи с пандемией COVID-19 и ее последствиями. Речь идет, прежде всего, о сфере обращения с медицинскими отходами. Изменились состав и объем отходов, степень их опасности для окружающей среды, особенно на стадии сбора, хранения и утилизации.

Ухудшение эпидемиологической ситуации в мире в 2020–2021 гг. внесло существенные коррективы в проблему накопления и утилизации средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), призванных обеспечивать защиту организма человека от попадания патогенных вирусов и микроорганизмов и предотвращающих распространение инфекции.

Классификация медицинских отходов по степени и специфике их опасности предполагает разделение на экологически-, токсикологически-, радиационно- и эпидемиологически опасные. Каждая категория отхода предполагает свой алгоритм обращения, закрепленный в новом нормативно-правовом документе СанПиН 2.1.3684-21, принятом в условиях новой реальности, где вопросам обращения с медицинскими отходами в условиях пандемии посвящен самостоятельный раздел [1]. Особое внимание уделено эпидемиологически опасным отходам с разной степенью инфицированности (отходы класса Б и В). К первому типу относят любые медицинские отходы, контактировавшие с биологическими жидкостями инфицированного человека.

Второй тип отходов (чрезвычайно эпидемиологически опасные) содержит микробиоту высокой степени патогенности, в первую очередь это относится к COVID-19. К этому типу относят также генно-инженерно-модифицированные организмы, используемые в медицинских целях для получения живых вакцин, производства лекарств. Медицинские отходы этой категории необходимо дезинфицировать и обеззараживать физическими методами.

Применение химических методов обеззараживания допускается только для пищевых отходов и выделений больных людей. Обычно использованные средства индивидуальной защиты

рассматривают как медицинские отходы класса Б или В. Отличаются они степенью эпидемиологической опасности [2].

Медицинские отходы класса Б складировать в зависимости от их морфологического состава и помещают в емкости с определенной маркировкой. Предусмотрены конкретные условия времени и места хранения с последующей утилизацией.

Что касается отходов класса В, то они собираются в емкости с маркировкой красного цвета, а выбор упаковки зависит от морфологического состава отхода. Плотные закрытые пакеты и контейнеры имеют маркировку «Отходы. Класс В» и подлежат удалению в течение 24 часов (без охлаждения) и в течение 7 суток при наличии холодильной камеры.

В соответствии с законодательными требованиями [2], сбор и обеззараживание медицинских отходов возможны и на территории самого лечебного учреждения. Жидкие медицинские отходы класса Б можно сливать в канализацию с условием их обеззараживания в самой системе очистки канализационных стоков, а отходам класса В это строго запрещено.

Правила и порядок обращения с эпидемиологически опасными отходами, образующимися в медицинских учреждениях во время массового распространения особо опасных инфекционных заболеваний, к которым относится и коронавирусная инфекция, достаточно подробно разработан. Возникает проблема обращения с такими отходами, образующимися за пределами лечебно-профилактических учреждений, так как нет утвержденных регламентов сбора и утилизации средств индивидуальной защиты, используемых населением в период пандемии.

В соответствии с санитарными правилами и постановлениями главного государственного санитарного врача России, принятыми в последние два года, к основным мероприятиям по предотвращению распространения вирусных инфекций, в том числе и коронавирусной, относятся обязательное ношение средств защиты органов дыхания и одноразовых перчаток, регулярная обработка рук антисептическими средствами. В соответствии с указаниями Роспотребнадзора [3], использование перчаток на сегодня является рекомендательным. Более того, носить медицинские маски в общественном транспорте, образовательных и лечебных учреждениях рекомендовано и в период сезонного подъема инфекционных заболеваний, передающихся аэрозольным путем. Маски становятся частью повседневной жизни, проблема их накопления и утилизации еще долго останется актуальной и для граждан, и для государственных, и частных организаций, следящих за соблюдением требований законодательства.

Для понимания проблемы правильной утилизации использованных одноразовых масок необходимо учитывать один важный момент. Если медицинские маски использовались в лечебном или лечебно-профилактическом учреждении, то их необходимо утилизировать как медицинские отходы, учреждение в данном случае должно иметь лицензию на обращение с подобными отходами [1]. Те медицинские маски, которые использовались в быту или организациях, можно утилизировать как бытовые отходы [4]. Но надзорные органы в сфере здравоохранения рекомендуют перед утилизацией в контейнеры для сбора ТКО использованные средства индивидуальной защиты герметично упаковать [5].

Алгоритм сбора и утилизации использованных медицинских масок и перчаток в организациях и на предприятиях в период пандемии (эпидемии) предусматривает организацию мест сбора СИЗ, назначение ответственных за сбор и своевременным удалением отходов. Выполнение этих требований контролируется надзорными органами, нарушение правил сбора и утилизации СИЗ влечет административную ответственность (ст. 20.6.1 КоАП РФ).

Гораздо более серьезную проблему представляет контроль исполнения рекомендаций Роспотребнадзора РФ на бытовом уровне. Значительная часть населения в период пандемии выбрасывала использованные медицинские маски в мусорные ведра, в урны или просто на землю. Доля СИЗ в общей массе бытового мусора в период их активного использования существенно возрастает. Так, в период пандемии в России в утилизации нуждалось около 30 млрд медицинских масок, а, учитывая, что вес одной маски в среднем 3–3,5 г, то объем ТКО увеличился примерно на 150 млн т. Такие отходы могут представлять определенную эпидемиологическую опасность для человека, особенно для работников, занимающихся сбором, сортировкой и вывозом ТКО. По данным результатов экспериментальных исследований, вирус COVID-19 может

сохраняться на пластиковых, стальных поверхностях до 72 ч, а на медицинской маске – до 7 дн. [6].

Полигоны ТБО, где не отсортированные использованные СИЗОД и перчатки утилизируются в общей массе ТКО, могут стать потенциальным и трудноконтролируемым очагом заражения почвы, диких и бездомных животных, грызунов. В период пандемии коронавирусной инфекции ВОЗ рекомендовала сдавать использованные населением СИЗ в лечебные учреждения, где они должны были утилизироваться как медицинские отходы. Но в условиях пандемии это рекомендация не принесла ожидаемого эффекта: слишком велика в этот период была нагрузка на лечебные учреждения и слишком большое количество незапланированных использованных СИЗ пришлось бы утилизировать. Проблема сбора и утилизации медицинских масок должна решаться на государственном уровне, необходимо внести изменения в соответствующий СанПиН и законодательно закрепить отнесение медицинских масок, использованных в быту и в организациях, к медицинским отходам, порядок их обезвреживания и утилизации должен быть таким же, как из лечебно-профилактических учреждений [7].

Еще одна проблема, связанная с утилизацией медицинских масок, – отсутствие отдельного сбора использованных СИЗ от населения, что может привести к накоплению пластиковых отходов с продолжительным сроком разложения. Одноразовые медицинские маски производятся из синтетического материала – спанбонда, нетканного материала, получаемого из полипропиленового волокна. Процесс распада таких материалов под воздействием ультрафиолета и влаги на полигонах ТБО очень длительный – до сотен лет. Но и после этого в почве сохраняются микропластики, так как полимерные материалы практически не подвержены разложению. Проблема загрязнения окружающей среды микропластиками пластика во всем мире признана одной из самых актуальных и серьезных. Таким образом, неконтролируемый вывоз использованных медицинских масок с ТКО на полигоны представляет собой глобальную экологическую проблему, повышает вероятность эпидемиологического риска и наносит серьезный ущерб окружающей среде.

На наш взгляд, решение этой проблемы должно идти в двух направлениях. Во-первых, необходим строгий контроль за утилизацией медицинских СИЗ со стороны государства. Это предполагает не только внесение корректировок в нормативные акты, но и создание финансовых резервов для внедрения отдельного сбора медицинских масок от населения и организаций, разработку технологий рециклинга или утилизации. Во-вторых, необходимо информировать население о потенциальной опасности использованных медицинских масок в долгосрочной перспективе, формировать осознанное отношение к своему здоровью, своей безопасности и к сохранению окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
2. Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
3. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 22 мая 2020 г. № 15 «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 3.1.3597-20 «Профилактика новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
4. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89 ФЗ (последняя редакция). [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 16.10.2020 № 31 (ред. от 14.04.2022, с изм. от 20.06.2022) «О дополнительных мерах по снижению рисков распространения COVID-19 в период сезонного подъема заболеваемости острыми респираторными вирусными инфекциями и гриппом» (Зарегистрировано в Минюсте России 26.10.2020 N 60563). [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
6. Субракова Л. К. Экономика обращения с отходами в России: до и после коронавируса. URL: <https://www.cyberleninka.ru> (дата обращения: 12.03.2023).
7. В Думе потребовали утилизировать маски населения так же, как медицинские средства защиты. URL: <https://interfax.ru/russia/707588> (дата обращения: 21.03.2023).

УДК 34.07

## О ПОНЯТИИ «ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» И ЕГО МЕСТЕ В СТРУКТУРЕ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Л. В. Акишина, канд. пед. наук

Курганский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» в г. Кургане

С. М. Микаилов, канд. юрид. наук, доцент, полковник полиции

Управление внутренних дел по Курганской области, г. Курган

Транспортная стратегия нашей страны устанавливает первоочередность безопасности и обозначает приоритетность состояния защищённости транспортных объектов [4].

Вопросам обеспечения транспортной безопасности и безопасности на железнодорожном транспорте посвящены труды многих исследователей. Практически все сходятся во мнении, что от безопасного функционирования железнодорожного транспорта зависит национальный суверенитет нашего государства, состояние её экономики и развитие [8, 10, 11, 25, 26 и др.].

Предметом большинства таких исследований было изучение проблематики отдельных видов безопасности на железной дороге (в частности, безопасности движения на железнодорожном транспорте [14], безопасности технических и технологических систем и процессов [16], техногенная [5], пожарная [6], безопасность при возникновении чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте [7], антитеррористическая [17], общественная [19], экологическая [12], экономическая [9], информационная [15], промышленная и другие виды безопасности на железнодорожном транспорте. И только немногие из них посвятили свои исследования комплексному анализу всех видов безопасности, обеспечивающих деятельность железнодорожной отрасли в совокупности [20, 22].

Но мы не обнаружили исследований, в которых встречалось бы понятие «железнодорожная безопасность», которая, по нашему мнению, выступила как совокупная категория, объединяющая различные подвиды безопасности.

Возможно, это объясняется тем, что в науке применительно к сфере железнодорожного транспорта широко используются такие понятия, как «безопасность движения на железнодорожном транспорте», «комплексная безопасность железнодорожного транспорта», под которыми понимают отсутствие недопустимого риска возникновения опасных событий на железнодорожном транспорте, связанных с нанесением ущерба жизни и здоровью людей, вреда окружающей природной среде и материальным ценностям [13, 14, 20 и др.]. Кроме того, существует законодательное закрепление понятия «безопасность движения и эксплуатации железнодорожного транспорта», под которым понимается состояние защищенности процесса движения железнодорожного подвижного состава и самого железнодорожного подвижного состава, при котором отсутствует недопустимый риск возникновения транспортных происшествий и их последствий, влекущих за собой причинение вреда жизни или здоровью граждан, вреда окружающей среде, имуществу физических или юридических лиц [3].

При сравнении этих понятий очевидна их схожесть, но не равнозначность. Каждое из них шире по содержанию относительно другого в какой-либо части.

К тому же, изучая законодательные акты, регламентирующие транспортную сферу, мы обратили внимание, что они содержат три достаточно сложные, но взаимосвязанные понятия, такие как «безопасность эксплуатации транспорта», «безопасность на транспорте», «безопасность транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства (собственно сам термин «транспортная безопасность» [2]).

Не вдаваясь в детали, заметим, что наиболее известными подходами в определении видов безопасности является их классификация исходя из содержания в названии общего указания на защищаемый объект или сферу защиты (например, экологическая, пожарная, энергетическая,

информационная, транспортная, авиационная). В связи с этим представляется, что, поскольку видовым объектом защиты в рассматриваемой нами сфере является железнодорожный транспорт, то логично было бы «безопасность» применительно к железнодорожной сфере называть «железнодорожной безопасностью».

Безопасность на железнодорожном транспорте представляет собой не просто видовое состояние, а комплекс различных видов безопасности [10]. Понятие «безопасность на железнодорожном транспорте», в свою очередь, также не в полной мере охватывает части тех видов безопасности, которые находятся за пределами прямых видовых категорий, но при этом тесно соприкасаются с ними и отчасти пересекаются. Например, такой вид безопасности, как авиационная безопасность, на первый взгляд, вроде бы совершенно не имеющая отношение к безопасности на железнодорожном транспорте категория. Однако в современных реалиях, когда беспилотные летательные аппараты становятся возрастающими угрозами состоянию практически любого вида безопасности, а противодействие им – сложно решаемая проблема, вопросы обеспечения авиационной безопасности напрямую пересекаются и с вопросами обеспечения безопасности железнодорожного транспорта. В то же время эти средства могут применяться и для обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте. Например, для визуального контроля состояния путей, контактной сети и т.п.

Кроме того, к вопросам обеспечения нормального функционирования железнодорожной отрасли имеют прямое отношение такие виды безопасности, как энергетическая, информационная, техногенная, экономическая, экологическая и др. Видимо поэтому, в [3], кроме понятия «безопасность движения и эксплуатации железнодорожного транспорта» содержатся нормы права, затрагивающие 12 иных видов безопасности.

При этом, несмотря на различные подходы в определении видов безопасности, большинство исследователей сходятся во мнении, что многие из них тесно взаимосвязаны между собой, пересекаются и зачастую взаимно дополняют друг друга [21].

Таким образом, полагаем, что понятие «безопасность движения и эксплуатации железнодорожного транспорта» сформулирована без учёта специфических особенностей и в силу этого не в полной мере отражает саму суть категории.

На наш взгляд, мы имеем дело с более широким понятием, чем просто безопасность на железнодорожном транспорте. Полагаем, что следует взять за основу классическую формулу и, определяя название вида безопасности, указывать на защищаемый объект или сферу защиты, то есть на понятие «железнодорожная безопасность».

Трактовка понятия «железнодорожная безопасность» представлена в [22]. Автор говорит, что «в настоящее время безопасность приобрела все присущие любой отрасли науки признаки. Один из них – наличие конкретного предмета исследований. Таким предметом является состояние защищенности любого из множества объектов, субъектов или процессов и отображается в виде модели, состоящей минимум из четырех элементов: источника опасности, угроз (поражающих факторов), объекта (субъекта или процесса) защиты и защитных мер (средств). Для обеспечения безопасности каждый источник опасности с его угрозами и каждый объект (субъект, процесс) защиты от этих угроз исследуются человеком с точки зрения достаточности принятия и использования защитных мер. Человек-исследователь выстраивает причинно-следственные связи между источниками опасности (с угрозами от них) и объектами (субъектами, процессами) защиты и создает искусственные или использует естественные средства защиты. На этом основании вся среда обитания человека предстает наполненной этими взаимодействующими элементами, формируя своеобразный «мир безопасностей». Следуя его логике, безопасность, обеспечивающую функционирование железнодорожной отрасли исходя из объекта защиты, а также защитных мер (средств), источника опасности и угроз, также можно назвать железнодорожной безопасностью.

В соответствии с логикой исследователей сферы безопасности, от более объемного по содержанию вида безопасности производными выступают более узкие по содержанию виды безопасности [10, 18 и др.]. Следовательно, представляется, что в этот логический ряд вполне вписывается железнодорожная безопасность как вид транспортной безопасности, под которым в законодательстве понимается «состояние защищённости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства» [2].

Полагаем, что по такому принципу в законодательстве и в юридической науке закреплено понятие «авиационная безопасность» [1], которая определяется как подвид транспортной безопасности [24]. В транспортном законодательстве применительно к железнодорожному транспорту такое понятие не определено.

Таким образом, учитывая существующие научные подходы к толкованию сущности понятия «безопасность», логику определений различных видов безопасности, в том числе закреплённых в законодательстве, полагаем возможным определить «железнодорожную безопасность» как состояние защищённости объектов железнодорожного транспорта (движимых и недвижимых), окружающей её экосистемы, а также персонала и пассажиров от угроз различного характера.

Железнодорожная безопасность представляется одним из видов транспортной безопасности и важной её составляющей наряду с такими видами, как авиационная безопасность, безопасность дорожного движения, безопасность судоходства и др. В нашем представлении железнодорожная безопасность – важная правовая категория, содержательной основой которой является охрана и защита пассажиров и лиц, задействованных в деятельности железнодорожного транспорта, а также противодействие угрозам нормальному его функционированию, а определение категории «железнодорожная безопасность» весомо с точки зрения выделения железнодорожного транспорта в отдельную часть в системе обеспечения транспортной безопасности, так как железнодорожный транспорт является самым востребованным и массовым видом транспорта. А правильная трактовка данного вида безопасности и правильное составление нормативно-правовых актов является важнейшим способом обеспечения безопасности [23].

Полагаем, что «железнодорожная безопасность» как интегрирующее понятие представляет собой основу для определения содержания и основополагающих элементов иных видов безопасности, имеющих отношение к обеспечению нормального функционирования железнодорожной отрасли.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 № 60-ФЗ (ред. от 04.08.2023).
2. Федеральный закон от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» // Собрание законодательства Российской Федерации от 12 февраля 2007 г. № 7. ст. 837.
3. Федеральный закон от 10 января 2003 г. № 17-ФЗ «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации от 13 января 2003 г. № 2. ст. 169.
4. Распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2021. № 50. Ч. 4. ст. 8613.
5. Абдулина Е. Р. Техногенная безопасность объекта железнодорожного транспорта / Е. Р. Абдулина, Ф. А. Халиков // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции, Ставрополь, 25 апреля 2014 года. – Ставрополь : Изд. дом «Тэсэра», 2014. – С. 65–68.
6. Ахтямов Р.Г. Обеспечение пожарной безопасности на железнодорожном транспорте. – Chisinau: LAP LAMBERT, 2021. – 61 с.
7. Гуменюк В. И. Безопасность при чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте / В. И. Гуменюк, М. А. Никитина // Безопасность в чрезвычайных ситуациях : сборник научных трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 21–22 апреля 2016 года / Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 289–292.
8. Доронин М. А. Перспективы внедрения единой многоуровневой системы управления безопасностью на железнодорожном транспорте: правовые аспекты / М. А. Доронин, Ю. Ю. Становова, Я. В. Акименко, С. Н. Халаева // Наука и образование транспорту. – 2018. – № 2. – С. 319–321.
9. Залозная Д. В., Шевченко В. С. Потенциальные угрозы экономической безопасности на железнодорожном транспорте // Вестник науки. – 2022. – Т. 1, № 5 (50). – С. 92–98.

10. Зайкова С. Н. Транспортная безопасность в структуре безопасности на железнодорожном транспорте: понятие и особенности // Вестник Саратовской государственной юридической академии. – 2023. – № 3 (152). – С. 95–105.
11. Землин А. И. Анализ и пути совершенствования законодательства о безопасности железнодорожного транспорта / А. И. Землин, М. М. Гадицкий // Вестник Юридического института МИИТ. – 2021. – № 2 (34). – С. 65–70.
12. Калачёва О. А., Прицепова С. А. Современные вопросы экологической безопасности на железнодорожном транспорте // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2020. – № 2 (20). – С. 45–48.
13. Ключихин В. А. К вопросу о понятии безопасности железнодорожного транспорта // Экономическая безопасность в теории и на практике: вопросы совершенствования: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Москва, 22 июня 2020 года. – Москва : ИП Черняева Ю.И., 2020. – С. 71–75.
14. Кологривая И. Е. Безопасность движения на железных дорогах: учебное пособие / И. Е. Кологривая, О. В. Фролова. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2018. – 104 с.
15. Корчагин Д. М. Значение информационной безопасности в железнодорожном транспорте // Экономическая безопасность: правовые, экономические, экологические аспекты : сб. научн. тр. 5-й Международной научно-практической конференции, Курск, 4 апреля 2020 года. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 138–141.
16. Костюченко Д. Н., Малов В. А. Вопросы техногенной безопасности на железнодорожном транспорте // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 4 (58). – С. 200–202.
17. Пестов Н. Н., Чепурной А. Ю. Роль и место органов внутренних дел на транспорте в обеспечении антитеррористической защищенности объектов железнодорожного транспорта России // Труды Академии управления МВД России. – 2010. – № 2.
18. Пиджаков А. Ю., Лебедева М. Ю. Дефиниция «Транспортная безопасность» // Научный вестник МГТУ ГА. – 2013. – № 196. – С. 67–71.
19. Пичкур А. П. Классификация субъектов обеспечения общественной безопасности на железнодорожном транспорте // Вопросы российского и международного права. – 2022. – Т. 12, № 1А. – С. 448–455.
20. Плеханов П. А. Обеспечение комплексной безопасности на железнодорожном транспорте в контексте стратегического развития // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб : ПГУПС, 2020. – Т. 17, Вып. 4. – С. 552–565.
21. Прохожев А. А. Новые подходы к безопасности в связи с современными концепциями развития // Среднерусский вестник общественных наук. – 2007. – № 1 (2). – С. 8–12.
22. Рудановский В. М. Безопасность как наука // Безопасность и охрана труда на железнодорожном транспорте. – 2023. – № 1. – С. 32–41.
23. Самохина В. Г, Гончарова М. В. Соотношение терминов «транспортная безопасность» и «обеспечение транспортной безопасности» на железнодорожном транспорте в российском законодательстве // Актуальные вопросы современной науки и образования : сборник научных статей по материалам Всероссийской конференции в рамках проведения XXIII научно-практических чтений / Московский финансово-юридический университет МФЮА, Калужский филиал. – Малоярославец : МФЮА, 2023. – 344 с.
24. Свиркин В. А. К вопросу обеспечения транспортной безопасности на воздушном транспорте // Научный вестник МГТУ ВА. – 2013. – № 196. – С. 62–66.
25. Таратайченко О. Р. Некоторые вопросы обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте // Транспортная безопасность и противодействие терроризму на транспорте: правовые и организационные аспекты : сборник научных трудов по результатам II Международного научного форума, Москва, 22 октября 2021 года / Москва : Российский университет транспорта, 2021. – С. 169–175.
26. Чаевич А. В. Деятельность органов государственной власти и местного самоуправления по обеспечению безопасности на железнодорожном транспорте // ГосРег: государственное регулирование общественных отношений. – 2019. – № 4 (30). – С. 309–316.

УДК: 656.073: 658.8

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МОЮЩЕГО СРЕДСТВА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ О-БИСМ

Ю. М. Сибирякова, 2 курс

О. Р. Ильясов, д-р биол. наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Детали в локомотивном депо обмываются в моечной машине. За одну мойку машина может обмыть четыре колесные пары (тележки моются по одной; моечная машина может обмыть 100–120 колесных пар, 30–40 тележек в сутки).

В систему водоснабжения моечной машины входит процедура отмывки колесных пар железнодорожного транспорта от грязи и нефтепродуктов с применением моющих средств, регенерация самих моющих растворов, а также их повторное использование. Эти операции позволяют моечной машине работать в оборотном цикле, с неполным выводом из системы загрязненной воды, предназначенной в дальнейшем для утилизации.

При очистке деталей железнодорожного транспорта используют раствор каустической соды, который не саморегенерируется в процессе обмывки, а также относится к высокоопасным веществам (2 класс опасности по ГОСТу). Расход воды при обмывке на одну колесную пару составляет  $0,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а каустической соды –  $4 \text{ кг/ч}$ . Для приготовления концентрированного каустического раствора в бак загружается  $6 \text{ кг}$  сухой каустической соды и добавляется вода из водопровода до полного рабочего объема ( $V_p = 800 \text{ л}$ ).

Технологическая схема процесса обмывки колесных пар и деталей подвижного состава в моечной машине с применением каустической соды (рис. 1) состоит из бака моечного раствора, теплообменника, встроенного в бак для моечного раствора, моечной камеры, оборудованной сопловой системой обмывки колесных пар (спрыски), фильтров предварительной очистки моющего раствора от взвеси, отстойника, грязесборника, насоса, перекачивающего осветленный раствор из грязесборника в бак моечного раствора и насоса подачи моющего раствора на спрыски [1].

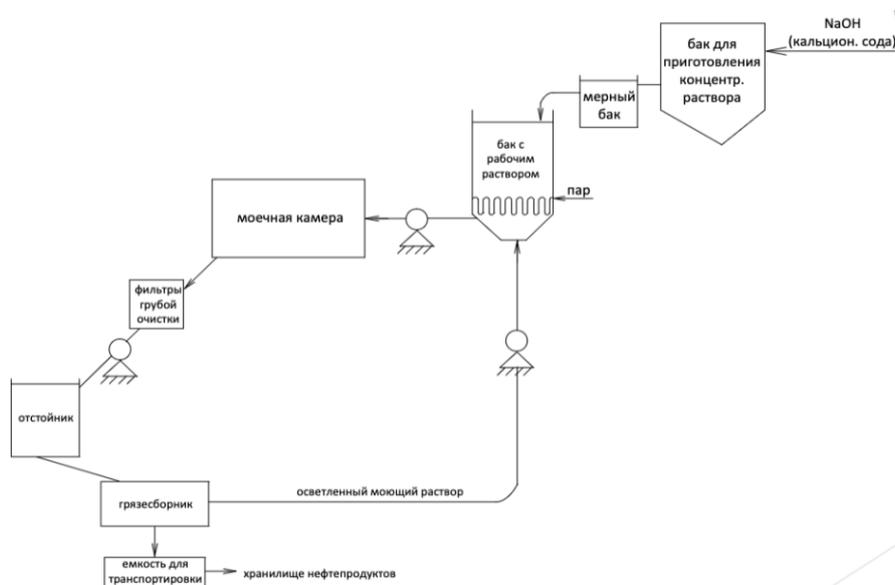


Рис. 1. Технологическая схема с использованием раствора каустической соды

Технологическая схема процесса обмывки колесных пар и деталей подвижного состава в моечной машине при использовании моющего средства нового поколения «О-БИСМ» (рис. 2) состоит из бака для приготовления раствора, мерного бака, бака с рабочим раствором, моечной камеры с сопловой системой обмывки колесных пар, отстойника, бака для сбора грязи, емкости для сбора нефтепродуктов, бака осветленного раствора, насоса, предназначенного для перекачивания осветленного раствора из бака в бак с рабочим раствором, насоса подачи моющего раствора на spryski, насоса, предназначенного для перекачивания загрязненного раствора в отстойник [1].

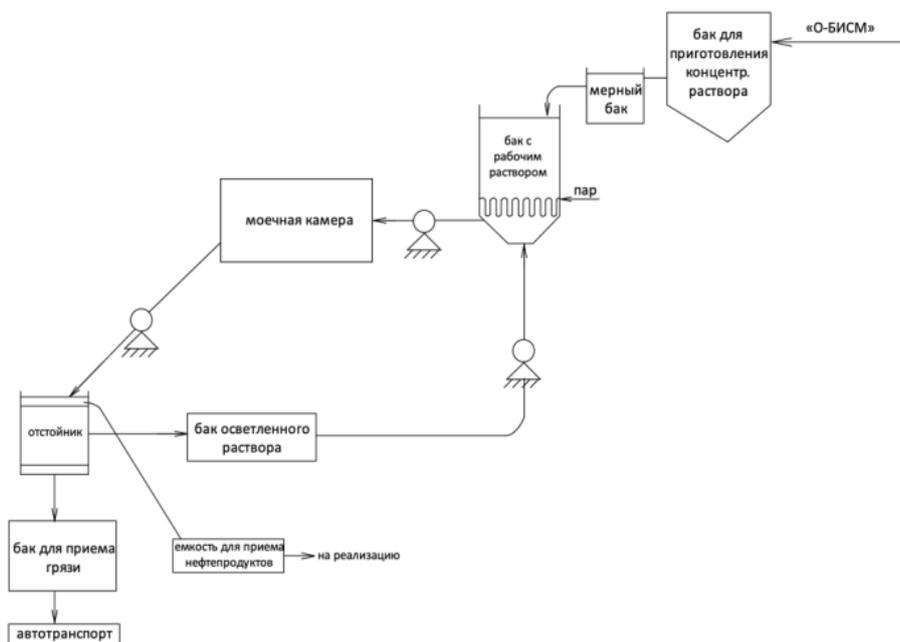


Рис. 2. Технологическая схема с применением раствора нового поколения

В бак для приготовления концентрированного раствора подается  $5 \text{ м}^3$  воды. На обмывку одной колесной пары требуется  $0,0448 \text{ м}^3$  раствор, добавляется 12 кг моющего средства О-БИСМ.

В бак устанавливается автоматический дозатор моющего препарата ETATRON D.S. серии РКХ-МА/АЛ с датчиком контроля концентрации раствора, действующего на принципе изменения электропроводности раствора в зависимости от концентрации моющего раствора. Дозатор замеряет электропроводность в эталонном растворе при нужной концентрации препарата, и при снижении концентрации (меньше, чем 2 %) моющего средства в процессе мойки автоматически доводит концентрацию до эталонного параметра.

С учетом последующего долива воды из водопровода объем раствора в баке составит  $6 \text{ м}^3$ . В баке емкостью  $800 \text{ дм}^3$  с рабочим раствором происходит нагрев воды и моющего средства с помощью пара, пропускаемого через теплообменник. После нагрева моющего раствора до рабочей температуры  $+45 \text{ }^\circ\text{C}$  подача пара прекращается. В моечной машине автоматически поддерживается температура моющего раствора  $40\text{--}50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

В процессе отмывки деталей включается насос подачи моющего раствора из бака с рабочим раствором на spryski. Отмывка деталей занимает 20 минут.

При промывке с деталей в моющий раствор переходят в основном углеводородные загрязнения. Растворимость мазутов в моющем растворе не превышает  $2,5 \text{ мг/л}$ , светлых сортов топлива не превышает  $15 \text{ мг/л}$ . Наличие нефтепродуктов не более  $15\text{--}20 \text{ мг/л}$ , рН таких растворов  $7\text{--}8,5$ .

После обмывки раствор насосом перекачивается в отстойник, где происходит его накопление, отстаивание и разделение. Количество воды, используемое на одну мойку, –  $0,047 \text{ м}^3$ , и весь раствор после обмывки поступает в отстойник без каких-либо потерь; объем отстойника  $6 \text{ м}^3$ . В течение недели раствор накапливается в отстойнике, в процессе его накопления всплывшие нефтепродукты сливаются с помощью воронки в емкость для приема нефтепродуктов. Чтобы вместе

с нефтепродуктами не слить осветленную воду, сбоку отстойника находится стеклянная полоска с делениями, на которой можно посмотреть уровень воды и нефтепродуктов.

Вся грязь, которая отстоялась внизу отстойника, сливается с помощью задвижки в бак для приема грязи, которую в дальнейшем увозят автотранспортом на специальную свалку. Так происходит замкнутый цикл системы водоснабжения в моечной машине при использовании моющего раствора нового поколения.

Применение этого моющего раствора дает возможность исключить процесс промывки всех металлических баков из-за наличия ингибиторных свойств раствора, с помощью которого на стенках появляется антикоррозионная защитная пленка. Применение мерного бака и бака для приготовления раствора необходимо только при корректировке раствора.

Технологическая схема с использованием моющего раствора О-БИСМ отличается от схемы с использованием каустической соды тем, что фильтры грубой очистки не нужны, так как раствор нет необходимости очищать до отстойника; емкость для сбора нефтепродуктов используется вместо емкости для транспортировки; отмытый грязесборник используем в качестве бака для осветленного раствора; необходимо поставить бак для приема грязи объемом 3 м<sup>3</sup>.

Количество нефтепродуктов находим по формуле (1):

$$M_{\text{нп}} = C_{\text{ф}} \cdot f \cdot N_{\text{сут}} \cdot D \cdot 10^{-3}, \text{ т/год}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{ф}}$  – количество нефтепродуктов на одной колесной паре ( $C_{\text{ф}} = 1,2$  кг);  $N_{\text{сут}}$  – практическая производительность моечной машины, количество колесных пар, обмываемых за сутки;  $f$  – эффективность очистки, %;  $D$  – количество дней работы моечной машины в году ( $D = 100\text{--}150$  дней).

Эффективность очистки определяем по формуле (2):

$$f = \frac{A_1 - A_2}{A_1 - A} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $A$  – масса чистой пластинки, г;  $A_1$  – масса пластинки с загрязнителем, г;  $A_2$  – масса пластинки после удаления загрязнителя, г.

Для расчетов эффективности отмытки берем оптимальный способ отмытки (при механическом воздействии на раствор).

$$f = \frac{47,1226 - 36,6615}{47,1226 - 36,136} \cdot 100 = 95,2 \text{ \%}.$$

$$M_{\text{нп}} = 1,2 \cdot 0,95 \cdot 2 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 0,34 \text{ т/год} = 0,00227 \text{ т/сут.}$$

Объем воды, используемый в цикле за сутки, определяется по формуле (3):

$$V_{\text{сут}} = V_{\text{общ}} - V_{\text{нп}} - V_{\text{ос}}, \quad (3)$$

где  $V_{\text{общ}}$  – водопотребление за сутки, м<sup>3</sup> ( $V_{\text{общ}} = 0,094$  м<sup>3</sup>);  $V_{\text{нп}}$  – объем воды, теряемый с нефтепродуктами, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{ос}}$  – объем воды, теряемый с осадком, м<sup>3</sup>.

Количество нефтепродуктов за сутки составит 0,00227 т. Тогда объем воды, теряемый с нефтепродуктами, рассчитываем по формуле (4):

$$V_{\text{нп}} = V_{\text{общ}} \cdot 1,478\%, \quad (4)$$

$$V_{\text{нп}} = 0,094 \cdot 0,015 = 0,00141 \text{ м}^3.$$

Количество образующегося осадка ( $P$ ) – 4,6 кг/сут. Объем воды, теряемый с осадком (5):

$$V_{\text{ос}} = P \cdot (1 - \alpha) \cdot 10^{-3}, \quad (5)$$

где  $(1 - \alpha)$  – доля воды в осадке;  $\alpha$  – доля твердой фазы в осадке, равная 0,4;  $10^{-3}$  – коэффициент перевода в кг.

$$V_{\text{ос}} = 4,6 \cdot (1 - 0,4) \cdot 10^{-3} = 0,003 \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$V_{\text{сут}} = 0,094 - 0,00141 - 0,003 = 0,0896 \text{ м}^3.$$

Недельный объем воды, использующийся в цикле, определяется по формуле (6):

$$V_{\text{нед}} = 5 \cdot V_{\text{сут}}, \quad (6)$$

$$V_{\text{нед}} = 5 \cdot 0,0896 = 0,448 \text{ м}^3.$$

При использовании средства О-БИСМ процесс мойки составляет 20 минут, поэтому моечная машина будет работать 1 час в сутки [2]. Необходимо учесть объем бака с рабочим раствором ( $800 \text{ дм}^3$ ) и что раствор необходимо нагреть до  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ ; чтобы нагреть 1 л воды на  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  требуется  $0,001 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  и объем бака с рабочим раствором  $800 \text{ дм}^3$ , тогда:

$$\text{Э}_2 = 0,001 \cdot 800 \cdot 35 = 28 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 6720 \text{ кВт/год}.$$

Концентрация нового моющего раствора составляет 2 %; его загружают один раз в моечную машину и каждую мойку добавляют по 120 г. [2]. В день производят обмывку два раза, тогда расход технического моющего средства составит  $69,72 \text{ кг/год}$ .

$$q_2 = 120 + (120 \cdot 2) \cdot 5 \cdot 4 \cdot 12 = 57720 \text{ г/год} = 57,72 \text{ кг/год} + 12 \text{ кг} = 69,72 \text{ кг/год}.$$

При использовании моющего средства О-БИСМ водоотведения не будет, так как вся вода используется в обороте, и раствор полностью менять не нужно, необходимо только корректировать. При применении же каустической соды раствор необходимо менять один раз в 10 суток, т.е. один раз в две недели, и водоотведение составляет  $0,59 \text{ м}^3$  за сутки.

В результате использования нового моющего средства можно достичь следующих результатов.

1. Существенная экономия средств на покупку моющих средств, оплату за водопотребление и нагрев моющего раствора.
2. Возврат по назначению большей части ранее утилизируемых качественных нефтепродуктов.
3. Существенное уменьшение затрат на охрану труда и производственную санитарию, поддержание экологических требований, образование новых и модернизацию уже действующих очистных сооружений, утилизацию и транспортировку нефтяных отходов.
4. Существенное уменьшение времени обработки поверхностей.
5. Увеличение качества отмывки загрязненных металлических поверхностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ильясов О. Р., Сибирякова Ю. М. Совершенствование технологии работы моечной машины локомотивного депо с использованием моющего средства, содержащего неионогенное поверхностно-активное вещество // Инновационный транспорт. – 2023. – № 3 (49). – С. 31–34.
2. Ильясов О. Р., Сибирякова Ю. М., Е. В. Колесова. Исследование основных технологических параметров использования О-БИСМ при технологии очистки деталей железнодорожного транспорта в условиях лабораторного эксперимента // Железнодорожный транспорт и технологии : сборник трудов Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург : УРГУПС, 2023. – Вып. 1 (249). – С. 260–263.

УДК 614

## ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ МЕДИЦИНЫ (на примере Свердловской железной дороги)

Т. Н. Матвеева, преподаватель

Медицинский колледж Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург

Объекты обеспечения медицинской безопасности на железнодорожном транспорте – это безопасность в отношении пассажиров, безопасность в отношении железнодорожников.

Медицинская безопасность складывается из трех следующих направлений: профилактика профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний среди железнодорожников и, в частности, работников пассажирского комплекса; предотвращение и ликвидация инфекционных заболеваний (вспышек) среди пассажиров и железнодорожников, в т.ч. при завозе инфекционного начала на территорию России или при актах биотерроризма; проведение соответствующих оперативных мероприятий специалистами Роспотребнадзора, санитарно-контрольных пунктов, центров гигиены и эпидемиологии, медицинских пунктов вокзалов и больниц «РЖД Медицина» по обеспечению безопасности пассажиров и железнодорожников при ликвидации последствий в случае ЧС и террористических актов (биотерроризм, загрязнение токсическими веществами и радиоактивными материалами вокзальных помещений, перронов и пассажирского подвижного состава).

Медицинская безопасность на железнодорожном транспорте является составляющим направлением государственной всероссийской системы профилактики заболеваемости, сохранения здоровья и санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Она руководствуется соответствующим федеральными законами и нормативами в области санитарного нормирования (технические регламенты, СанПиНы, СП, СН, ГОСТы). Медицинская безопасность складывается из общепринятых направлений по предотвращению и снижению воздействия факторов риска трудового процесса, влияющих на состояние здоровья железнодорожников, а также возможных факторов риска среды обитания пассажиров при пользовании железнодорожным транспортом (это объекты массового сосредоточения людей (ОМСЛ) – вокзалы и пассажирские поезда).

Силы и средства для реализации профилактических аспектов железнодорожной медицины на транспорте: больницы медицинских дирекций на железных дорогах «РЖД Медицина», отделы управления Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту, центры гигиены и эпидемиологии (ЦГиЭ) по железнодорожному транспорту, санитарно-контрольные пункты в т.ч. пограничные, медицинские пункты вокзалов, карантинные тупики на крупных пассажирских железнодорожных станциях, бригады проводников пассажирских поездов, сотрудники вокзалов, полиция на транспорте, структуры МЧС.

Для борьбы с инфекциями среди пассажиров на железнодорожном транспорте используются карантинные тупики на крупных пассажирских станциях для временной изоляции и оказания медицинской помощи пассажирам. Большое значение в отработке плана мероприятий по ООИ имеют натурные тренировочные занятия. Роспотребнадзор регулярно проводит такие тренировки с привлечением всех заинтересованных служб (федеральная пассажирская компания, полиция на транспорте, работники пассажирских станций, РЖД-Медицина).

При борьбе с инфекциями РПН применяет и проводит силами ЦГиЭ дезинфекцию объектов и территорий: уничтожение болезнетворных микроорганизмов, дезинсекция (уничтожение насекомых, распространителей инфекции – блох, вшей, комаров, клещей) и дератизация (борьба с грызунами).

Химическое оружие в газообразной форме реально применить в ОМСЛ. Отравляющее вещество могут использовать под видом огнетушителей, посредством использования вентиляционных систем, кондиционеров, «случайно» оставленных чемоданов, сумок, коробок.

Очень важный момент: опасные грузы, что перевозит дорога, – 13 классов, и все они могут течь, высыпаться и т.п. из подвижного состава, а также могут быть использованы террористами. Не говоря уже о первом классе – взрывчатых материалах. Второй класс опасности – сжиженные газы, зона поражения от одной цистерны при её взрыве – до 500 м. Есть щелочи, кислоты, сильнодействующие ядовитые вещества; есть и 7 класс – радиоактивные материалы и т.п. Выбор большой. Грузовые поезда нередко проходят через города, прямо по центру – как, например, в Екатеринбурге, Перми или Тюмени.

Поэтому на дорогах и регионах есть приложение к планам по ГО и ЧС – планы сети (системы) наблюдения и лабораторного контроля (СНЛК). В состав этих СНЛК входят все лаборатории, которые могут быть использованы для экспертизы воды, почвы, воздуха, подвижного состава при ЧС.

Это пример разработки алгоритма действий Роспотребнадзора и соответствующих служб по СвЖД в зоне ЧС в том числе медицинского характера.

1. В соответствии с положением территориального отдела (ТО) Управления РПН по железнодорожному транспорту и планом по ЧС железной дороги, а также приказом начальника дороги, начальник ТО (представитель), получив оперативную информацию от дежурного Дорожного центра управления перевозками, выезжает на место ЧС и проводит санэпидразведку.

2. При этом оценивает, в соответствующих ли защитных средствах (по аварийной карточке) работают спасатели. При необходимости решать вопросы с начальником штаба по ликвидации ЧС. В ситуации, когда произошли инфекционные заболевания среди пассажиров поезда, дать предписание о выцеплении соответствующих вагонов и постановке их в карантинный тупик.

3. Находятся ли в зоне поражения предприятия железной дороги или населённые пункты? При необходимости решать вопросы эвакуации с начальником штаба.

4. Определить, могут ли попасть в зону поражения (воздействия) источники питьевого водоснабжения, почва. Решать вопросы с руководителем штаба.

5. При длительных восстановительных и аварийно-спасательных работах оценивать организацию и безопасность питьевого водоснабжения восстановителей и их питание, в том числе с методами объективного контроля.

6. При необходимости дать предписание ЦГиЭ о проведении исследований воздушной среды для определения зоны поражения и оцепления, а также о проведении дозиметрического контроля (при необходимости).

7. После дезактивации, дегазации, нейтрализации или дезинфекции провести инструментальную или лабораторную оценку эффективности этих работ. При необходимости задействовать СНЛК.

8. Проследить, чтобы все участники аварийно-восстановительных работ прошли внеплановый медицинских осмотр. В случае ООИ – прошли карантин.

9. Принять участие в разборе проведенных мероприятий и причин ЧС на заседании дорожной комиссии по ЧС (НКЧС).

10. При проведении каждого этапа информировать начальника штаба и Управление РПН по железнодорожному транспорту (г. Москва).

В зоне ЧС все руководствуются Федеральным законом о ЧС техногенного и природного характера, ФЗ № 52 от 30.03.99 г. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», правилами перевозки опасных грузов (ОГ), аварийными карточками на ОГ, техническими регламентами и санитарными нормами и правилами в области нормирования показателей питьевой воды, воздушной среды, почвы, продуктов питания и т.д. Например, ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», приказом МЗ от 28 января 2021 г. № 29н «Порядок проведения предварительных и периодических медицинских осмотров».

УДК 378.4

## ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И ПРИЕМОВ ОБУЧЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ МОДУЛЕ «ОСНОВЫ ВОЕННОЙ ПОДГОТОВКИ»

Е. В. Колесова, ассистент кафедры «Техносферная безопасность»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Целью освоения программы «Основы военной подготовки» служит получение знаний и умений, а также навыков, необходимых для обучающихся высших учебных заведений, готовых и способных к выполнению воинского долга и защиты своей Родины.

К освоению данного модуля привлекаются граждане, проходящие обучение по программам высшего образования – программам специалитета и бакалавриата. Программа рассчитана на 108 часов (72 часа аудиторных занятий, 36 часов самостоятельная работа). Обучение осуществляется в очной форме обучения. Для обучения привлекаются преподаватели из числа профессорско-преподавательского состава, имеющие соответствующую подготовку, которые с помощью материально-технической базы (рис. 1) решить поставленные задачи, указанные на рис. 2.



Рис. 1. Материально-техническая база

Курс аудиторных занятий образовательного модуля «Основы военной подготовки» составляет 72 часа, из них: лекции – 26, групповые занятия – 8, практические занятия – 34, зачет – 8.

Модуль «Основы военной подготовки» – новый в образовательном процессе вузов. Соответственно, для его реализации необходимо применение современных методов и приемов обучения, которые бы активизировали познавательную деятельность студентов и повысили их профессиональную компетентность. Рассмотрим некоторые из них и дадим им применение по видам занятий (рис. 3).

Мозговой штурм можно использовать для проведения интерактивных лекций, практических и групповых занятий. Преподаватель выбирает тему, которая имеет разные пути решения, и ставит задачу перед студентами. Студенты самостоятельно находят решения и представляют ответ за короткий промежуток времени. Решения задач не критикуются. Ответы анализируются и оцениваются преподавателем или группой экспертов (из числа студентов и преподавателя).

Круглый стол, дебаты, диспут можно использовать для практических и групповых занятий. Во время занятий преподаватель формулирует вопросы по теме и раздает их студентам. Студенты

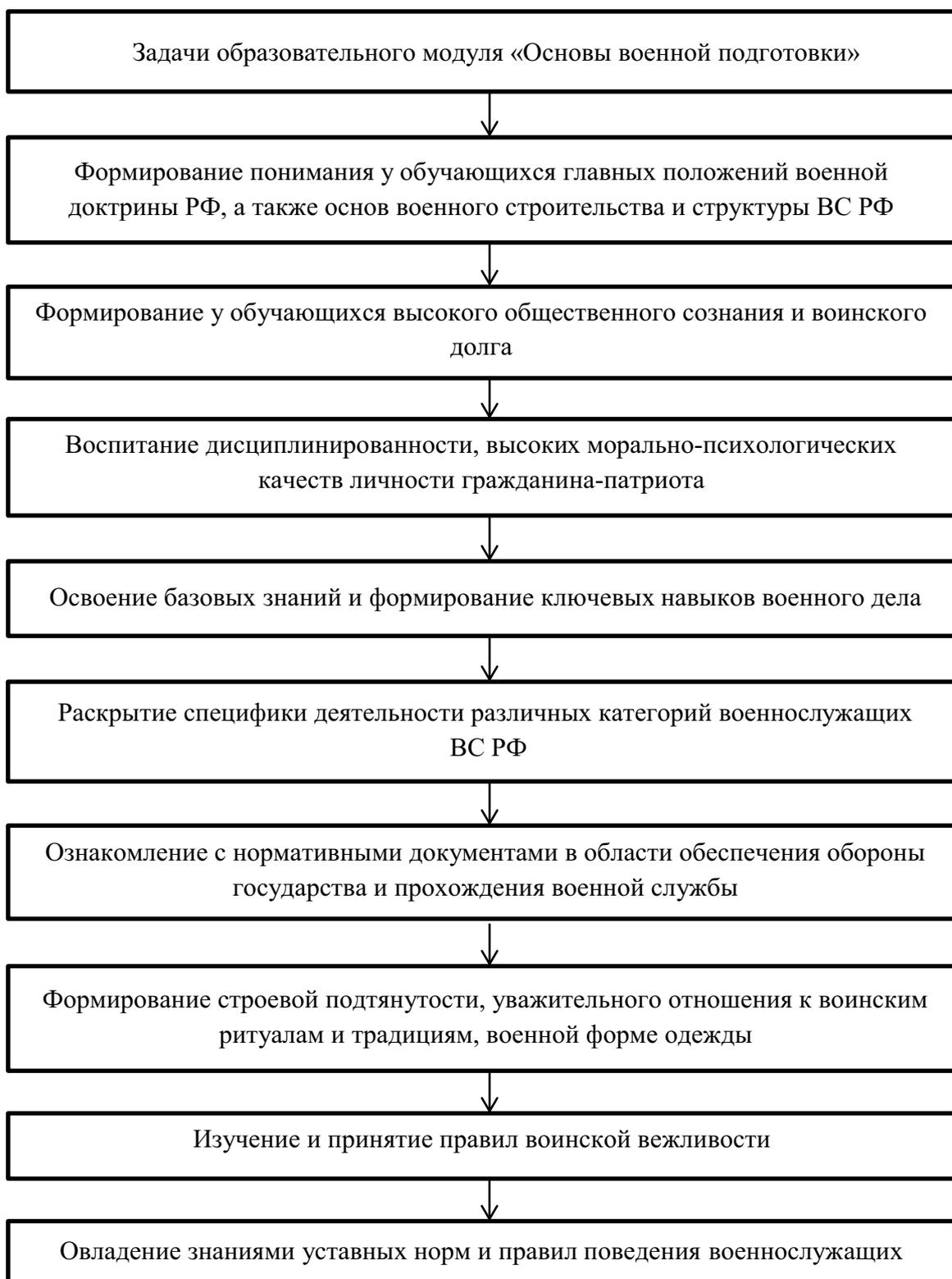


Рис. 2. Задачи образовательного модуля «Основы военной подготовки»

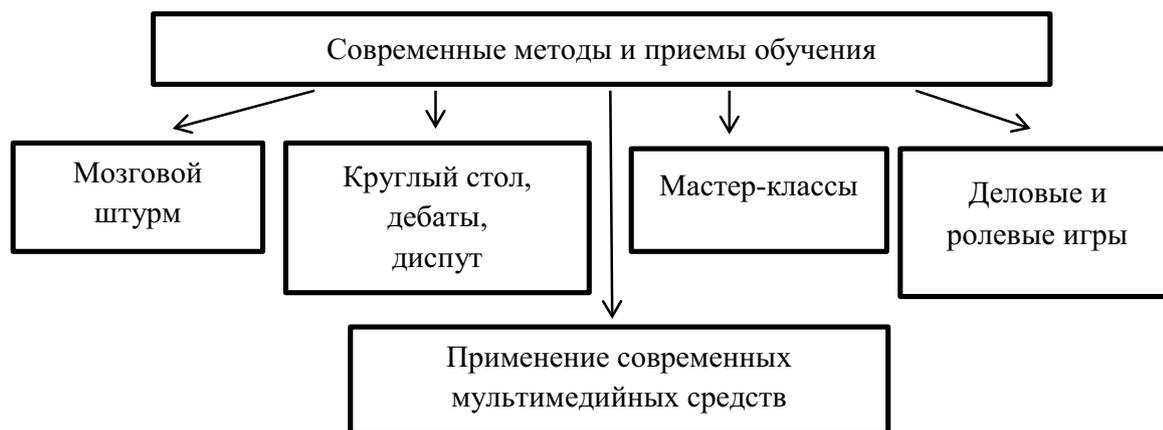


Рис. 3. Современные методы и приемы обучения

в соответствии с темой последовательно представляют решения. Основную часть времени занятия составляют дискуссии и дебаты.

Мастер-классы можно использовать для практических занятий. Студенты делятся на маленькие группы и находят решение задач, поставленных преподавателем, применяя творческий подход, т.е. проигрывание ситуации.

Деловые и ролевые игры можно использовать для практических и групповых занятий. Преподавателю необходимо выбрать и описать модель, придумать сценарий. Модель должна быть реальной и содержать проблемность. Успех игры зависит от материально-технической базы (компьютеры, тренажеры, макеты и т.д.).

Мультимедийные средства применяются при чтении лекций, проведении групповых, практических занятий, зачетов.

Таким образом, современные методы и приемы обучения направлены на активацию познавательной деятельности студентов; умение работать в команде; на формирования у студентов профессиональности, компетентности, конкурентоспособности на рынке труда; самостоятельно принимать решения в любой ситуации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сафонова Л. Ю. Методы интерактивного обучения : методические указания. – Великие Луки, 2015.
2. Ши Гуан. Использование современных методов обучения в вузах // Вестник науки (Кэсюе даобао). – 2019. – № 1.
3. Руденко И. В. Образовательные технологии в вузе : учеб. пособие. – Тольятти : ТГУ, 2011. – 288 с.

УДК 331.452

## УРОВЕНЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В СТРУКТУРНОМ ПОДРАЗДЕЛЕНИИ СЛУЖБЫ ПУТИ

А. А. Чуракова, 4-й курс

М. А. Житлухина, 4-й курс

С. С. Крупенин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Производственный травматизм в структурных подразделениях службы пути возникает вследствие нарушения правил техники безопасности, отсутствия надлежащего обучения и инструктажа, устаревшего оборудования и инструментов, неблагоприятных условий труда.

В анализе производственной безопасности за второй квартал 2023 г. нет случаев производственного травматизма в структурных подразделениях службы пути. В 2022 г. был зафиксирован лишь один легкий случай.

За первое полугодие 2023 г. зарегистрирован групповой случай производственного травматизма на Коротчаевской дистанции пути (ПЧ-34), в результате которого пострадали три работника (два монтера пути и один водитель). Важно отметить, что случай на ПЧ Коротчаево принят к учету без вины работодателя. Травмирование работников произошло из-за нарушения правил дорожного движения водителем транспортного средства.

Расследование случая производственного травматизма в ПЧ Коротчаево проводится в соответствии с требованиями ТК РФ. Случай производственного травматизма с работниками был подробно разобран на совещании с участием руководителей структурных подразделений.

Необходимо также подчеркнуть, что в данном периоде не зафиксировано случаев травмирования среди работников, находившихся в состоянии алкогольного опьянения в момент получения травмы.

С начала 2023 г. не зафиксировано ни одной микротравмы в подразделениях службы пути.

Также в первом полугодии 2022 г. не зафиксировано ни одной микротравмы, что подчеркивает системность и постоянство подхода службы к обеспечению безопасных условий труда.

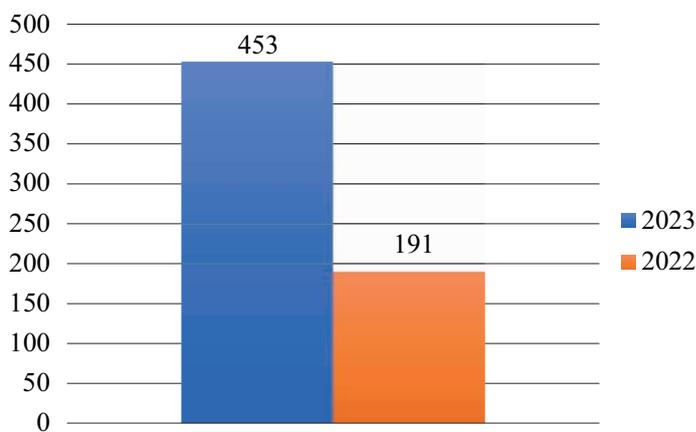
Отмечается ряд важных изменений, произошедших с начала 2023 г. Несмотря на отсутствие значительных изменений в коэффициенте частоты общего травматизма, который остался стабильным и составил 0,095, важно отметить динамику в других показателях.

Коэффициент частоты травматизма со смертельным исходом (К част.см) за первое полугодие 2023 г. не изменился по сравнению с прошлым годом и составил ноль. Это может свидетельствовать о стабильной ситуации с тяжелыми

последствиями травм на службе пути.

Наиболее важное изменение – увеличение коэффициента тяжести (Кт) на 1,7 раза, достигнув значения 43,12. Это свидетельствует, что травмы, произошедшие за первое полугодие 2023 г., в среднем были более серьезными по сравнению с аналогичным периодом прошлого года (Кт в 2022 г. составлял 24,7).

Кроме того, количество дней нетрудоспособности, вызванных производственными травмами, значительно увеличилось: в 2,4 раза по сравнению с прошлым годом, достигнув 453 дней за



Количество дней нетрудоспособности, вызванных производственными травмами

первое полугодие 2023 г., в то время как за аналогичный период 2022 г. 191 день.

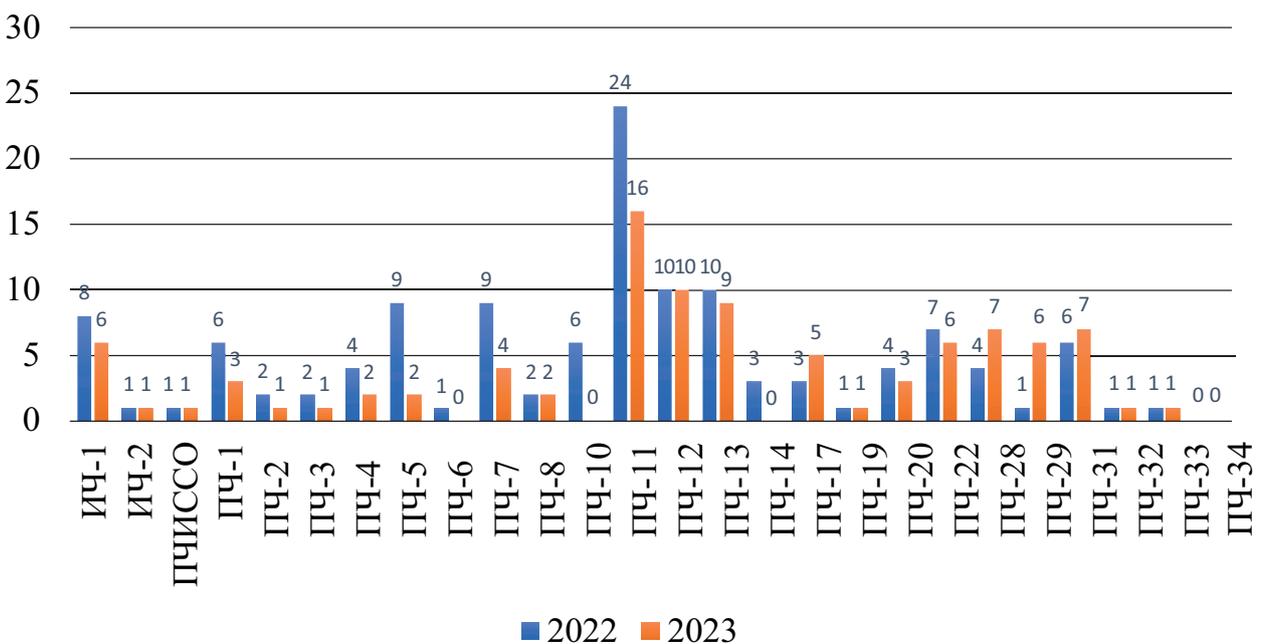
Для обеспечения безопасности и защиты трудовых прав работников разрабатываются проекты годовых планов организационных мер и профилактической работы по охране труда. Особое внимание уделяется созданию годовых планов организационно-технических мероприятий, направленных на предупреждение случаев травматизма, связанных с наездом подвижного состава на работников, выполняющих работы на железнодорожных путях и вблизи поездов [1].

Активно разрабатываются проекты плана мероприятий (программы) по улучшению условий и охраны труда, а также планы по предотвращению травмирования граждан в зоне движения поездов по службе.

Параллельно с этим осуществляется формирование предложений по финансированию мероприятий, направленных на улучшение условий и охраны труда. Контроль их выполнения не только подчеркивает ответственность перед сотрудниками и обществом, но и демонстрирует постоянное стремление к совершенствованию условий работы и обеспечению безопасности на высшем уровне [2–4].

Для предупреждения наездов подвижного состава при выполнении работ на железнодорожных путях разработана система информации «Человек на пути».

В первом полугодии 2023 г. по службе в автоматизированной системе замечаний машинистов по системе информации «Человек на пути» (АСУТ НБДЗМ) принято к учету и утверждено службой охраны труда и промышленной безопасности Свердловской железной дороги (НБТ) 88 нарушений. За аналогичный период 2022 г. принято к учету и утверждено 117 замечаний [5].



Распределение количества принятых к учету нарушений по службе пути за 1 полугодие 2022 и 2023 гг.

Приняты к учету следующие замечания: отсутствие на сигналистах специальных знаков отличия (сигнальные жилеты, головной убор, нарукавники); работа без сигнальных жилетов или в жилете, не соответствующем установленным требованиям; отсутствие наблюдающего в бригаде или выполнение в одно лицо на станции или перегоне работы по техническому обслуживанию и ремонту устройств СЦБ, средств автоконтроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда; несвоевременный уход работающих с пути на безопасное расстояние, в том числе при проходе поезда по соседнему пути, если место работ не ограждено сигналами остановки; нахождение в колее соседнего пути при проходе поезда; расположение людей, сидящих на рельсах, концах шпал, напольных и наземных устройствах, пирамидах полукилометрового запаса рельсов; прекращение работ на соседнем пути в «окно» при проходе поезда; работа без ограждения места работ установленным порядком.

Несмотря на прогресс в области безопасности и охраны труда, уровень производственного травматизма по отношению к уровню прошлого года возрос в два раза. Уровень тяжелого травматизма остался на прежнем уровне по отношению к 2022 г. Количество замечаний, принятых в автоматизированную систему замечаний машинистов по системе информации «Человек на пути», уменьшилось с 117 до 88.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Политика холдинга «РЖД» в области охраны труда и окружающей среды, промышленной и пожарной безопасности, утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 21 января 2020 г. № 102/р.
2. Общие требования к организации безопасного рабочего места, утвержденные приказом Минтруда России от 29 октября 2021 г. № 774н, зарегистрированы Минюстом России 25 ноября 2021 г. № 65987.
3. СТО РЖД 15.001-2020 «Система управления охраной труда в ОАО «РЖД».
4. Распоряжение ОАО «РЖД» от 4 февраля 2014 г. № 265р «Об утверждении документов ОАО «РЖД» в области охраны труда».
5. Основин Д. И. Проблемы учета и регистрации несчастных случаев на производстве / Д. И. Основин, В. В. Павлов // Перспективы развития науки в современном мире : Сборник трудов по материалам XII Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ. В 2 частях, Уфа, 20 февраля 2023 года. Часть 1. – Уфа : ООО «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2023. – С. 68–75.

УДК 628.3

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОРБЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД С ТЕРРИТОРИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ

О. Р. Ильясов, д-р биол. наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность»

И. И. Гаврилин, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность»

С. М. Малышева, старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность»

Д. И. Основин, заведующий лабораторией кафедры «Техносферная безопасность»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

О. В. Ковалева, канд. сельскохозяйств. наук, доцент кафедры экологии и природопользования

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень

Поверхностные стоки с территорий железнодорожных станций, образующиеся во время выпадения дождя и таяния снега, загрязнены нефтепродуктами, растворимыми и нерастворимыми минеральными и органическими поллюантами. В их состав входят также биогенные вещества, ионы тяжелых металлов.

Учитывая, что основная часть поверхностного стока попадает в водоисточники либо без очистки, либо подвергается лишь очистке механическими методами, проблема защиты водных объектов от загрязнения поверхностными стоками с территорий бурно развивающегося железнодорожного транспорта как никогда актуальна и может быть отнесена к одной из важнейших экологических задач отрасли.

Очевидно, что существует необходимость разработки промышленных технологий с включением недорогих и эффективных сорбентов с длительным сроком эксплуатации, использование которых позволит наиболее полно выполнять функции защиты водных объектов от загрязнения углеводородами до поступления диффузионного стока в водоемы [1].

Использование песчаных или песчано-гравийных фильтров уже уходит в историю. Отсутствие порового пространства, высокий насыпной вес, неразвитая гладкая поверхность делают кварцевый песок и его применение неконкурентоспособным по сравнению с пористыми материалами.

Кварцевые пески задерживают лишь крупные механические включения загрязнения, выполняя функцию механического фильтра – простой решетки, которая быстро теряет свою функциональность, забиваясь и теряя проницаемость. Кварцевые пески нуждаются в частой промывке и из-за уноса во время промывок (на примере водоканалов Кингисеппа, Великого Новгорода, Новочеркасска, Пушкино, Павлодара и др.) значительном и постоянном дополнении.

При использовании в системах фильтрации с промывкой большой насыпной вес песков, низкое качество очистки, необходимость частых промывок и большие расходы промывочной воды, высокие энергетические затраты, использование большого количества дорогой химии – коагулянтов и флокулянтов, а именно это составляет эксплуатационные расходы, – делают кварцевые пески, несмотря на кажущуюся дешевизну, совершенно неконкурентным материалом как при применении в конструкциях водоканалов, так и при использовании в конструкциях железнодорожных дамб.

Значительными преимуществами, по сравнению с песчано-гравийными фильтрами обладают природные пористые фильтрующие загрузки: опал-кристобалиты и различные угли, хотя каждый из них имеет свои недостатки [2, 3].

Следует понимать специфику данных природных сорбентов.

Угли марок МИУ-С, гидроантрацит, АГ-3, Labko activated carbon обладают высокой удельной поверхностью, но мелкими внутренними порами (микропоры – менее 2 нм), которые позволяют адсорбировать газы и некоторые небольшие катионы и анионы за счёт физической сорбции. А крупные молекулы способны располагаться только в межчастичном пространстве, которых

у углей практически нет. Малые поры очень быстро замазываются, препятствуют проникновению других загрязнителей во внутриводное пространство, что сказывается на сроках эффективной очистки. Таким образом, угольные фильтры имеют ограниченный функционал и не рекомендуются для сорбции нефтепродуктов без частой замены. А применение угольных сорбентов в железнодорожных дамбах в фильтровальных полосах из-за короткого срока эффективной работы и невозможностью замены неприемлемо.

При выборе типа сорбента из опал-кristобалитовой группы следует руководствоваться типом загрязнений сточных или природных вод и технологией эксплуатации.

Диатомитовые опоки представляют собой прочную камнеподобную структуру; по своему происхождению – это переосаждённые диатомиты. Изготовление сорбентов из диатомитовых опок и ОДМ и АС происходит путем дробления этих камней. В результате дробления получают гладкие частицы лещадной формы. Такая форма существенно влияет на качество механической очистки.

Активированные угли обладают хорошей удельной поверхностью, но мелкими порами, которые позволяют адсорбировать газы и некоторые небольшие катионы и анионы за счёт физической сорбции. Крупные молекулы способны располагаться только в межчастичном пространстве, что сильно понижает грязеёмкость угольных фильтров по сравнению с диатомитом. Крайне важно, что молекулы нефтепродуктов, для сорбции которых часто используют угли, располагаются на внешней поверхности гранул и быстро замазывают фильтр, препятствуя проникновению других загрязнителей во внутриводное пространство. Таким образом, угольные фильтры имеют ограниченный функционал и не рекомендуются для сорбции нефтепродуктов без частой замены.

Новым поколением сорбентов считаются фильтрующие загрузки на основе опал-кristобалитовых пород: диатомитовые опоки и диатомиты. Особая структура поверхности, высокая прочность, пористость и низкий насыпной вес определяют широкую сферу их применения, лёгкость в эксплуатации и долгий срок службы.

При выборе типа сорбента из опал-кristобалитовой группы следует руководствоваться типом загрязнений сточных или природных вод и технологией эксплуатации.

Так как опоки по своему происхождению – это переосаждённые диатомиты, то очевидно, что их удельная поверхность складывается из микропор. Уплотняясь в ходе формирования, опоки сегодня представляют собой прочную камнеподобную структуру. А получение зернистых фильтрующих загрузок из такого материала – это процесс дробления. Диатомитовые гранулы получают путём синтеза диатомитовой породы по технологии, сохраняющей естественную пористость панцирей одноклеточных водорослей.

Алюмосиликатные участки опал-кristобалитовых пород позволяют осуществлять взаимодействие с растворёнными компонентами, удерживая тяжёлые металлы, аммоний, нитриты, сульфаты, алюминий и т. п. Однако диатомиты по сравнению с фильтрами на основе опоки способны удерживать разноразмерные молекулы, благодаря наличию разнообразных пор, что определяет долгий срок службы (таблица).

Из данных таблицы мы видим, что диатомиты обладают высокой прочностью, обеспечивают сохранение грансостава при транспортировке и долгий срок службы.

Особая структура поверхности, необходимая размерность пор диатомита обеспечивают максимальную грязеёмкость по сравнению с непористыми песками или мелкопористыми опоками или углями.

Диатомиты за счёт разного размера пор способны сорбировать различные загрязнители, наличие внутренних и внешних пор обуславливает как адсорбцию, так и абсорбцию. Наличие гидросиликатных и алюмосиликатных участков позволяет осуществлять взаимодействие с различными катионами и анионами, извлекая из воды сложные и растворённые загрязнители.

Опоки, как и угольные фильтры, работают короткое время своим внутриводным пространством, поскольку быстро зажириваются нефтепродуктами и другими органическими загрязнителями, переставая выполнять функцию сорбента, а превращаясь в обычный песчаный фильтр.

## Сравнительный анализ сорбентов

Фильтрующий материал	Песчано-гравийный фильтр	Угольный фильтр	Фильтр на основе опоки	Диатомит
Механическая прочность: истираемость, % измельчаемость, %	$\leq 0,09$ $\leq 2,8$	4–5 0,5–1	0,04–0,06 0,08–0,10	Не более 0,04 Не более 0,06
Эффективность очистки, по грязеемкости (твердые и взвешенные вещества), г/м <sup>3</sup>	750–1400	750–2500	1800–2000	2000–2500
Способ удержания за- грязняющих веществ при фильтрации	Физическая сорбция крупных частиц загрязнителя межчастичным пространством	Физическая сорбция очень мелких молекул микропорами и крупных хлопьев межчастичным пространством	Физическая сорбция мелких молекул микропорами, физическая сорбция крупных хлопьев межчастичным пространством, минимальное взаимодействие катионов и анионов с активными центрами поверхности	Физическая сорбция различных молекул разноразмерными порами, физическая сорбция разноразмерных хлопьев межчастичным пространством, взаимодействие катионов и анионов с активными центрами поверхности

Высокая нефтеёмкость и грязеемкость диатомитов предопределяет долгий срок службы и эффективную работу независимо от времени работы очистных сооружений.

Итак, приведен анализ эффективности применения диатомита в виде сорбента для очистки поверхностных сточных вод с территорий железнодорожных путей. Проведена сравнительная характеристика применения диатомита с традиционными фильтрующими загрузкими. Можно сделать вывод о перспективности использования диатомита в технологиях очистки поверхностных сточных вод с территории железнодорожных путей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Природные цеолиты – сокирниты. Опыт применения в процессах очистки воды и стоков. <http://zeomix.ru/usefularticles/>
2. Шаравьев П. В., Неверова О. П., Ильясов О. Р., Шкуратова И. А. Биоиндикация состояния водных экосистем в зоне птицефабрик // Аграрный вестник Урала. – 2003. – № 4 (110). – С. 67–69.
3. Ильясов, О. Р. Защита водных объектов от загрязнения поверхностным стоком селитренных территорий с использованием биосорбционного метода : дисс. ... уч. ст. канд. техн. наук / Ильясов Олег Рашитович. – Екатеринбург, 2002.

УДК 628.3

## ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ПОЛОСЫ В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД С ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ НАСЫПИ

О. Р. Ильясов, д-р биол. наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность»

И. И. Гаврилин, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность»

С. М. Малышева, старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность»

Д. И. Основин, заведующий лабораторией кафедры «Техносферная безопасность»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

О. В. Ковалева, канд. сельскохоз. наук, доцент кафедры экологии и природопользования

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень

Для предотвращения загрязнения поверхностными стоками с железнодорожной насыпи разработана технология очистки с использованием фильтрующей полосы. Нами предлагается использовать природные ионообменные материалы – диатомиты. Железнодорожная насыпь представляет собой систему дренажно-фильтрующих и экранирующих слоёв и расположенного на ней железнодорожного полотна.

Дренажно-фильтрующие и экранирующие слои выполняются в виде насыпи, которая включает в себя фильтрующую полосу, расположенную на берме насыпи вдоль железнодорожных путей, вблизи водоохранной зоны. Дождевые и талые стоки с территории железнодорожного полотна благодаря подстилающим водонепроницаемым материалам поступают в дренажный, а затем в фильтрующий слой для последующей очистки стоков.

Для проектирования и последующего строительства такого типа очистных сооружений важно иметь квалифицированные расчеты объема, эффективности и срока службы фильтровальных материалов. Для составления этого расчета необходимо оценить средний объем стоков, уровень и состав загрязнения за определенный промежуток времени.

В период максимального снеготаяния с одного погонного метра железнодорожного пути максимальный объем расхода поверхностного стока составит  $0,29 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Если принять рабочую площадь фильтрации  $1 \text{ м}^2$ , то максимальная скорость фильтрации поверхностного стока будет  $0,3 \text{ м/ч}$ .

Данные скорости фильтрации свидетельствуют, что по механизму задержания взвешенных веществ рассматриваемый тип фильтрующей полосы следует отнести к медленным фильтрам, т.е. к фильтрам, в которых фильтрация происходит через образующуюся на поверхности зернистой загрузки пленку. В этом случае задерживаются практически все взвешенные вещества (99 %), а время контакта растворенных нефтепродуктов с сорбентом будет не менее 30 мин, что обеспечит рассчитываемую эффективность в пределах 99 % [2, 3].

При концентрации нефтепродуктов в воде  $2 \text{ мг/дм}^3$  ( $2 \text{ г/м}^3$ ) общее количество поступающих за год нефтепродуктов с 1 п/метра железнодорожного полотна (насыпи) составит  $19,7 \text{ г/пог.м/г}$ .

С учетом нефтепродуктов, адсорбированных взвешенными веществами, задержанных первым слоем фильтрующей полосы, количество нефтепродуктов, оставшихся в водной фазе и поступивших во второй слой фильтрующей полосы, за год составит  $9,86 \text{ м}^3/\text{г}$ .

Срок службы фильтрующей полосы определяется грязеемкостью по взвешенным веществам и сорбционной емкостью по нефтепродуктам использованного в фильтрационной полосе сорбента (диатомита).

Как показали расчеты, при годовом поступлении поверхностного стока в объеме  $W_{\text{год}} = 9,86 \text{ м}^3/\text{г}$ , на удельную площадь фильтрующей полосы ( $\text{м}^2/\text{пог.м}$ ) поступит  $19,7 \text{ г}$  нефтепродуктов и  $0,7 \text{ кг}$  взвешенных веществ.

При эффективности очистки от взвешенных веществ на уровне 89,5 % масса взвешенных веществ после очистки составит 74,5 г/пог.м./г.

При удельном весе поступающих на полосу взвешенных веществ 100 кг/м<sup>2</sup> объем взвеси за год составит 0,7 дм<sup>3</sup>.

При равномерном распределении по площади фильтрации, равной 1 м<sup>2</sup> (10000 см<sup>2</sup>), толщина слоя поступившей за год взвеси не превысит  $h = 0,1$  см.

Объем первого слоя фильтрующей полосы – 150000 см<sup>3</sup>. При пористости слоя 50 % объем порового пространства составит 75000 см<sup>3</sup> (75 дм<sup>3</sup>), что гарантирует срок службы фильтрующей полосы по данному загрязняющему компоненту не менее 20 лет. Следует отметить и высокий коэффициент фильтрации взвеси, задерживаемой полосой (песок, мелкий щебень),  $K_{\phi} = 3,2-3,82$  м/сут.

Срок службы фильтрующей полосы при сохранении нормативного показателя по нефтепродуктам (0,05 мг/дм<sup>3</sup>) и по взвешенным веществам (2,0 мг/дм<sup>3</sup>) определяется сорбционной емкостью используемой в полосе фильтрующей загрузки (диатомита). Эффективность очистки поверхностного стока от растворенных нефтепродуктов и взвешенных веществ, извлекаемых сорбционным методом при фильтрации через загрузку из диатомита, составляет 89,9–99,0 %. При этом ее сорбционная емкость находится в пределах 5 мг/г (5 г/кг) сорбента. Так как эффективность очистки по взвешенным веществам ниже, чем по нефтепродуктам, в расчетах срока службы фильтрующей полосы массу загрязнений будем брать по взвешенным веществам.

Нефтепродукты не являются консервативным веществом и в течение времени под воздействием нефтеразрушающей микрофлоры будут превращаться в нетоксичные вещества.

Срок службы фильтрующей полосы можно прогнозировать не менее 20 лет. Об исчерпании сорбционной способности фильтрационной полосы будет свидетельствовать качество фильтрата, отбираемого из дренажных труб, предназначенных для отбора контрольных проб.

Эффективность данного природоохранного мероприятия заключается в предотвращении поступления в водный объект рыбохозяйственного значения поверхностного стока с железнодорожной насыпи, содержащего значительные количества взвешенных веществ и нефтепродуктов.

При годовом поступлении поверхностного стока в объеме 9340,7 м<sup>3</sup>/г со всей территории исследуемой железнодорожной насыпи поступит 18,7 кг (0,02 т) нефтепродуктов и 672,5 кг (0,7 т) взвешенных веществ.

Если признать правомерным очистку стока от нефтепродуктов и взвешенных веществ на 100 %, то предотвращенный экологический ущерб составит 214,72 тыс. руб., а за период своего функционирования – более 75 млн руб.

Итак, предложено конструктивное оформление фильтрующей полосы для очистки поверхностных сточных вод от загрязняющих веществ с территорий железнодорожных путей с использованием в виде фильтрующей загрузки диатомит.

Проведены расчеты срока службы фильтрующей полосы с использованием диатомита. На основании выполненных расчетов срок службы фильтрующей полосы можно прогнозировать не менее 20 лет.

При внедрении фильтрующей полосы с использованием в виде сорбента диатомит общий годовой предотвращенный экологический ущерб составит 214,72 тыс. руб.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Природные цеолиты – сокирниты. Опыт применения в процессах очистки воды и стоков. URL: <http://zeomix.ru/usefularticles>.
2. Шаравьев П. В., Неверова О. П., Ильясов О. Р., Шкуратова И. А. Биоиндикация состояния водных экосистем в зоне птицефабрик // Аграрный вестник Урала. – 2003. – № 4 (110). – С. 67–69.
3. Ильясов, О. Р. Защита водных объектов от загрязнения поверхностным стоком селитебных территорий с использованием биосорбционного метода : дисс. ... уч. ст. канд. техн. наук / Ильясов Олег Рашитович. – Екатеринбург, 2002.

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ НА ТРАНСПОРТЕ

---

УДК 331.108.45: 640.41

## ПОДГОТОВКА ПЕРСОНАЛА В УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ ИНКЛЮЗИВНОГО ГОСТЕПРИИМСТВА

**О. Ю. Брюхова**, старший преподаватель кафедры «Управление персоналом и социология»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

**С. О. Ильясова**, старший инспектор Института непрерывного и дистанционного образования

**Е. Н. Ялунина**, д-р экон. наук, профессор, директор Института непрерывного и дистанционного образования

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург

В России и за рубежом сегодня получили распространение отели, готовые принимать людей с ограниченными возможностями. В фокусе внимания отельеров находятся технические аспекты подготовки гостиничной инфраструктуры к приему и размещению особых гостей, но пока не в полной мере проработаны вопросы обучения персонала обслуживанию и оказанию необходимой помощи данной категории постояльцев. Хотя в соответствии с требованиями российского законодательства с 1 января 2016 г. руководители организаций в сфере транспорта, культуры, спорта, ЖКХ, здравоохранения, образования и т. д. обязаны обеспечить инструктирование или обучение сотрудников, работающих с инвалидами, по вопросам, связанным с обеспечением доступности для них объектов социальной, инженерной и транспортной инфраструктур и услуг [2].

Актуальна концептуализация нормативно-правовых, организационных и методических аспектов обучения гостиничного персонала в области формирования доступной среды для инвалидов и иных маломобильных групп населения, к которым относятся люди с временным нарушением здоровья, беременные женщины, люди старших возрастов, люди с детскими колясками.

Для этого необходимо изучить требования к обслуживающему персоналу средств размещения и его подготовке для взаимодействия с гостями из числа лиц с ограниченными физическими возможностями, содержащиеся в нормативных документах, установить перечень должностей и профессий работников гостиничного предприятия, связанных с обслуживанием инвалидов и иных маломобильных групп населения и подлежащих специальному обучению, определить эффективные виды, методы, средства, периодичность и содержание тематической подготовки с учетом особенностей организации обучения персонала индустрии гостеприимства.

Реализация специальной программы обучения, разработка четких стандартов обслуживания инвалидов, маломобильных гостей и следование им со стороны персонала будет способствовать формированию инклюзивной гостиничной среды, а это положительно отразится на клиентоориентированности и конкурентоспособности средства размещения.

Общие требования к персоналу средств размещения и подготовке для работы с особыми гостями указаны в ГОСТ Р 54603-2011 «Услуги средств размещения. Общие требования

к обслуживающему персоналу», ГОСТ Р 55699-2013 «Доступные средства размещения для туристов с ограниченными физическими возможностями», ГОСТ Р 32613-2014 «Туристские услуги. Услуги туризма для людей с ограниченными физическими возможностями. Общие требования».

Изучение этих документов дает нам понимание того, что необходимо на высоком уровне проводить обучение всего персонала, обслуживающего или имеющего контакты с гостями с ограниченными физическими возможностями, исключая возможность возникновения препятствий для обеспечения доступа и инклюзивности в результате наличия стереотипов, неправильных представлений, которые создают барьеры, связанные с отношением и общением [3]. В ГОСТ Р 32613-2014 особо отмечается, что персонал должен обеспечивать туристам с ограниченными физическими возможностями оказание всесторонней помощи не только в обычных, но и чрезвычайных ситуациях, создавать атмосферу благожелательности и гостеприимства, уметь разрешать конфликтные ситуации [4].

Таким образом, особое внимание при организации обучения в области формирования доступной среды администрации отеля следует уделить персоналу контактных служб (приема и размещения, бронирования, обслуживания номерного фонда, питания и напитков и т.д.), который участвует в обеспечении обслуживания клиентов или имеет прямые контакты с гостями. Это администраторы, дежурные по этажам, горничные, официанты, охранники, портье, швейцары и т. п. Однако специалисты в области гостиничного сервиса утверждают, что все сотрудники отеля, не только работающие с инвалидами и маломобильными группами населения как участвующие в предоставлении услуг, но и персонал неконтактных служб должны пройти инструктирование (обучение) по вопросам, связанным с обеспечением доступности для инвалидов объектов и услуг. Эта позиция обусловлена спецификой гостиничного бизнеса и основана на понимании того, что качество сервиса обеспечивается всеми сотрудниками отеля, а не только персоналом фронт-зоны [5, с. 136]. Мы согласны с таким подходом, но считаем необходимым кастомизировать подготовку для контактного и неконтактного персонала гостиниц, определив при этом разные продолжительность и объем содержания программы обучения.

Концептуализация организационных и методических аспектов подготовки персонала для обслуживания гостей с ограниченными физическими возможностями предполагает предварительное изучение особенностей обучения работников гостиничного предприятия. Проведенный анализ литературы [5–7] выявил специфические черты.

1) Преимущественно внутреннее (корпоративное) обучение персонала на базе гостиничного предприятия под руководством собственных тренинг-менеджеров.

2) Охват программами обучения персонала всех функциональных категорий и профессиональных групп.

3) Определение содержания программ обучения персонала в разрезе должностей (профессий) и структурных подразделений с учетом опыта работы в индустрии гостеприимства и в конкретном отеле.

4) Равное соотношение теории и практики в процессе обучения персонала.

5) Реализация практического обучения персонала на базе специально оборудованных кабинетов, имитирующих реальную рабочую обстановку.

6) Активное использование тренингов как наиболее эффективных форм обучения персонала гостиниц.

7) Постепенное применение в практике обучения гостиничного персонала современных западных практико-ориентированных методов.

Можно обозначить ряд ключевых организационных и методических аспектов такого обучения.

Во-первых, ответственный за организацию инструктирования (обучения) персонала по вопросам доступности должен быть назначен приказом руководителя. В гостинице им может стать внутренний тренинг-менеджер, который предварительно должен пройти специальное обучение по программе повышения квалификации по вопросам доступности.

Во-вторых, подготовка гостиничного персонала может вестись в форме инструктажей, разъясняющих основные стандарты работы и правила поведения с инвалидами и маломобильными гостями при выполнении трудовых функций. В отелях предлагается проводить первичный и повторный (в том числе периодический) инструктажи по вопросам доступности.

Инструктажи должны предусматривать теоретическую и практическую подготовку. Теоретическая часть программы обучения может быть реализована с применением дистанционных технологий обучения (вебинары, электронные курсы, подкасты, онлайн-литература). Отработка конкретных умений и навыков должна осуществляться при помощи практико-ориентированных методов, в том числе активного обучения.

Инструктаж в индивидуальной форме рекомендуется проводить прямо на рабочем месте с использованием таких методов и приемов, как рассказ, объяснение, разъяснение, сторителлинг, иллюстрация, демонстрация; коллективный инструктаж целесообразнее организовать в форме лекции, семинара, тренинга, с применением деловых и ролевых игр, кейс-стади.

Возможна организация подготовки персонала по созданию инклюзивной среды в формате инструкционного тренинга, когда тренинг-менеджер, получивший знания от сторонних экспертов, обучает руководителей функциональных служб гостиницы, а те, в свою очередь, подчиненных.

По итогам обучения в качестве контроля знаний могут быть использованы контрольные вопросы, тесты и практические задания.

В-третьих, тематический план обучения персонала должен предусматривать не только вопросы обеспечения доступа к инфраструктуре гостиницы и ее услугам, но и формирования культуры инклюзивного гостеприимства путем освоения слушателями правил по этике общения с гостями-инвалидами и маломобильными группами населения, развития эмоционального интеллекта и эмпатии, конфликтологической компетентности.

В-четвертых, лучшему теоретическому и практическому усвоению программного материала будет способствовать проведение обучения на базе специально оборудованного кабинета, оснащенного техническими (кресла-коляски для перевозки инвалидов, лестничеход для перемещения кресел-колясок инвалидов, переносные пандусы и т.д.) и знаковыми средствами обучения (плакаты, информационные стенды, перекидные постеры, учебно-методическая литература, учебные видеофильмы).

Итак, организация доступной среды – важная задача государства. Люди с ограниченными физическими возможностями имеют право путешествовать наравне со всеми. Гостиничные предприятия должны уделять особое внимание данной категории клиентов, создавать для них специальные номера, обеспечивать доступность предоставляемых в отеле услуг, а также осуществлять соответствующую корпоративную подготовку персонала. Программа обучения должна быть ориентирована прежде всего на персонал контактных служб гостиницы, предусматривать освоение теоретического материала и практическую отработку навыков, рассматривать потребности и особенности обслуживания гостей из числа инвалидов и маломобильных групп населения, методы оказания им ситуационной помощи, использования адаптивных устройств, обеспечения безопасности и комфорта, вопросы развития эмпатии, уважения, коммуникативной и конфликтологической компетентности. Более эффективному усвоению материала будет способствовать применение практико-ориентированных методов, материально-технических и предметно-знаковых средств обучения.

Формирование инклюзивной среды имеет не только социальное значение, но и может стать для гостиничного предприятия серьезным конкурентным преимуществом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Конвенция о правах инвалидов: принята резолюцией 61/106 Генеральной Ассамблеи ООН от 13 декабря 2006 г. URL: [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/disability.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/disability.shtml) (дата обращения: 08.11.2023).
2. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам социальной защиты инвалидов в связи с ратификацией Конвенции о правах инвалидов: Федеральный закон от 1 дек. 2014 г. № 419-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2014. – № 49. – Ст. 35.
3. ГОСТ Р 55699-2013. Доступные средства размещения для туристов с ограниченными физическими возможностями: национальный стандарт Российской Федерации. – М. : Стандартинформ, 2014. – 32 с.

4. ГОСТ Р 32613-2014. Туристские услуги. Услуги туризма для людей с ограниченными физическими возможностями. Общие требования: межгосударственный стандарт. – М. : Стандартинформ, 2015. – 12 с.
5. Ключевская И. С. Управление персоналом гостиничного предприятия. Новые пути и решения: монография. – М. : ИНФРА-М, 2023. – 208 с
6. Быстров С. А. Современные подходы к организации процесса обучения персонала коллективных средств размещения // Вестник факультета управления СПбГЭУ. – 2017. – № 1-2. – С. 445–449.
7. Никольская Е. Ю., Семенова Л. В., Смахтина М. Д., Шевченко Д. О. Современные технологии и методы обучения персонала в гостиничном бизнесе // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 62–71.

УДК 331.4

## ФОРМИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНСТРУМЕНТАМИ МОТИВАЦИИ

Е. Л. Мордвинова, канд. социол. наук, доцент

А. Д. Шелиган

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

Нестабильность экономики РФ привела к изменению логистики и, как следствие, к росту цен на товары и услуги, колебанию курсов валют, сокращению заказов во многих отраслях, что заставляет работодателей либо уходить с рынка, либо сокращать штат. Следовательно, падает уровень доходов населения, снижается социальная защищенность и качество трудовой жизни.

Несмотря на рост заработной платы, покупательская способность постоянно падает, так как вместе с заработной платой растет и уровень цен. Это позволяет говорить о снижении социальной безопасности россиян, а руководителям компаний приходится искать способы мотивации своих работников.

Социальная безопасность – это состояние защищенности личности, социальной группы, общности от угроз нарушения их жизненно важных интересов, прав, свобод [2].

Социальная безопасность охватывает следующие сферы жизнедеятельности: 1) экономическую (состояние защищенности с точки зрения всех экономических факторов – заработной платы, премий, компенсаций и так далее); 2) политическую (состояние защищенности политической жизни страны); 3) продовольственную (состояние, характеризующееся постоянным физическим, социальным и экономическим доступом для всех людей к достаточному по объему, безопасному и питательному продовольствию); 4) здравоохранение (безопасность жизни и здоровья человека); 5) безопасность личности и общества.

Больше всего людей беспокоит экономическая сфера, так как именно она отвечает за безопасность человека в области доходов (рис. 1).

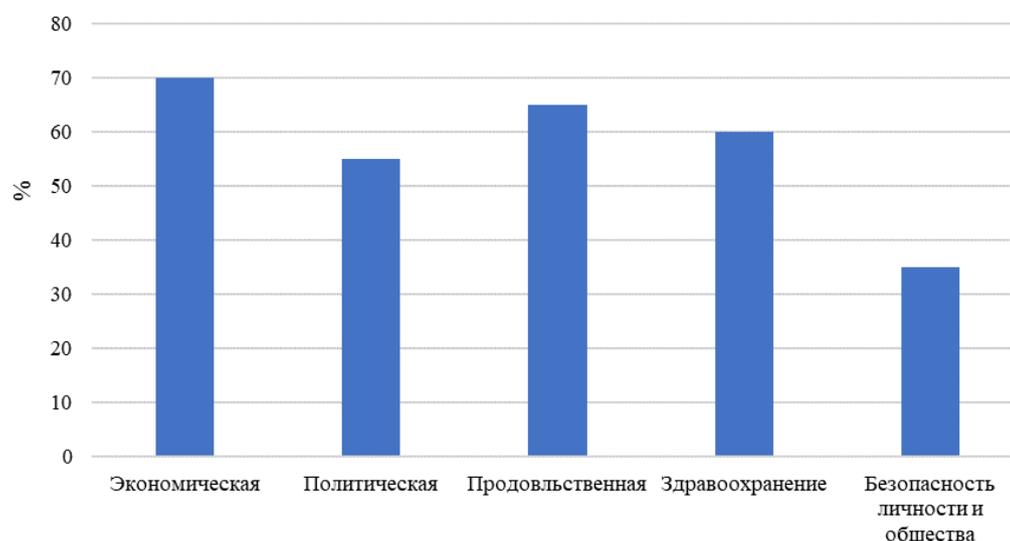


Рис. 1. Тревожность россиян по сферам жизнедеятельности

Систему социальной безопасности государства оценивают по его способности: а) не допускать эскалации социальной напряженности, то есть социальная поддержка, социальные пакеты, льготы, дотации, обучение и карьерный рост, так как это дает работнику уверенность в завтрашнем

дне); б) предотвращать деформацию и деградацию социальных институтов и социальной защищенности; в) обеспечивать устойчивость и совершенствование социальной структуры; г) поддерживать адекватность системы ценностных ориентации и культуры общества [3].

Проведенный анализ оценки социальной тревожности на примере ООО «Локон», в котором приняли участие 54 респондента, показал, что у сотрудников вызывает наибольшую тревожность уровень оплаты труда, несправедливое вознаграждение отличившихся сотрудников, отсутствие нормирования труда на рабочих местах в выполняемой работе.

Опросы показали разные виды тревожности, наблюдаемые у россиян (таблица).

Тревожность россиян по внешним и внутренним угрозам

Внешние угрозы	Внутренние угрозы
Санкции	Неравенство доходов и бедность
СВО	Дорогостоящее обучение в университетах
Инфляция	Демографический кризис
Снижение доходов на почве международных конфликтов	Экологические проблемы
Отключение от SWIFT	
Усиление террористических угроз	
Кибератаки	

Главная угроза, по мнению респондентов, исходит извне. Значительную тревожность вызывает международное положение РФ.

Пользуясь данными Росстата, мы проанализировали изменение среднемесячных начислений работникам в РФ (рис. 2) [1].

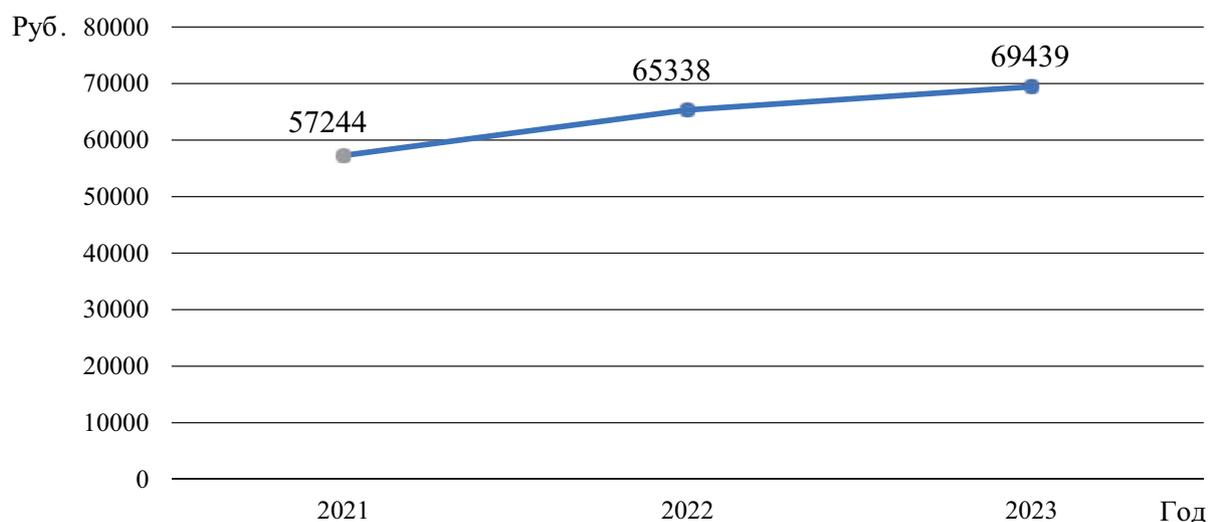


Рис. 2. Изменение среднемесячных начислений работникам в РФ

С 2021-го по 2022-й гг. среднемесячные начисления увеличились на 8094 руб., с 2022-го по 2023-й – на 4101 руб., то есть всего за два года начисления увеличились на 12195 руб. Однако с увеличением заработной платы увеличилась и стоимость фиксированного набора потребительских товаров и услуг (рис. 3).

Стоимость фиксированного набора потребительских товаров и услуг с 2021-го по 2023-й гг. выросла на 3113 руб.

По данным исследования, проведенного в центре независимых социологических исследований, можно констатировать наличие таких проблем в области социальной безопасности, как низкая заработная плата, недостаточное социальное обеспечение, низкий уровень индекса развития человеческого потенциала (образование, продолжительность жизни и доходы) и нестабильность целостности системы ценностей.

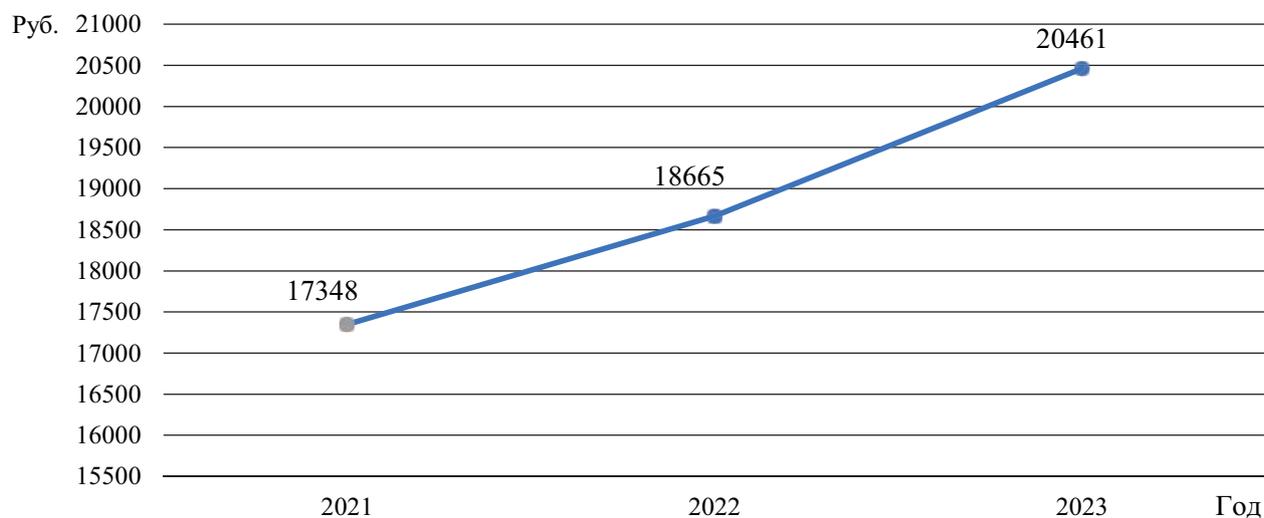


Рис. 3. Стоимость фиксированного набора потребительских товаров и услуг в РФ

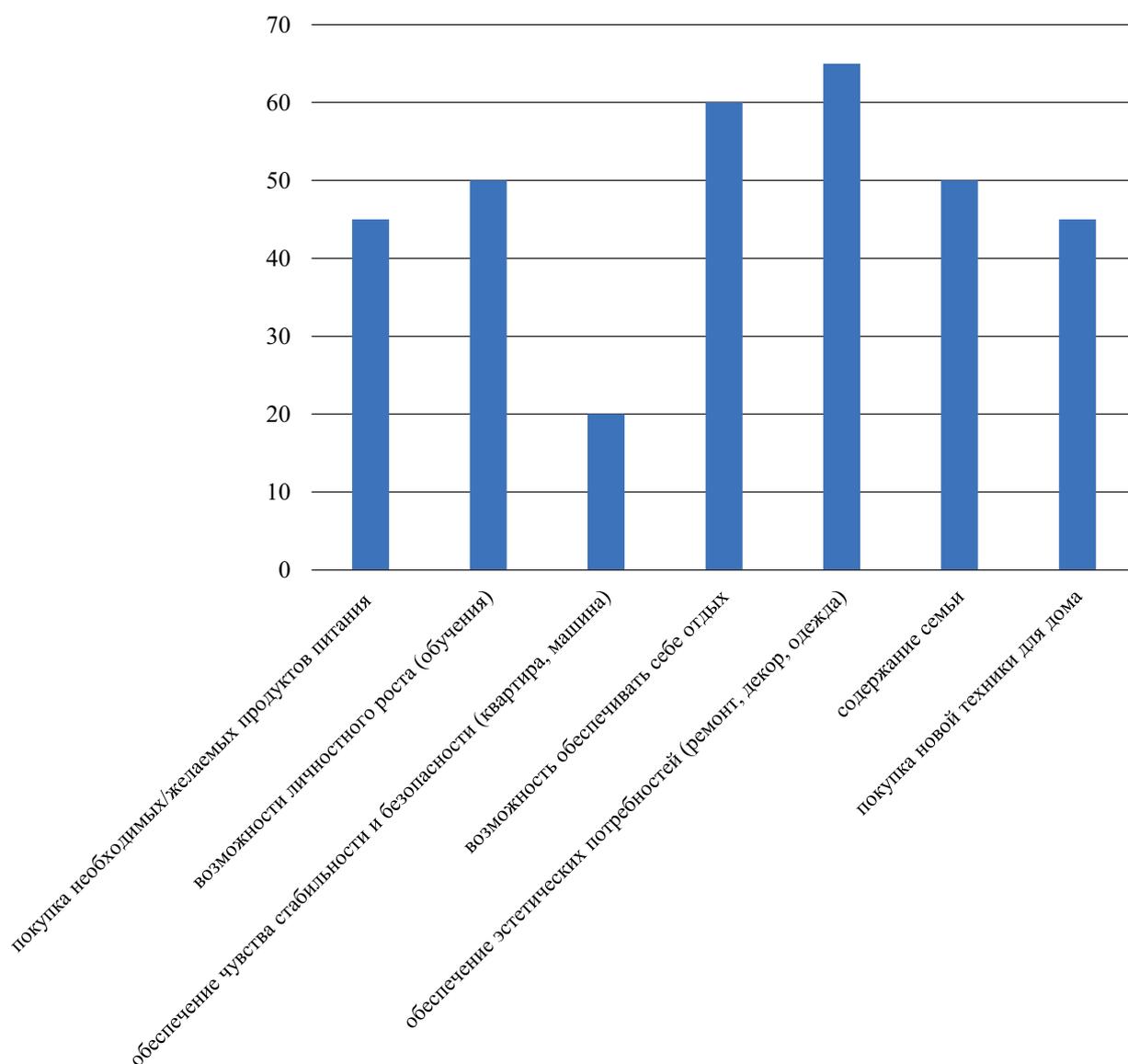


Рис. 4. Мнения респондентов по удовлетворению потребностей с помощью заработной платы

Ответы на вопрос – позволяет ли ваша заработная плата обеспечивать следующие потребности? – представлены на рис. 4.

Из рис. 4 совершенно ясно, что большая часть сотрудников не полностью может удовлетворить свои потребности на зарплату, то есть нет полного ощущения стабильности и безопасности.

Оценки других экономических факторов, влияющих на увеличение доходов населения (социальные выплаты, гос. гарантии, дотации), подтверждают, что доходы населения невысоки. Поэтому мы провели опрос: какие льготы могли бы уменьшить напряженность персонала по поводу доходов? Было выяснено мнение персонала о желаемых льготах (рис. 5).



Рис. 5. Желаемые льготы сотрудников

Самые желаемые льготы – социальный пакет, обучение и карьерный рост. Социальный пакет способствует пополнению бюджета работающего человека, повышает лояльность и мотивацию персонала. Здоровая конкуренция по поводу накопления баллов за хороший труд позволяет применять гибкие социальные пакеты как инструмент увеличения дохода. Правильное использование социальных пакетов способствует привлечению и удержанию высококвалифицированного персонала, мотивирует персонал и обеспечивает высокую производительность труда, формирует ощущение у работников социальной защищенности, улучшает имидж предприятия, увеличивает конкурентоспособность персонала, а также дает уверенность в завтрашнем дне.

Важным фактором социальной безопасности служит возможность обучения на предприятии. Анализ ответов показал, что сотрудники дополнительно обучаются в компаниях, но часто это не учитывается для дальнейшего роста по карьере.

Один из механизмов формирования мотивации – карьерный рост, поэтому в организации формируют кадровые резервы и применяют технологию зачисления в них.

Таким образом, формирование социальной безопасности в организации может достигаться внедрением социальных пакетов, разработкой программ как внутреннего, так и внешнего обучения персонала, а также возможностью карьерного роста. Все это в комплексе обеспечит мотивацию сотрудников к трудовой деятельности и повысит уровень их социальной безопасности, что будет давать им уверенность в завтрашнем дне, снизит тревожность и беспокойство за свое будущее. Такая корпоративная социальная политика будет эффективной только в том случае, если она реализуется рационально, то есть с учетом характерных особенностей менталитета людей, работающих в данной организации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Росстат (Федеральная служба государственной статистики). Социально-экономическое положение России. URL: <https://kt-khv.ru/2023/10/24/kak-oformit-rosstat-v-spiske-literatury> (дата обращения: 07.11.2023).
2. Кисляков, П. А. Безопасность образовательной среды. Социальная безопасность : учебное пособие для вузов. – 2-е изд. – М. : Изд-во Юрайт, 2023. – С. 156.
3. Мордвина, Е. Л. Мотивация персонала как результат мотивации трудовой деятельности / Е. Л. Мордвина // Наука и образование сегодня. – 2018 – № 2. – С. 41–48.

УДК 331.108.2

## РАЗВИТИЕ КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОСТИ РАБОТНИКОВ КАК ФАКТОР РОСТА ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА

О. А. Осташевская, канд. экон. наук, доцент кафедры «Управление персоналом»

С.С. Седова, 2 курс

Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара

Особенность современного взгляда на трудовой потенциал заключается в специфике структуры его элементов и многоаспектности взглядов на само понятие. Состав элементов трудового потенциала определяет направление его развития для современных организаций, а конкретизация направлений развития позволяет разработать эффективную политику мотивации и стимулирования персонала.

Современные условия функционирования российских компаний можно охарактеризовать как жесткие с точки зрения поддержания ими их жизнеспособности в конкурентной среде. В 2020–2023 гг. предприятия страны столкнулись сразу с несколькими проблемами: сокращение потребительского рынка из-за пандемии; переориентация на новые потребительские рынки и новые территориальные рынки сбыта, что обусловлено санкционным режимом и политическими событиями; изменения в международной деятельности страны, перезаключение контрактов на выпуск товаров в связи с изменениями в структуре выпуска (в частности, в лесопромышленной отрасли).

Все эти изменения отразились на деятельности транспортных компаний, которые являются связующим звеном между производителями и потребителями как на внутренних, так и на внешних рынках сбыта. Так, согласно официальным данным исследования Государственной транспортной лизинговой компании (ГТЛК), в 2022-м г. в результате сокращения сбыта на рынках Западной Европы объем погрузки на железнодорожном транспорте снизился на 3,8 % (по отношению к 2021 г.), в том числе каменного угля – на 4,6, железной руды – на 4, черных металлов – на 4,3, химических и минеральных удобрений – на 6,9, лесных грузов – на 24,8, промышленного сырья – на 13,1 [1]. Объем перевозок внутренним водным транспортом в 2021–2022 гг. снизился на 0,8 %, при этом наблюдался рост перевозок морским транспортом, что объясняется переориентацией направлений перевозок с запада на восток страны. Но на пассажирском транспорте в целом объем внутренних перевозок вырос, что связано с ограничением выезда пассажиров за рубеж. Так, например, коммерческие перевозки на авиатранспорте выросли с 5,2 до 70,4 %.

Изменения в структуре и направлении транспортной работы и требуют нового взгляда не только на развитие и инвестирование внутренней инфраструктуры, но и инвестирование в обучение работников транспортных компаний, связанных с организацией процессов перевозки. Уровень квалификации сотрудников транспортных компаний определяет рост трудового потенциала организации, обеспечивая более высокое качество транспортных услуг.

Таким образом, исследование уровня трудового потенциала, выявление особенностей формирования его структуры в транспортной отрасли становится одной из важных задач управления персоналом и определяет направления обучения сотрудников.

Но что подразумевается под понятием «трудовой потенциал»?

Определения трудового потенциала организации представлены в таблице.

Ориентация на клиента должна стать базовым направлением развития персонала транспортных компаний в целом, а менеджеров компаний, ориентированных на новые внешние рынки сбыта и внутренние перевозки, в особенности. Существует ряд проблем, с которыми сталкиваются ученые при оценке трудового потенциала.

## Сравнительная характеристика содержания понятия «трудовой потенциал»

Автор	Содержание понятия «трудовой потенциал»/ содержание структуры понятия «трудовой потенциал»	Особенности/достоинства понятия
К. В. Назмутдинова «Оценка трудового потенциала предприятия» [2]	Структура трудового потенциала организации включает социальные, функциональные, демографические, профессиональные, квалификационные и другие характеристики групп работников	Выделено, что трудовой потенциал организации оценивается «усилием» организации по повышению квалификации работников. Понятие потенциала организации сводится к суммированию потенциала работников
А. А. Юдичев «Содержание трудового потенциала» [3]	Трудовой потенциал как сложная социально-экономическая категория, с одной стороны, отражает уровень развития производительных сил, с другой, характеризуется сложной системой экономических отношений, тенденциями социально-политического развития, демографическими и национальными традициями, многочисленными социокультурными факторами	Достоинством определения является включенность в понятие потенциала совокупности факторов макросреды, формирующих взгляд на само понятие и на многоаспектность его оценки
А. А. Юдичев «Содержание трудового потенциала» [3]	Трудовой потенциал выражает возможности участия работников (или коллектива, предприятия) в труде и характеристику качеств, отражающих степень развития способностей и сил	Поставлен вопрос о рассмотрении потенциала как степени развития способности из максимально возможных
А. В. Яловега, А. Ш. Галимова «Проблема оценки трудового потенциала работников» [4]	Трудовой потенциал характеризуется следующими составляющими: психофизиологические возможности, возможность социально нормального общения, формирование новых идей, методов, образов, рациональность поведения, наличие знаний-навыков, необходимых для выполнения заданий, предложения на рынке труда	При рассмотрении трудового потенциала акцент ставится на его развитие в рамках шести компонентов с точки зрения знаний и умений сотрудников
Вотчель А. Д. «Трудовой потенциал организации»	Трудовой потенциал представляет собой сложноорганизованную социально-экономическую систему и характеризуется всей совокупностью свойств, им присущих [5]	Акцентируется внимание на понятии трудового потенциала как системы компонентов

Например, А. Д. Вотчель считает, что оценка трудового потенциала сводится к банальной оценке деловых качеств работник конкретного подразделения, а также к оценке соответствия сотрудника профессиональным требованиям [5]. Акцентуация внимания на деловых качествах сотрудника упрощает понятие потенциала наряду с трудностями оценки его элементов, а именно: многозначность самого понятия, отсутствие четких критериев оценки потенциала, отсутствие связей между понятием «трудовой потенциал» и «показатели трудовой деятельности», недостаточная изученность проблемы вопросов разработки системы целевых показателей трудового потенциала.

При измерении трудового потенциала сотрудника необходимо учитывать, что каждый работник имеет свой порог способностей, а потенциал – это максимальная возможность реализации усилий сотрудников. Однако повысить уровень достижимости этих усилий работника можно с помощью его обучения определенным направлениям деятельности.

Основные требования к сотрудникам, связанным с заключением и обслуживанием договоров на перевозку грузов: умение работать на современных электронных платформах, в том числе формировать, развивать и поддерживать клиентскую базу; умение вести документооборот, составлять транспортную отчетность; умение вести переговоры, заключать договоры; организация перевозок

грузов по РФ привлеченным транспортом (поиск перевозчиков, оформление заявок, координация и контроль хода ПРР и перевозки); планирование рейсов, маршрутизация и подбор оптимальных путей доставки.

Наиболее спрашиваемые компетенции – первые две (умение работать с базами данных клиентов и умение вести деловые переговоры).

Актуальность обучения специалистов транспортных компаний в рамках реализации политики клиентоориентированности отражена в нормативных документах транспортной отрасли, в том числе в [6]. Анализ существующих потребностей рынка специалистов транспортно-логистических компаний позволил сделать вывод о необходимости включения в программы повышения квалификации и переподготовки сотрудников следующие направления обучения: маркетинг персонала, информационные технологии в клиентском сервисе, правила и приемы делового общения (деловой этикет), обучение финансовой аналитике и основам финансового менеджмента. Выбор связан с методикой оценки трудового потенциала сотрудников, в большинстве случаев основанной на системе сбалансированных показателей, ключевые из которых – влияние сотрудника на рост клиентской базы, отсутствие жалоб клиентов, возвратность дебиторской задолженности по группе клиентов.

Унифицированный характер обучения и разработка программ, ориентированных на развитие компетенции клиентоориентированного сервиса в процессе организации грузовых перевозок, способствует не только повышению трудового потенциала самого сотрудника и квалификационного потенциала организации, но и развитию методологии оценочной деятельности сотрудника.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование рынка перевозок государственной лизинговой транспортной компании. <https://gtlk.ru/upload/iblock/80c/> (дата обращения: 18.11.2023).
2. Назмутдинова К. В. Оценка трудового потенциала предприятия // Вестник магистратуры. – 2023. – № 1-2 (136). – С. 91–96.
3. Юдичев А. А. Содержание трудового потенциала // Актуальные вопросы экономических наук. – 2009. – № 10. – С. 127–131.
4. Яловега А. В., Галимова А. Ш. Проблема оценки трудового потенциала работников // Вестник науки. – 2023. – № 1 (58), т. 3. – С. 180–185.
5. Вотчель А. Д. Трудовой потенциал организации // Экономика и социум. – 2019. – № 1 (56). – С. 332–335.
6. Распоряжение ОАО «РЖД» № 2757 р «О введении в действие стандарта по качеству в процессе управления персоналом «Обучение и повышение квалификации»» от 03.12.2019.

УДК 37.017.7

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ВУЗЕ

В. В. Гаврилова, канд. философ. наук, доцент  
Пермский институт железнодорожного транспорта УрГУПС, г. Пермь

Сегодня существует определённый конфликт на рынке труда между ожиданиями работников и нанимателей. Не всегда работники готовы удовлетворять тем требованиям, которые работодатели к ним предъявляют. Да и молодые специалисты больше склонны менять место работы, если их ожидания не соответствуют реальности [1].

Профессиональное образование оказалось в довольно непростом положении. С одной стороны, учебные заведения должны работать в рыночных условиях, удовлетворяя заказ работодателей, с другой, они ориентируются на потребности абитуриентов как участников рыночного процесса, с третьей, вузы, получая поддержку государства, обязаны следовать ГОСам. Не всегда эти требования совпадают. Образовательные программы содержат компетенции, записанные в профессиональных стандартах. Процесс достижения соответствия идёт постоянно.

В свою очередь, компании также стремятся выстроить требования к образованию своих сотрудников. Приказ № 78 не только определил для каждой должности необходимый уровень образования и направление подготовки, но и конкретные специальности претендента. Требования к образованию в компании ОАО «РЖД» теперь соответствуют перечню тех специальностей и направлений подготовки, которые приняты Минобразом. Работники, уже занимающие должность, но не имеющие соответствующего образования, будут проходить плановую переподготовку. Здесь существует хорошая возможность объединить усилия железнодорожных вузов и ОАО «РЖД». Мы не будем касаться всех компетенций, которыми должен обладать работник железной дороги, обратимся к личностным (общекультурным) компетенциям. Согласно корпоративным требованиям к квалификации работников компании «РЖД» с высшим и средним профессиональным образованием, работник должен обладать следующими общекультурными компетенциями: способность работать с информацией для достижения целей, управлять своей устной и письменной речью, готовность к использованию иностранного языка, способность уважительного отношения к истории и культуре своей страны, находить решения в рабочих моментах и нести за них ответственность, готовность использовать нормативные правовые документы в своей деятельности и к работе в коллективе, способность профессионального развития, быть активным субъектом экономической деятельности, использовать в работе знания гуманитарных наук, сохранять и защищать экосистему, готовность самостоятельного поддержания необходимой для работы физической формы и владение правилами делового этикета [2].

Новые компетенции, необходимые работникам РЖД: инновативность, клиентоориентированность, ответственность за результат, организованность рабочего процесса, умение работать в команде, забота о развитии сотрудников, умение работать с информацией, комплексное мышление (внимание к деталям и общей картине) [3]. Как можно заметить, востребованы именно общекультурные компетенции работников. Следовательно, обучение в вузе должно включать не только изучение специальных предметов, но и широкий спектр других дисциплин.

Насколько студенты железнодорожного вуза отвечают данным ожиданиям и способны в дальнейшем стать полноценным трудовым ресурсом для ОАО «РЖД»? Мы используем данные опросов студентов ПИЖТ УрГУПС и УрГУПС за 2022 г. и 2023 г. В ходе наблюдения было опрошено в 2022 г. 255 студентов очной формы обучения УрГУПС, 13 студентов-очников ПИЖТ УрГУПС, в 2023 г. – 27 студентов очной формы обучения и 48 студентов заочной формы обучения ПИЖТ УрГУПС.

Способность работать с информацией, использовать речевые навыки и гуманитарные знания, умение анализировать, комплексное мышление традиционно (нагляднее всего) формируется в процессе чтения и осмысления прочитанного.

Как показывают данные опросов, 20 % студентов не читают совсем. Предпочтение отдаётся художественной литературе (таблица 1). На втором месте научно-популярная литература, на третьем месте – специальная. Большинство студентов не рассматривает чтение как предпочтительную форму досуга.

Таблица 1

Отношение к чтению

	2022 г.		2023 г.	
	УрГУПС	ПИЖТ	ПИЖТ	ПИЖТ (заочное)
Литературные предпочтения				
Художественная	47,1	76,9	50	45,8
Научно-популярная	18,8	–	30,8	27,1
Специальная	12,9	–	–	18,8
Не читаю	21,2	23,1	19,2	9,3
Прочитанные книги/год, кол-во				
Минимум	1	1	1	0
Максимум	60	15	15	30
Посещение библиотек				
Регулярно	0,4	7,7	3,9	4,2
По необходимости	19,2	23,1	34,6	27,1
Электронные	32,2	23,1	26,9	22,9
Не посещаю	48,2	46,2	34,6	45,8
Чтение как досуг	9,8	7,7	–	2,8
Чтение в Интернете	1,2	–	4	–

Частота посещения театров и выставок, просмотра фильмов представлена в таблице 2. Примерно 40 % студентов театры не посещает, около 30 % посещает раз в год. Театр воспринимается скорее как развлекательное мероприятие (около 20 % выбирают комедийные постановки). С посещением кинотеатров дело обстоит лучше. Выставки как форму проведения досуга большая часть студентов не рассматривает.

Таблица 2

Посещение театров, кино, выставок

	2022 г.		2023 г.	
	УрГУПС	ПИЖТ	ПИЖТ	ПИЖТ (заочное)
Посещение театров				
1 раз в месяц	5,7	–	11,5	2,4
1 раз в квартал	6	7,7	15,4	11,6
1 раз в полгода	16,9	15,4	7,7	18,6
1 раз в год	30,6	30,8	42,3	39,5
Не посещаю	40,8	46,2	23,1	27,9
Предпочитаемые спектакли				
Классика	7,5	–	15,4	9,3
Авангард	2,7	–	–	–
Драмы	9	–	3,85	11,6
Комедии	22,7	23,1	23,1	16,3
Трагедии	2	–	3,85	7
Разные	56,1	76,9	53,8	55,8

Окончание табл. 2

	2022 г.		2023 г.	
	УрГУПС	ПИЖТ	ПИЖТ	ПИЖТ (заочное)
<b>Посещение кинотеатров</b>				
1 раз в месяц	26,3	7,7	42,3	18,6
1 раз в квартал	20	46,2	3,9	39,5
1 раз в полгода	28,2	23,1	15,4	23,3
1 раз в год	13,7	15,4	19,2	14
Не посещаю	11,8	7,7	19,2	4,6
<b>Предпочитаемые фильмы</b>				
Художественные	6,6	7,7	3,85	2,5
Документальные	6	–	15,4	4,3
Анимационные	4	7,7	–	–
Мелодрамы	6	7,7	–	2,5
Приключения	9,8	–	3,85	7
Комедии	9,4	15,4	15,4	11,6
Разные	59,2	61,5	61,5	72,1
<b>Посещение выставок</b>				
1 раз в месяц	3,1	–	7,7	–
1 раз в квартал	2	7,7	–	9,3
1 раз в полгода	11	–	3,8	2,3
1 раз в год	18,8	15,4	15,4	16,3
Не посещаю	65,1	76,9	73,1	72,1

Традиционные форматы образовательной и воспитательной деятельности для формирования нужных компетенций должны быть дополнены или изменены. Тем более что доля выбравших Интернет как удобное средство получения информации постоянно увеличивается (таблица 3). К тому же, растёт вариативность использования Инета. Студенты предпочитают использовать Интернет в большей степени не для учебной деятельности, а для личных дел. Этот момент также нужно учитывать. Возможности Интернета обширны, но это порождает желание использовать их по своему усмотрению. Популярность новых коммуникативных технологий основывается также на свободе выбора. Навязывание каких-либо интернет-продуктов для решения образовательных задач может вызывать отторжение и неприятие, т.к. ломает ощущение свободы выбора.

Таблица 3

Отношение к интернету

	2022 г.		2023 г.	
	УрГУПС	ПИЖТ	ПИЖТ	ПИЖТ (заочники)
Компьютерные игры (место из 9)	9	7	4	6
Интернет – это				
удобство получения информации	74,1	92,3	80,8	93
сервисные службы	1,2	–	4	–
средство общения	11,4	7,7	7,2	–
игры	5,8	–	4	5
просмотр ленты событий	0,4	–	–	2
собственные публикации	0,4	–	–	–
прослушивание музыки	5,5	–	–	–
чтение книг	1,2	–	4	–

Работа на железной дороге тяжёлая физически и психологически. Нагрузки на работников достаточно велики. Поэтому будущий работник должен будет уметь самостоятельно поддерживать свою физическую форму. Данные опросов говорят, что большинство студентов периодически занимается спортом, примерно четверть студентов ставит эти занятия на первое место в структуре свободного времени (таблица 4).

Таблица 4

Занятие спортом

Занятие спортом	2022 г.		2023 г.	
	УрГУПС	ПИЖТ	ПИЖТ	ПИЖТ (заочники)
Профессиональные	12,9	7,7	38,5	9,3
Периодические	59,2	76,9	46,2	60,5
Эпизодические	18,4	7,7	3,8	20,9
Не занимаюсь	9,4	7,7	11,5	9,3
Выбрали занятия спортом в свободное время	13,7	7,7	33,3	27,9
Спорт на первом месте при ранжировании способов досуга	24,3	15,3	51,8	31,2

Ответственность за результаты работы, умение находить решения и работать в команде также могут быть рассмотрены через выбор вуза, отношение к учёбе, дальнейшее трудоустройство, жизненную позицию (таблица 5).

Таблица 5

Выбор вуза, интерес к учёбе, будущая работа

	2022 г.		2023 г.	
	УрГУПС	ПИЖТ	ПИЖТ	ПИЖТ (заочники)
Выбор вуза				
Самостоятельно	64,3	53,8	57,7	88,4
По совету родителей, родственников	17,6	30,8	30,8	4
По совету друзей/знакомых	5,2	–	3,8	5
Случайно	12,9	15,4	7,7	2,6
Интерес к учёбе				
Очень интересно	34,9	23,1	42,3	60,5
Только спецпредметы	42	23,1	38,5	34,9
Время от времени	18	46,2	15,4	2,3
Нет интереса	5,1	7,7	3,8	2,3
Собираюсь работать				
В данном направлении	46,3	61,5	50	74,4
В смежном направлении	45,1	15,4	34,6	23,3
Нет	8,6	23,1	15,4	2,3
Жизненная позиция				
Бунтарь	7,8	–	3,8	4,6
Лидер	24,7	23,1	19,2	32,6
Активист	32,5	61,5	42,3	18,6
Конформист	9,8	–	3,8	14
Оппозиционер	7,2	–	3,8	4,6
Непричастность	18	15,4	26,9	25,6

Доля тех студентов, которые выбрали вуз самостоятельно, достаточно высока, есть и интерес к обучению. Большая часть студентов так или иначе собирается работать на железной дороге или в смежной отрасли, где полученные знания пригодятся. Большинство студентов позиционирует себя как активных людей, что может говорить о возможности принимать решения и отвечать за результаты работы в дальнейшем. Можно констатировать, что основная часть выпускников будет работать в ОАО «РЖД». Проблема заключается в другом: какая часть из пришедших выпускников останется работать именно на железной дороге?

Из анализа данных видим, что система подготовки студентов в системе УрГУПС стремится соответствовать тем требованиям, которые ключевой работодатель предъявляет к своим работникам. Большинство опрошенных студентов уже на начальном этапе обучения демонстрирует неплохой потенциал для формирования необходимых навыков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вишневецкий Ю. Р. Профессиональные стратегии и ценностные ориентации молодёжи в условиях экономического кризиса. URL: <http://hdl.handle.net/10995/21938> (дата обращения: 08.11.2023).
2. Корпоративные требования к квалификации работников ОАО «РЖД» с высшим и средним профессиональным образованием. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=212&accessible=true&ysclid=lp5griqrj4f607254056> (дата обращения: 19.11.2023).
3. Саратов С. Модель корпоративных компетенций ОАО «РЖД»: ориентиры для работы HR. URL: <https://universitetrzd.ru/magazines/hr-partner-4-2020/sergey-saratov-nachalnik-departamenta-upravleniya-personalom-oao-rzhd-model-korporativnykh-kompetents/?ysclid=lp5qdbjyub361992242> (дата обращения: 19.11.2023).

УДК 349.2

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕДОСМОТРОВ ВОДИТЕЛЕЙ

М. С. Лебедев, канд. пед. наук, доцент

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Дистанционная форма работы – это следствие подстройки рынка труда под новые постпандемические условия. В различных отраслях экономики имеется своя специфика реализации «удаленки» с учетом особенностей производства и возможностей конкретных работодателей. На транспорте одна из актуальных задач управления персоналом – внедрение дистанционных медосмотров водителей.

С 1 сентября 2023 года предрейсовые и послерейсовые медицинские осмотры водителей можно проводить не только очно, но и дистанционно. Правовой базой, регламентирующей порядок и условия проведения дистанционных медосмотров на транспорте, выступает ряд федеральных законов и подзаконных актов [1–3].

Дистанционные медосмотры водителей имеют ряд преимуществ перед очными, что делает их удобными для водителей и транспортных компаний: экономия времени и ресурсов работодателей и работников за счет возможности проведения дистанционных медосмотров в любое время и в любом месте, улучшение качества обслуживания, так как дистанционные медосмотры позволяют быстрее выявлять опасные состояния водителей, что повышает безопасность на дорогах, снижение влияния человеческого фактора на результаты обследования посредством использования автоматизированных систем проведения дистанционных медосмотров.

Законодательство разрешает применять телемедицинские технологии для оказания медпомощи через специальные программно-аппаратные комплексы (ПАК) [4].

Работодатели могут купить или арендовать любой зарегистрированный в реестре Росздравнадзора ПАК для дистанционных медосмотров.

### Порядок проведения дистанционного медосмотра на транспорте

Для начала необходимо подтвердить личность водителя с помощью биометрии (видеоизображение, запись голоса). Далее проводится медосмотр по алгоритму: 1) сбор медработником жалоб водителя на самочувствие; 2) визуальный осмотр медработником видимых кожных покровов водителя, измерение ПАК требуемых для выпуска водителя на рейс параметров. В случае выявления признаков опьянения проводится тестирование на алкоголь алкометром. Эти сведения автоматически передаются медику для составления заключения.

Чтобы медработник имел право проводить осмотр водителей дистанционно, он должен иметь медицинское образование (не ниже среднего) и действующую лицензию; он и его организация должны быть включены в базу ЕГИСЗ; иметь доступ к сайту Госуслуг и удостоверение, подтверждающее повышение квалификации.

Для того чтобы снизить вероятность допуска водителей, имеющих зависимость от наркотических и психотропных веществ, не реже двух раз в год их направляют на очные химико-токсикологические исследования.

Дистанционный медосмотр не допускается для некоторых категорий водителей. Водители, занятые перевозкой опасных грузов и организованных групп несовершеннолетних детей, должны проходить медосмотр только очно (порядок медосмотров по приказу от 15.12.2014 № 835н).

Возможность проведения дистанционных медосмотров водителей транспортных средств позволит фиксировать и сохранять сведения о результатах медицинских осмотров работников, которые не хранятся при проведении очного медосмотра.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства РФ от 30.05.2023 N 866 «Об особенностях проведения медицинских осмотров с использованием медицинских изделий, обеспечивающих автоматизированную дистанционную передачу информации о состоянии здоровья работников и дистанционный контроль состояния их здоровья» // Официальное опубликование федеральных актов: URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202305310055> (дата обращения: 24.11.2023).
2. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 30.05.2023 № 266н «Об утверждении Порядка и периодичности проведения предсменных, предрейсовых, послесменных, послерейсовых медицинских осмотров, медицинских осмотров в течение рабочего дня (смены) и перечня включаемых в них исследований» // Официальное опубликование федеральных актов: URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202306010013> (дата обращения: 24.11.2023).
3. Федеральный закон от 29.12.2022 № 629-ФЗ «О внесении изменений в статью 46 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» и статью 23 Федерального закона «О безопасности дорожного движения»» // Официальное опубликование федеральных актов: URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202212290120> (дата обращения: 24.11.2023).
4. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» // Консультант плюс: URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_121895/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/) (дата обращения: 24.11.2023).

УДК 331.1, 316.47

## УДОВЛЕТВОРЕННОСТЬ ТРУДОМ КАК ИНДИКАТОР СОГЛАСОВАННОСТИ ИНТЕРЕСОВ РАБОТОДАТЕЛЯ И СОТРУДНИКА

Т. В. Окунева, старший преподаватель кафедры «Управление персоналом и социология»

О. Н. Шестопалова, канд. социолог. наук, доцент кафедры «Управление персоналом и социология»  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

В настоящих условиях деятельность организации, ее функционирование и развитие отличается несколькими обстоятельствами. Во-первых, высокий уровень неопределенности внешней среды и социально-экономический, политический, демографический кризис, во-вторых, соискательский рынок труда и повышенные требования работников ко всем составляющим трудовой деятельности; в-третьих, полнота и скорость распространения информации, возможность сравнивать рабочие места у разных работодателей и выбирать те, которые в большей степени соответствуют ожиданиям [1–2]. При этом каждая организация, определяя стратегии развития и работы с персоналом, стремится создать условия для максимально эффективного использования всех ресурсов, возможности реализации трудового потенциала работников и повышения уровня их удовлетворенности трудом. В свою очередь, сотрудники понимают, что наиболее подходящее рабочее место представляет собой компромисс между различными аспектами трудовой деятельности [3–4], включая возможности карьерного, профессионального роста, самореализации, достойного уровня вознаграждения и качества взаимоотношений в организации.

Однако руководители организации и специалисты по управлению персоналом не всегда могут отслеживать уровень удовлетворенности своих работников, их требования к организации и рабочему месту. Особенно, если не сталкиваются с серьезной текучестью кадров или организационные отношения сбалансированы относительно целей работников и организации, а также в условиях недостаточной компетентности в вопросах проведения социологических исследований и диагностики качественных характеристик системы управления. В этом случае возникает необходимость выявить отношение к текущим организационными условиями (по ряду важнейших аспектов) и оценить потенциально неудовлетворенные потребности работников, которые могут стать актуальными в ближайшее время. Это позволит реагировать на возникающие вызовы со стороны внешней и внутренней среды организации, использовать действенные инструменты мотивации, актуальные стимулы, способствовать закреплению персонала и повышению его лояльности.

Удовлетворенность трудом в организации исследовалась достаточно широким кругом отечественных и зарубежных авторов, анализ работ которых показал значительный интерес к выявлению соответствия между тем, что работники ждут от труда и их фактическим опытом, установлению детерминант, способствующих повышению степени адаптированности к организации и условиям труда, атмосфере в коллективе, а также возможности удовлетворить свои потребности на рабочем месте [5–7]. В целом, это комплексное понятие, которое охватывает все аспекты труда и отражает множество субъективных и объективных факторов, его можно рассматривать как показатель организационной эффективности и согласованности интересов работодателя и сотрудника. Исследование удовлетворенности персонала основными аспектами труда позволяет понять, насколько кадровая политика позволяет сотрудникам реализовать свои потребности, а применяемые управленческие практики эффективны в работе с персоналом, способствуют закреплению и удержанию работников в организации.

Таким образом, существует объективная необходимость изучать уровень удовлетворенности трудом в целом и отдельными параметрами трудовой жизни, определять актуальный для работников набор мотивов и стимулов, соотносить его с используемыми в организации, а также определять желаемые для персонала направления улучшения качества их трудовой жизни для формирования

решения о кадровой политике. Традиционно российские работодатели ограничиваются изучением удовлетворенности трудом, мотивационными условиями и возможностями, в меньшей степени уделяя внимание исследованию приоритетов и их взаимосвязи с текущей кадровой политикой в вопросах повышения качества трудовой жизни, что дает на сегодняшний день в целом неполную картину данных.

Для изучения не только уровня удовлетворенности трудом и отдельными ее составляющими, рейтинга наиболее используемых и востребованных организационных стимулов, а также предпочтений персонала в направлениях реализации кадровой политики авторами в октябре-ноябре 2023 г. на предприятиях транспортной и промышленной отрасли Екатеринбурга и Свердловской области проведено анкетирование. Выборка включает 569 человек, из них 61,2 % мужчин и 38,8 % женщин, 15,3 % руководителей, 44,5 % специалистов, служащих и 40,2 % рабочих. Преобладают работники в возрасте 41–50 лет (27,8 %), а также в возрасте 31–45 лет (22 %).

Результаты исследования демонстрируют достаточно высокий уровень удовлетворенности сотрудников текущим местом работы (77,0 %). В большей степени работники удовлетворены графиком работы (89,8 %), условиями труда и отдыха (74,6 %), а в меньшей – объемом рабочей нагрузки (69,9 %), качеством распределения обязанностей (68,5 %) и системой льгот и привилегий (51,5 %). При этом существенных различий в оценках по таким характеристикам опрошенных, как пол или возраст мы не отметили. Здесь стоит остановиться на таком аспекте, как удовлетворенность размером вознаграждения (уровнем заработной платы). В среднем лишь каждый второй работник организации этим показателем удовлетворен частично или полностью [8]. Между тем, деньги как мотиватор к формированию требуемого организационного поведения и удовлетворения потребностей недостаточно эффективен, удовлетворенность от его повышения очень быстро снижается, и для поддержания ее стабильно высокого уровня требуется постоянно увеличивать размер вознаграждения. Это невозможно как для работодателя, финансовые ресурсы которого в рыночных условиях ограничены, так и для работника, поскольку увеличение размера вознаграждения без возрастания сложности, объема работы не будет оценено должным образом.

Подавляющее большинство респондентов (83,1 %) удовлетворено содержанием труда. Их устраивают задачи, над которыми они работают, и процессы, в которых участвуют. При этом разница в удовлетворенности содержанием труда в зависимости от категории персонала небольшая: 90,9 % руководителей, 85,7 % специалистов и 77,3 % рабочих.

Кроме того, инструмент предполагал изучение основных мотиваторов работников персонала, среди которых помимо возможности увеличения дохода карьерный, профессиональный рост (41,1 %), признание трудовых заслуг и уважение коллег (29,3 %), а также возможность проявить свои способности, найти свое призвание (21,3 %) (рис. 1)



Рис. 1. Рейтинг мотиваторов трудовой деятельности, % к числу ответивших, N = 569

Несмотря на невысокий уровень удовлетворенности уровнем заработной платы, а также системой льгот и привилегий, этот аспект не попал даже в пять самых наиболее востребованных для изменения сторон трудовой жизни: лишь 3,5 % респондентов отметили его как приоритетный<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Вопрос не содержал варианта ответа, связанного с материальным аспектом, что позволило оценить структуру и соотношение действительно важных аспектов организационных отношений и ожиданий.

В большей же степени работников интересует возможность обучения и развития (43,1 %), улучшение условий труда (38,3 %), перспективы карьерного роста (37,8 %) (рис. 2).



Рис. 2. Рейтинг аспектов трудовой жизни, в которых работники хотели бы положительных изменений, в % к числу ответивших,  $N = 569$

Наименее удовлетворенные размером вознаграждения рабочие в большей степени хотели бы изменений не в сфере оплаты (2,6 %), а улучшении условий труда (48,5 %), возможности обучения и развития (38 %), а также перспективы карьерного роста (37,8 %). Чуть больше хотели бы изменений в размере вознаграждения специалисты, но и для них это показатель незначителен (4,6 %). Для этой группы персонала в тройку лидеров помимо возможностей обучения (46,2 %) и перспектив карьерного роста (43,5 %) входит такой аспект, как «баланс работы и личной жизни» (41,9 %). Думается, это связано с тем, что деятельность большинства рабочих может быть реализована только в пределах рабочего места, и поэтому границы между рабочим и личным временем выстроить проще. Для специалистов и служащих возможно размывание границ, им не требуется специального оборудования, и они могут быть заняты рабочими обязанностями вне организации.

Баланс работы и личной жизни как аспект для улучшения находится на первом месте в рейтинге руководителей (55,2 %), на втором месте для них – возможности обучения и развития (47,1 %), на третьем одновременно два аспекта: условия труда, а также понимание целей и задач предприятия (по 28,7 %). В отношении развития, думается, что для руководителей в большей степени имеется в виду профессиональное развитие, связанное с актуализацией знаний, поддержание конкурентоспособности и актуализации имеющегося опыта профессиональной деятельности в соответствии с имеющимися теоретическими наработками.

Итак, при высоком уровне интереса к увеличению размера вознаграждения персонал отметил значимость таких мотиваторов, как карьерный и профессиональный рост, признание трудовых заслуг и возможность проявить себя, найти свое призвание. Такая структура организационных стимулов, если опустить финансовую составляющую, показывает неудовлетворенные потребности в достижении, самореализации и признании. В целом, это говорит о недостаточном использовании таких методов морального стимулирования персонала, как награждение и информирование, необходимость создания определенной организационной атмосферы, которая бы подсветила результаты как отдельных работников, так и подразделений, значимость их вклада в общий результат.

Исследование позволило выявить ряд особенностей согласования интересов работников и работодателей в системе организационных отношений. Высокий уровень удовлетворенности условиями труда, режимом работы, а также условиями отдыха и в меньшей степени перспективами карьерного и профессионального роста, возможностями соучастия персонала в принятии организационных решений говорит об ориентации руководителей на базовые потребности. В то же время остальным аспектам организационных отношений, способных удовлетворить более сложные социальные потребности, работодатели уделяют меньше внимания, что и определяет структуру наиболее приоритетных, с точки зрения работников, аспектов для улучшения их трудовой жизни.

Именно поэтому, если исключить финансовую составляющую из фокуса внимания респондентов, акцент смещается в область, которая отвечает за реализацию трудового и человеческого потенциала, необходимость создания благоприятного социально-психологического климата, но требует от руководителей применения управленческих, лидерских компетенций, которые готовы реализовать на сегодняшний момент лишь небольшая доля управленцев.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Потемкин В. К. Социальные оценки процессов взаимодействия работников крупных промышленных предприятий // Телескоп. – 2022. – № 4. – С. 35–43.
2. Скрипниченко Л. С. Управление удовлетворенностью трудом персонала // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. – 2020. – Т. 9, № 5. – С. 33–37.
3. Зелюкова Е. В., Караваева Л. П., Оникко А. А. Механизм формирования и поддержания организационного доверия на предприятиях транспортной отрасли // Вестник УрГУПС. – 2023. – № 3 (59). – С. 56–66.
4. Харченко В. С. Социальное самочувствие персонала организации: методики изучения основных HR-индикаторов (удовлетворенность, вовлеченность, лояльность и мотивация) // Управление культурой. – 2022. – № 2 (2). – С. 4–15.
5. Зоркова В. А., Козлова В. Э. Технология оценки удовлетворенности трудом персонала современной организации // Вестник экономики, права и социологии. – 2022. – № 3. – С. 152–155.
6. Павлова Н. В. Удовлетворенность персонала как показатель эффективности кадровой работы // Гуманитарный научный журнал. – 2022. – № 2. – С. 15–22.
7. Карпенко Е. З., Новикова Е. В. Производительность труда и удовлетворенность работой // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2022. – № 11 (145). – С. 134–141.
8. Окунева Т. В., Шестопалова О. Н. Забота о психоэмоциональном благополучии сотрудников как компонент организационной культуры // Труд и социальные отношения. – 2023. – Т. 34, № 5. – С. 114–128.

УДК 316.423

## К ВОПРОСУ О ФАКТОРАХ ЦИФРОВОГО НЕРАВЕНСТВА ПОКОЛЕНЧЕСКИХ ГРУПП В СОВРЕМЕННОМ РОССИЙСКОМ ОБЩЕСТВЕ: РЕЗУЛЬТАТЫ ЭМПИРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

А. А. Чижов, ведущий специалист отдела реализации государственной политики в сфере здравоохранения Министерства здравоохранения Свердловской области, Екатеринбург  
Т. В. Дуран, канд. социолог. наук, доцент кафедры «Управление персоналом и социология» Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Процессы цифровизации влияют на сферы социальной жизни и отношения между поколениями, требуют комплексного исследования в связи с тем, что роль цифровых технологий в общественной жизни возрастает. Наряду с преимуществами – повышение качества жизни, рост производительности труда – применение цифровых технологий сопровождается появлением проблем, требующих понимания и решения. Это, например, формирование цифрового неравенства между различными социальными группами и общностями, прежде всего разными поколенческими группами. Явными проявлениями цифрового неравенства поколенческих групп выступают уровень цифровой грамотности, наличие физического доступа к цифровым продуктам.

Существует значительная разница по частоте пользования компьютером и уровню активности в Интернете среди поколенческих групп. Так, поколение людей, родившихся в 1981–1996 гг., значительно чаще пользуется компьютером и Интернетом, чем старшие поколения [1].

Цифровое неравенство может быть рассмотрено как новая форма социальной стратификации как между поколенческими группами, так и внутри них, которая выступает, в свою очередь, фактором, обуславливающим в условиях современности другие виды неравенства. Цифровое неравенство формирует экономическое неравенство и определяет неравенство на рынке труда: индивиды, у которых развиты цифровые навыки, более востребованы на рынке труда, их труд более оплачивается, тогда как индивиды, не имеющие развитых цифровых навыков, имеют менее оплачиваемую работу и могут быть сокращены из-за структурной безработицы. Последствиями цифрового неравенства выступают растущая невключенность групп индивидов, не использующих цифровые технологии, в социально значимые отношения, увеличивающиеся экономическое, культурное неравенства, неравенство профессий.

Цифровое неравенство может существовать на нескольких уровнях [2]. Первый уровень представляет собой доступность цифровых услуг. Результаты опросов и интервью позволили установить, что определяющими факторами внутр поколенческого неравенства первого порядка являются место проживания, образование и сфера занятости. Большинство респондентов, отметивших, что имеют беспрепятственный доступ к цифровому контенту и удовлетворены качеством Сети, проживают в Екатеринбурге либо крупном городе, имеют высшее образование, послевузовское профессиональное образование или научную степень, а также работают в сферах, где необходимо знание компьютера (инженеры, специалисты технического профиля, государственные, муниципальные служащие, фрилансеры, специалисты экономического и финансового профиля, специалисты в сфере науки, работники сферы образования, здравоохранения, культуры). Представители поколенческих групп, отметивших наличие проблем при взаимодействии с цифровым контентом, как правило, проживают в небольших городах или сельской местности, имеют образование не выше среднего профессионального и заняты в рабочих профессиях, в сельском хозяйстве или не работают (на пенсии). Наиболее существенны различия между индивидами возрастных групп 30–40 и 40–50 лет (рис. 1).

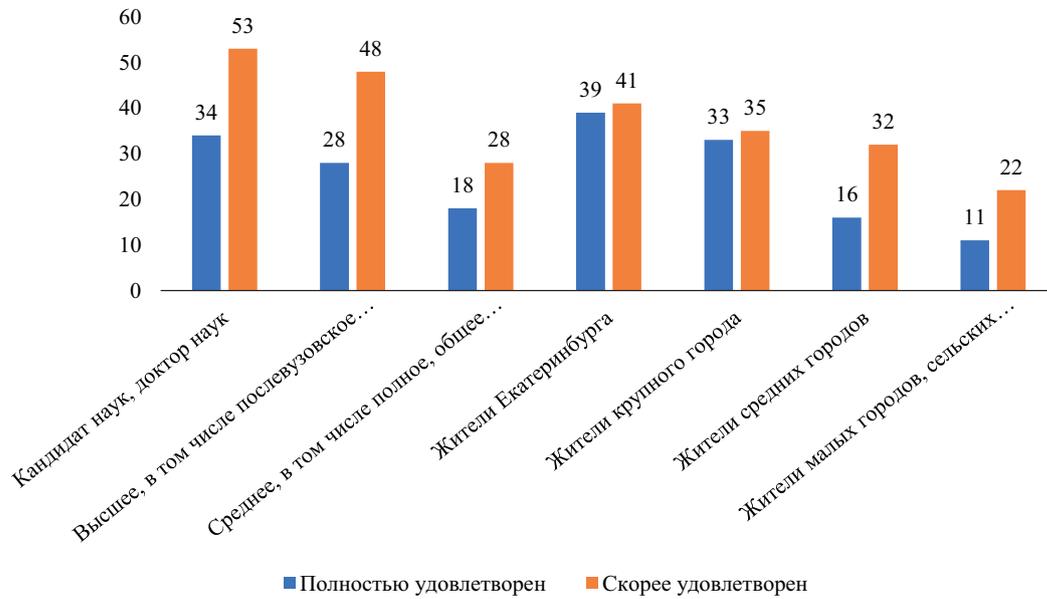


Рис. 1. Степень удовлетворенности качеством подключения к Интернету респондентов по уровню образования и местности проживания (% к числу опрошенных)

В Свердловской области сохраняется цифровое неравенство первого порядка, определяемое наличием у индивидов электронного устройства с выходом в Сеть, качеством соединения и также доступностью цифровых услуг.

Второй уровень цифрового неравенства характеризуется степенью развитости цифровых умений и навыков индивидов. Согласно итогам исследования цифровой грамотности россиян, индекс цифровой грамотности в 2021 г. составил 64 пункта. В сравнении с 2020 г., в 2021 г. цифровая грамотность выросла на 6 п.п., однако доля граждан с «продвинутым» уровнем цифровых компетенций осталась на прежнем уровне: 27 %. В отчете отмечается зависимость уровня цифровой грамотности от возраста человека: наиболее высокие навыки работы с цифровыми продуктами у людей до 44 лет, а люди старшего поколения демонстрируют самые низкие значения. Согласно результатам авторского опроса, представители младшего возраста оценивают свои навыки работы в Сети значительно выше, чем представители старшего поколения. Наиболее высоко свои навыки работы в Интернете оценивают пользователи Сети в возрасте 30–40 лет и 20–30 лет, что может объясняться интенсивностью и характером времяпрепровождения в Сети (рис. 2).

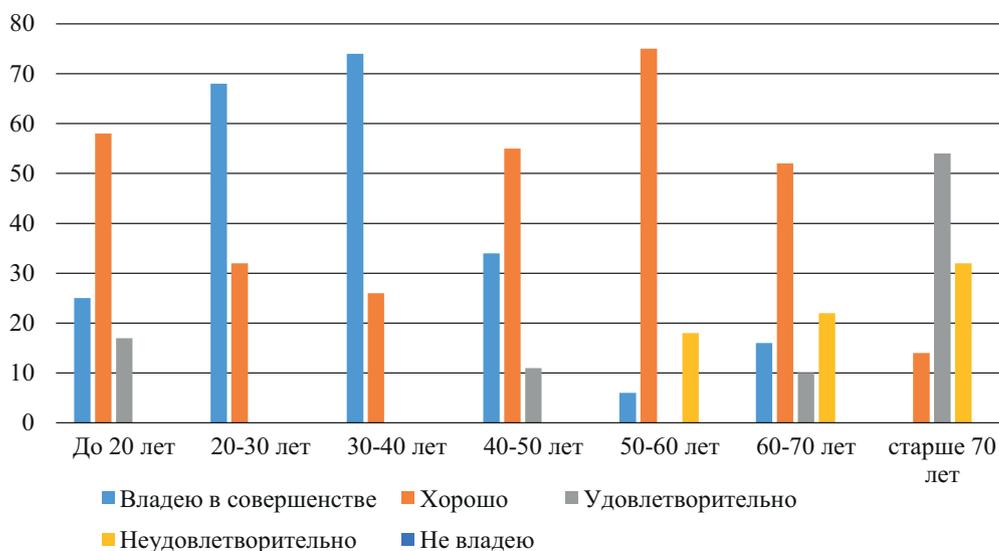


Рис. 2. Как вы оцениваете уровень своих навыков работы в Интернете?

Показательна разница в оценке уровня своих навыков работы в Сети среди опрошенных, критерием которой выступает уровень образования. Так, свыше 95 % опрошенных, имеющих высшее образование (включая послевузовское и неоконченное высшее) и степень кандидата/доктора наук, оценивают свои навыки как «владею в совершенстве» или «хорошо». Респонденты, имеющие среднее образование, в меньшей степени удовлетворены своими навыками работы в Сети: 11 % оценивают свои навыки как «удовлетворительно» и «неудовлетворительно», а четверть индивидов, которые не имеют среднего общего образования, также оценивают свои навыки как «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» (рис. 3).

Таким образом, уровень образования влияет на уровень индивидуальных цифровых навыков.

Наиболее высоко уровень своих навыков оценивают студенты (89 % удовлетворены уровнем владения цифровыми навыками, что объясняется преимущественно возрастом и видом деятельности респондентов), фрилансеры (84 %), специалисты технического профиля (80 %) и специалисты экономического и финансового профилей (77 %), а наиболее не удовлетворены своими навыками пенсионеры (только 54 % удовлетворены своими навыками), военнослужащие, работники правоохранительных органов (58 %) и временно безработные (59 %) (рис. 4).

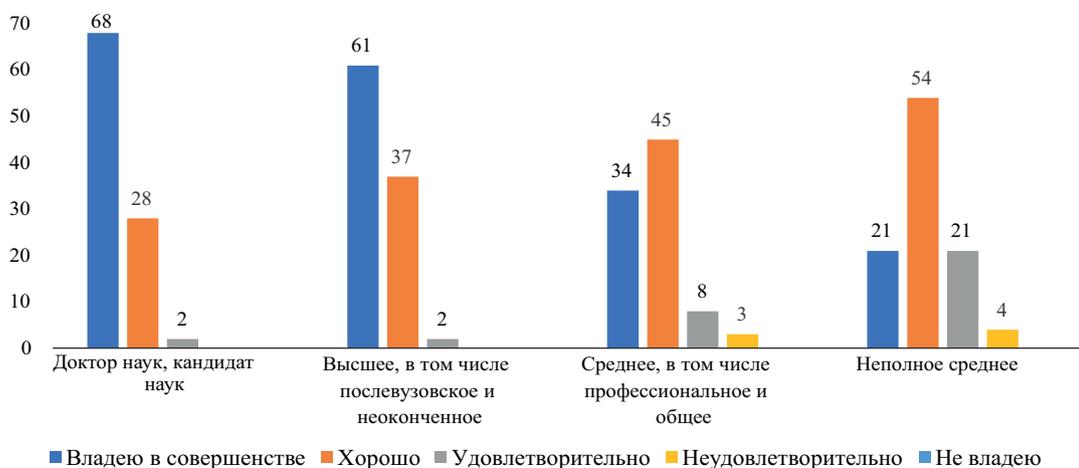


Рис. 3. Как вы оцениваете уровень своих навыков работы в Интернете? (% опрошенных по уровню образования)



Рис. 4. Как вы оцениваете уровень своих навыков работы в Интернете? (% опрошенных по роду занятий)

Внутри поколенческих групп среди интервьюируемых наиболее высоко оценивают свои цифровые навыки индивиды, имеющие научную степень кандидата или доктора наук (62 % опрошенных), имеющие высшее образование (54 % опрошенных), а также индивиды, получающие в настоящее время высшее образование (38 % опрошенных). Свыше 80 % индивидов, имеющих среднее полное образование, и 60 % интервьюируемых, имеющих среднее профессиональное образование, отмечают, что хорошо владеют цифровыми навыками. Наиболее низкие оценки владения цифровыми навыками дают интервьюируемые со средним профессиональным образованием в возрасте старше 60 лет (свыше 83 % респондентов отметили, что владеют цифровыми навыками на низком уровне или не владеют ими вообще). Жители городов также выше оценивают уровень своих цифровых навыков, чем жители сельских территорий. Среди жителей городов только 24 % оценивают свои навыки как недостаточные, а среди сельских жителей свыше 47 % считают низким уровень владения цифровыми навыками.

Таким образом, ключевым фактором межпоколенческого цифрового неравенства является возраст; уровень образования и род деятельности также оказывают влияние на степень владения навыками индивида вне зависимости от возраста индивида.

Третий уровень цифрового неравенства характеризуется различиями в мотивации и целях использования цифровых ресурсов. Следует отметить различия в целях использования интернет-ресурсов представителями разных поколений. Так, индивиды в возрасте до 20 лет, у большинства из которых основным родом деятельности является получение образования, в большинстве случаев пользуются мессенджерами (100 % опрошенных), социальными сетями (92 %), видеосервисами (86 %) и образовательными платформами (82 %), тогда как индивиды более старшего возраста (от 30 до 60 лет) также часто используют мессенджеры, но больше молодежи используют интернет-сервисы по получению государственных (муниципальных) услуг (88 %) и чаще пользуются онлайн-банкингом (82 %), а образовательными платформами пользуются реже; только 18 % респондентов в возрасте от 30 до 60 лет отметили, что используют образовательные интернет-платформы, при этом выбравшие данный вариант опрошенные имеют высшее образование или диплом кандидата/доктора наук, а также заняты в сферах образования, здравоохранения, технических специальностях или в финансовой сфере. Представители старшего поколения наиболее часто используют мессенджеры (92 % опрошенных), интернет-сервисы по получению государственных (муниципальных) услуг (75 %) и электронную почту (68 %).

В современном российском обществе существует цифровое неравенство поколенческих групп, проявляющееся на всех его уровнях. Наряду с возрастом главным фактором первого уровня цифрового неравенства является местность проживания: в сельских населенных пунктах доступность компьютерных устройств и распространенность Сети меньше, чем в городах, что объясняется как неразвитостью или отсутствием информационных коммуникаций в сельских территориях, так и невозможностью (финансовой в первую очередь) и нежеланием жителей сельских территорий пользоваться компьютером и цифровыми услугами и продуктами.

Второй уровень цифрового неравенства обусловлен возрастными различиями: наиболее развиты цифровые навыки и умения и высокий уровень цифровой грамотности у респондентов в возрасте до 40 лет. Третий уровень цифрового неравенства проявляется в различиях целей и мотивации времяпрепровождения пользователей в Сети. Исследование показало, что на мотивацию и на цели использования интернет-ресурсов оказывает влияние опыт первого взаимодействия пользователя с компьютером и интернет-ресурсом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Родионова, Л. А. Возрастные особенности счастливой жизни в России и в Европе: эконометрический подход / Л. А. Родионова // Прикладная эконометрика. – 2015. – № 4. – С. 64–83.
2. Чижов А. А., Дуран Т. В. Три уровня цифрового неравенства в современном российском социуме: проявление в транспортной сфере // Железнодорожный транспорт и технологии : сб. тр. Междунаrodn. научн.-практ. конф. – Выпуск 1 (249). – Екатеринбург : УрГУПС, 2023. – С. 317–319.

УДК 331.108.45

## СТОРИТЕЛЛИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ АДАПТАЦИИ ПЕРСОНАЛА

Н. В. Лучкина

Е. П. Пьяных, канд. философ. наук

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Проблема адаптации новых сотрудников имеет высокую актуальность в связи с ситуацией кадрового голода, напряженной ситуацией в сфере занятости. Особенно остро нуждаются в кадрах промышленные предприятия, где не хватает рабочих специальностей. Необходимость закрывать вакансии и бороться с текучестью кадров побуждает многих работодателей увеличивать заработную плату, идти на различные уступки соискателям (удаленная работа, гибкий график и т. п.). В связи с повышенной конкуренцией между компаниями и ограниченными трудовыми ресурсами необходимо не просто привлечь соискателя в компанию, но и вовлечь в процесс работы, адаптировать его к компании, к её внутренней культуре и трудовым обязанностям.

Эффективность организации адаптации новых сотрудников во многом определяет вероятность их закрепления в организации. Успех позволит компании сократить затраты на процедуру подбора нового сотрудника, стоимость которого с каждым годом возрастает. Уже сегодня сложно подобрать кандидата на рабочую должность, поскольку на рынке труда предлагается множество вакансий с разными условиями, и у потенциальных соискателей есть возможность выбора.

Далеко не все работодатели уделяют достаточное внимание организации адаптационных процессов. В условиях цифровизации, нейросетей и искусственного интеллекта многие традиционные инструменты адаптации стремительно устаревают. Среди соискателей вакансий отличаются и новички, и опытные работники, и профессионалы. При поиске и отборе кандидатов на различные должности организация должна учитывать достоинства и недостатки каждой категории соискателей, организовывать процесс адаптации достаточно гибким образом.

Процесс адаптации персонал сегодня – это стратегически важное кадровое мероприятие, которое не терпит игнорирования и формализации. Необходимо не просто внедрить все методики и элементы процесса, но и усовершенствовать их согласно особенностям нового поколения соискателей.

За 2022 г. вагоноремонтное депо потеряло 87 работников, из них 13 – в первый год работы. Одна из причин серьезной потери кадров видится в недостатках организации процесса адаптации.

Неправильно выстроенный процесс адаптации приносит компании серьезные проблемы: из-за плохой организации трудовой адаптации сотрудник неэффективно выполняет свои должностные обязанности, нарушает положения основных нормативных документов; нарушение внутреннего психологического климата в коллективе; несчастный/травматический случай на предприятии; увольнение сотрудника; обращение сотрудника в трудовую инспекцию, написание жалоб вышестоящим руководителям; экономические, временные потери в связи с поиском нового кандидата.

Адаптация в ОАО «РЖД» – это процесс, регламентированный распоряжением об адаптации работников в компании от 29.12.2015 № 3128р, в котором записан порядок первичной адаптации и план адаптации сотрудника. Ежегодно проводится Единый день адаптации для новых работников ОАО «РЖД», предусматривающий проведение большого количества мероприятий, в ходе которых новички знакомятся с особенностями деятельности компании, корпоративной культурой, социальной политикой компании и др.

К сожалению, далеко не все сотрудники компании могут принять участие в этом мероприятии. В связи с производственной необходимостью не всех сотрудников может отпустить руководство, некоторые сотрудники уходят в армию, кто-то в декретный отпуск, кто-то командирован или на

больничном. Сотрудники, которые смогут попасть на Единый день адаптации, кратко узнают основную информацию о компании. Работники Центра оценки, мониторинга персонала и молодежной политики выезжают на станции и проводят адаптационные мероприятия на местах, но и этого недостаточно, ведь в компанию приходит огромное количество новых сотрудников. Сложность проведения такого рода мероприятий состоит также в том, что полигон Забайкальской железной дороги включает в себя Забайкальский край и Амурскую область. Расстояние между населенными пунктами огромное. В планах в ближайшее время ввести дополнительно адаптационные встречи с сотрудниками в онлайн-формате, чтобы охватить как можно большее количество работников.

С 1 октября 2003 года (дата образования ОАО «РЖД»), так же этот день принято называть «День компании»). Руководители проводят праздничные совещания, награждают сотрудников благодарностями, грамотами и памятным подарками. Руководство рассказывает сотрудникам историю компании, отмечает достигнутые результаты. В течение дня на каждом предприятии проходят свои активности, благодаря которым сотрудники узнают дополнительную информацию о компании (квиз, концерты).

Одним из наиболее доступных источников адаптации корпоративный сайт – «Сервисный портал». Именно там размещены блоги сотрудников, обучающие материалы в формате курсов системы дистанционного обучения, графики отпусков и электронный документооборот.

На основании распоряжения об адаптации сотрудников специалисту по управлению персоналом необходимо подготовить план адаптации для нового сотрудника (представлен в распоряжении об адаптации работников в компании от 29.12.2015 № 3128р).

План включает в себя все адаптационные мероприятия от встречи со специалистом по управлению персоналом и изучения всех основных нормативных документов до встречи с представителями других организаций, подразделений, отделов. Все пройденные этапы должны фиксироваться в плане. Необходимо поставить дату, указать ответственного за проведение мероприятия и результат его выполнения. Данный план впоследствии подшивается в личное дело сотрудника и хранится в отделе кадров.

Несмотря на устоявшуюся систему адаптации персонала, текучесть кадров в компании не снижается. Предложенная руководством программа адаптации позволяет сотруднику узнать компанию лучше при условии, что план адаптации был составлен и действительно пройден сотрудником, а не просто подписан.

Одна из основных проблем заключается в перегруженности сотрудников кадровой службы: кадровое делопроизводство, поощрения, воинский учет, работа с пенсионерами, работа с негосударственными фондами, взаимодействие с медицинскими учреждениями, работа с профессиональными союзами, спортивная деятельность сотрудников, а также огромное количество отчетов не позволяют им уделять достаточно времени и внимание организации адаптационных мероприятий. Специалистам не хватает времени на изучение основ процесса адаптации, на составление планов, а тем более на адаптацию каждого сотрудника. Вследствие этого процесс адаптации проходит довольно хаотично. Сотруднику предлагается быстро под подпись ознакомиться с нормативными документами, памятками и поговорить с мастером.

Современная система адаптации новичков должна учитывать поколенческие особенности соискателей рабочих мест. Поскольку работодатели активно привлекают молодежь, они должны подумать об актуальных инструментах вовлечения работников в организацию.

Современное молодое поколение или, как его еще называют, поколение Z, имеет ряд отличий от предыдущих. Хотя жесткие возрастные границы этого поколения остаются предметом различных дискуссий, можно выделить общие характеристики представителей «центениалов»: это люди, не представляющие себя и своей жизни без Интернета, смартфонов, планшетов, социальных сетей; запоминание информации, а тем более ее заучивание не является для них приоритетом, поскольку информация всегда доступна; основной функцией становится поиск информации, сетевая навигация и быстрая коммуникация. Представители данного поколения не читают, они смотрят. Им необходима визуализация информации, у них клиповое мышление. При этом молодое поколение нацелено на получение новых и полезных знаний, в профессиональном плане настроено на карьеру, желательно быструю.

Представители старшего поколения также привыкли к визуальной информации, которой используют социальные сети и различные приложения.

Соответственно, все инструменты работы с персоналом, в том числе и адаптация, должны быть выстроены в соответствии с особенностями новичков.

Одним из современных методов автоматизации кадровых процессов является сторителлинг – «искусство рассказывания историй», используемое для выстраивания внешних и внутренних коммуникаций. «Сторителлинг стал лучшей бизнес-идеей 2006 года – по признанию журнала Harvard Business Review – лучшим способом сделать доклад или презентацию и передать знания является рассказывание историй» [1].

Сторителлинг имеет ряд достоинств: широта применения, многофункциональность; эмоциональность; относительная простота и скорость восприятия; возможность внутреннего диалога; доступность; минимальные затраты.

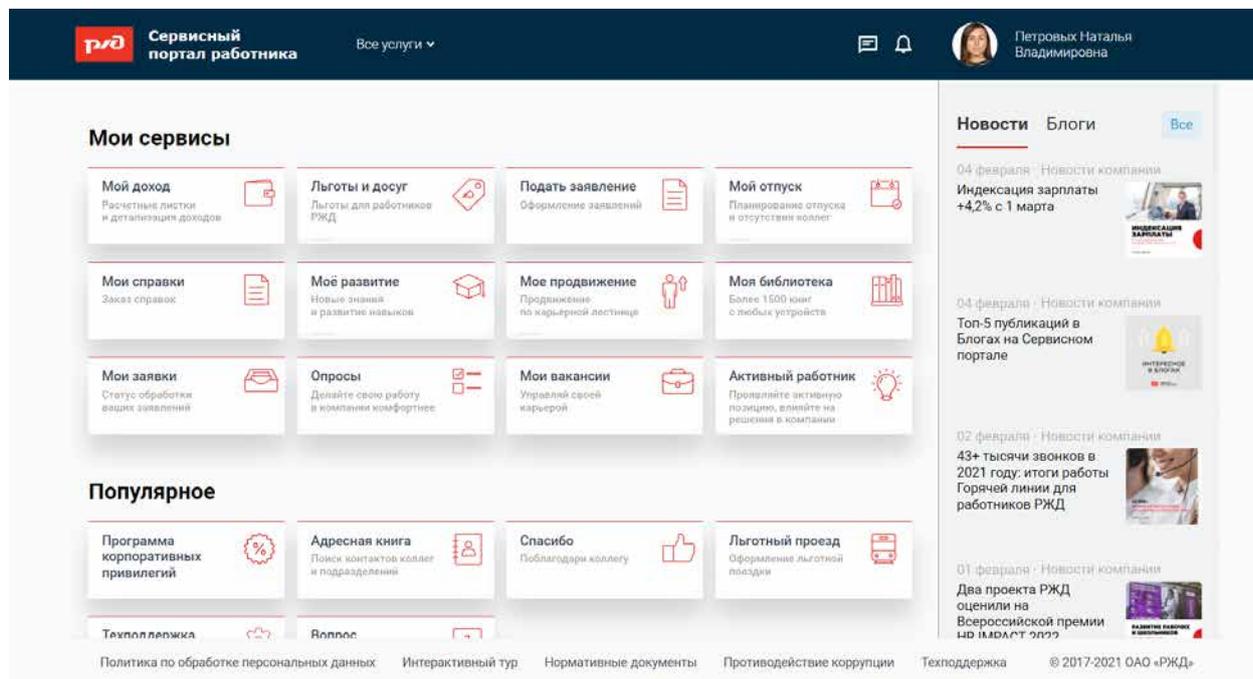
Сторителлинг решает следующие задачи: позволяет рассказать о ценностях бренда; продвигает информацию; помогает кратко и понятно донести необходимую информацию; вовлекает зрителей в предмет «разговора»; сторителлинг, снятый в положительном ключе, поднимает настроение.

Сторителлинг можно применять в социальных сетях, СМИ, сайтах организации, мессенджерах и подобных каналах.

Достоинства сторителлинга могут быть использованы при организации процесса адаптации на предприятии.

Наши предложения по организации и совершенствованию процесса адаптации сотрудников с использованием сторителлинга заключаются в следующем.

Для работников ОАО «РЖД» разработан «Сервисный портал», который обеспечивает сотрудников необходимой информацией (рис.).



Сервисный портал ОАО «РЖД»

В многофункциональное приложение логично добавить вкладку «Адаптация», которая будет доступна новым сотрудникам сразу после приема на работу.

Для её функционирования необходимо разработать обучающие короткие видео формата «клип, short, тикток», содержащие информацию в виде повествования.

Успешность сторителлинга зависит от ряда составляющих: причина (цель), персонажи, целевая аудитория, основное сообщение, ценности, призыв к действию.

Основной причиной или целью повествования в системе адаптации является вовлечение новичка в организацию. Каждый ролик будет начинаться, например, фразой: «Приветствуем нового члена команды РЖД!» Персонажами истории могут стать сотрудники кадровой службы, руководители подразделений, мастера, непосредственные коллеги адаптанта, которые в эмоционально-игровом формате презентуют функционал подразделения и собственно нового сотрудника. Рассказы могут содержать интересные и познавательные истории о предприятии, его различных элементах, функциях, должностных обязанностях самого адаптанта, корпоративных мероприятиях, праздниках, успехах и провалах и т. п. Если автором и рассказчиком истории будет руководитель подразделения, это упростит знакомство и добавит мотивации к работе.

Целевой аудиторией являются новые сотрудники организации. Основное сообщение будет различным в каждой истории: у службы управления персоналом могут быть сообщения, касающиеся электронного документооборота, записи на обучение ил повышение квалификации, сообщение о системе вступления в НПФ «Благосостояние», об основных льготах и преимуществах работников ОАО «РЖД» [2].

В связи с тем, что в 2024 году на Забайкальской железной дороге планируется открытие Социального кадрового центра, у всех работников будет определенное количество вопросов относительно дальнейшего взаимодействия с отделом кадров. В разделе «Адаптация» данный блок может быть доступен для всех: как проехать в СКЦ, функционал СКЦ, как получить ту или иную справку, как её забрать и так далее.

Компания ОАО «РЖД» предоставляет сотрудникам огромное количество льгот, но зачастую работники либо не знают о них, либо не знают, как их получить. А рассказать об этом можно в одном из роликов.

Сообщения отдела нормирования могут содержать информацию о сдельной и повременной оплате труда, о возможных графиках работы, правильной расшифровке своего расчетного листа.

Сообщения мастера или наставника расскажут об основных должностных обязанностях, особенностях и режиме их выполнения, о нарушениях и способах их предотвращения.

Помимо всего, в виде сторителлинга можно дополнить и осовременить техническую учебу работников. Короткие видео с рассказами о дефектах колесных пар, видах ремонта, реализуемых на предприятии, работа с шаблонами при ремонте, ремонт букс колесных пар. Безусловно, темы обширны, но их можно рассказать в серии сторис.

Территория депо – 19 га. Сразу найти необходимый цех просто невозможно. Для быстрой ориентации на местности и изучения истории предприятия можно добавить цветные линии (разметку) территории предприятия. На начале пути по той или иной линии установить QR-код, перейдя по которому сотрудник сможет увидеть короткое видео с маршрутом, а пока он будет идти до места назначения, прослушает краткую историческую справку [3].

Каждому сотруднику вагоноремонтного депо выдается специальная одежда. Причем костюмы и обувь представлены в нескольких вариантах. В серии роликов можно рассказать, как получить специальную одежду (основание); как пройти на склад и к кому обратиться; краткий показ костюмов с указанием размерного ряда; период использования специальной одежды, сроки замены и порядок ей сдачи.

Короткие, легкие, разъясняющие видео сотрудник может просмотреть довольно быстро, возможность задать вопросы, разобраться и применить полученную информацию в дальнейшем увеличивает его лояльность к компании, а также уровень адаптированности.

Под каждым роликом также можно добавить краткую памятку/текст/схему, которые сотрудник может сохранить у себя в телефоне для возможности быстрого обращения к ним.

Также целесообразно добавить раздел, в котором работник может указать тему, которую ему было бы интересно прослушать, и в которой он хотел бы разобраться.

Если у нового сотрудника возникнет желание, то он может добавить собственную историю, в которой расскажет о своей мотивации, ожиданиях от работы на предприятии, выскажет свои пожелания. Все это сэкономит время сотрудников кадровой службы, руководителей и наставников.

Оформление адаптационных мероприятий в форме сторителлинга поможет снять эмоционально-психологическую нагрузку на всех участников.

Дополнить сторителлинг можно чат-ботом, который оперативно сможет ответить на интересные сотрудника вопросы. В случае, если бот не может ответить или его ответ непонятен сотруднику, вопрос направляется ответственному за данную тему. В определенный срок специалист отвечает сотруднику либо в Сервисном портале, либо приглашает на консультацию, а после может записать и дополнительное разъясняющее видео.

В качестве закрепления полученной информации в конце видео можно добавить легкий тест из нескольких вопросов, за которые сотрудник может получить бонусные баллы и использовать их в системе «Бонусный пакет» сотрудников ОАО «РЖД».

По завершении прохождения видеокурса сотруднику необходимо предложить заполнить анкету обратной связи.

Такой подход снизит загрузку специалистов по управлению персоналом, даст возможность проследить этапы ознакомления сотрудника с материалами, интегрировать и открыть в ЕК АСУТР.

Организация адаптации с использованием сторителлинга не требует, как правило, привлечения дополнительных ресурсов. Короткие видеостории можно снимать силами пресс-службы непосредственно в кабинетах, цехах, депо, кабине локомотива и т. п. Подготовить (сочинить) историю можно силами сотрудников, воспользоваться имеющимися в фото- и видеобанках РЖД.

Современное поколение требует современных решений, поэтому необходимо дополнять традиционные методики адаптации персонала современными, привычными для восприятия элементами [4, 5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Челнокова Е. А., Казначеева С. Н., Калинкина К. В., Григорян Н. М. Сторителлинг как технология эффективных коммуникаций // Перспективы науки и образования. – 2017. – № 5 (29). – С. 7–12.
2. Александрова Н. А., Бучельникова Г. Ф. Управление процессом адаптации сотрудников торговой компании: инструментальный аспект // Управление персоналом в инновационной среде. – Екатеринбург, 2011. – С. 160–169.
3. Вербак, К. Вовлекай и властвуй – игровое мышление на службе бизнеса / К. Вербак, Д. Хантер. – М. : Манн, Иванов, Фербер, 2015. – 224 с.
4. Молодежь РЖД, 2020. – 74 с.
5. Памятка-рекомендации сотрудника ОАО «РЖД». – 15 с.

# УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ

УДК 331

## ФОРМИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПЕРИОД ОБУЧЕНИЯ В ОТРАСЛЕВОМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

**В. С. Паршина**, д-р экон. наук, профессор кафедры «Управление в социальных и экономических системах, философия и история»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

**А. Н. Дубинская**, ведущий специалист по управлению персоналом Свердловской дирекции по тепловодоснабжению Центральной дирекции по тепловодоснабжению – филиала ОАО «РЖД»  
Екатеринбург

На сегодняшний день качество образования и подготовки выпускников оценивается на основе их компетенций на рынке труда. Формирование компетенций выпускников напрямую зависит от образовательных программ, реализуемых в учебном заведении и качества освоения дисциплин. Образовательные программы должны быть ориентированы на потребности рынка труда и работодателей. Отметим, что Министерство образования оставляет возможность учебным заведениям реагировать на прогнозируемые изменения рынка труда. Мониторинг рынка труда и прогнозирование изменений спроса, по сути, становится необходимым процессом для учебных заведений, залогом их эффективной деятельности и конкурентоспособности.

В ФГОС ВО [1] компетенции классифицируются на универсальные (ранее определялись как общекультурные компетенции ФГОС ВПО, ФГОС ВО 3+), общепрофессиональные, профессиональные.

*Таблица 1*

Классификация компетенций

Компетенция	Описание
Универсальные	Отражаются в определенном уровне общих знаний, социальных и личностных способностях учащихся, позволяющем им быть успешными независимо от направления профессиональной деятельности и ее специфики
Общепрофессиональные	Отражаются в освоении образовательной программы высшего образования, позволяющем выполнять общие трудовые функции, неизменные для выбранной профессиональной деятельности
Профессиональные	Отражаются в освоении образовательной программы высшего образования конкретной специальности, направления, позволяющем выполнять трудовые функции конкретного вида профессиональной деятельности

Инновации и обучение в современных рыночных условиях признаны ключевыми факторами развития экономики предприятия. Именно от инновационных технологий, современного

производства и грамотного персонала зависит успех любой организации. Задача любого учебного заведения – подготовка грамотных специалистов нового уровня, готовых оперативно решать поставленные задачи.

Для отраслевого учебного заведения основополагающим является эффективное построение системы взаимодействия с потенциальным работодателем. В случае с профильными университетами – это предприятия на полигоне той или иной железной дороги, поскольку подготовка выпускника отраслевого вуза – это удовлетворение не рынка труда в целом, а конкретного предприятия или направления деятельности на транспорте. Конкурентоспособность отраслевого учебного заведения на рынке труда взаимосвязана с востребованностью персонала этой отрасли в целом.

Для работодателя важным направлением деятельности при взаимодействии с учебными заведениями становится передача ценностей компании, принципов корпоративной культуры. Этот процесс необходим для оптимизации адаптационных процессов у будущих работников организации. Реализовать это можно при развитии у студентов корпоративных компетенций, принятых в организации. Корпоративные компетенции поддерживают ценности организации, включающие в себя как личностные, так и деловые качества сотрудников вне зависимости от должности и специфики работы.

Представленный в таблице 2 перечень корпоративных компетенций ОАО «РЖД» един для всех сотрудников на различных уровнях должностей и реализуется в различных функциях для успешного выполнения текущих задач и достижения компанией стратегических целей. Следовательно, от уровня развития этих компетенций у студентов отраслевых учебных заведений может зависеть результативность адаптационного периода после окончания обучения и дальнейшего трудоустройства на предприятия железнодорожного транспорта, входящие в состав ОАО «РЖД».

Таблица 2

Модель корпоративных компетенций ОАО «РЖД»

Ценности «РЖД»	Принципы корпоративной культуры		Корпоративные компетенции
Ценность – в людях	Делаем для страны (базовый принцип)	Делаем, уважая людей	Развитие и забота о сотрудниках Эффективная коммуникация
Партнерство		Делаем командой, достигая общую цель Делаем надежно	Командная работа и взаимовыручка Клиентоориентированность Ответственность за результат
Открытость инновациям		Делаем эффективно, сохраняя ресурсы Делаем лучше	Организация рабочего процесса Комплексное мышление Инновативность

Ежегодно (2018–2021 гг., статистика 1 КДР) удельный вес принятых из учебных заведений на предприятия полигона Свердловской железной дороги составил 6,5 % человек от всего количества трудоустроенных, в 2021 г. – 4 %. Данная тенденция связана с демографическими изменениями и с низким уровнем популярности железнодорожных профессий у молодежи.

В 2021 г. 63 % (154 человека) выпускников вузов были трудоустроены на рабочие должности; это очень высокий показатель, лишь 37 % (88 человек) приняты на должности специалистов.

В 2022 г. на предприятия Свердловской железной дороги трудоустроено 197 выпускников УрГУПС (таблица 3). Из ОмГУПС в 2022 г. принято 22 выпускника, из них 10 человек – целевики, все выпускники с отраслевыми специальностями. Из не отраслевых вузов (УрФУ, УГГУ, УрГЭУ, ГУ) принято 7 человек.

В 2021 г. 1557 человек окончили обучение в УрГУПСе по всем направлениям подготовки и специальностям, что на 161 человека больше, чем в 2020 г. – 1396 человек (таблица 4).

Таким образом, за последние два года численность выпускников вуза увеличивалась, а трудоустройство на предприятия Свердловской железной дороги снижалось, что может быть предпосылками к пересмотру качества адресного взаимодействия работодателя в лице конкретного отраслевого предприятия и выпускающей кафедры вуза.

Таблица 3

## Трудоустройство выпускников УрГУПС в 2022 г.

Филиал	Трудоустроено, всего, чел.	Бюджет/коммерция трудоустроено, чел.	Целевое		
			Выпускники-целевики 2022	Трудоустроено целевиков	%
ДЭЗ	10	7	4	3	75
Д	34	10	25	24	96
ДИ	86	44	57	42	74
ДРП	4	4	2	0	0
НС	6	1	7	5	71
Т	13	2	14	11	79
ДМВ	7	4	3	3	100
ТР	1	1	1	1	100
НТЭ	13	2	14	11	79
ДПО	2	1	1	1	100
ТЦФТО	6	2	4	4	100
ИВЦ	14	14	–	–	–
РЦДМ	1	2	–	–	–
Всего	197	92	132	105	80

Таблица 4

## Выпуски 2020-го и 2021-го гг., чел., кол-во

	2020 г.	2021 г.
Бакалавриат	400	600
Специалитет	759	792
Магистратура	178	146
Аспирантура	19	19
Итого	1396	1557

Демографические тенденции в настоящее время и среднесрочной перспективе свидетельствуют о грядущем серьезном дефиците молодого трудоспособного населения страны. Работники железнодорожных предприятий – это 1 % занятых в экономике страны. Отрасли будут ощущать серьезную нехватку кадров, и железнодорожному транспорту необходимо уже сейчас создавать конкурентные преимущества на рынке труда. Помимо условий труда, его содержания, оплаты, комфортного психологического климата, возможности долгосрочной карьеры и профессионального развития и реализации сегодня критически важно начинать с привлечения молодежи в отраслевые учебные заведения, в частности, в вузы.

Традиционно выделяют следующие факторы, влияющие на адаптацию работника в организации: социально-психологические, профессиональные, организационные [2, 3]. Как показывает практика, от степени интегрированности работника в существующие нормы и правила организации зависит результат его работы в будущем. В свою очередь, маркером усвоения будет служить уровень развития корпоративных компетенций.

Применение потенциала работников ОАО «РЖД» старшего возраста в качестве куратора-наставника будет эффективно для университетских комплексов, работодателей (бизнеса) и студента-выпускника.

В частности, за каждой отраслевой специальностью, направлением подготовки (выпускающей кафедрой) в железнодорожном вузе целесообразно закрепить куратора-наставника из числа работников старшего возраста; реализовать дисциплину «Введение в специальность» каждой

отраслевой специальности (проводит лично куратор-наставник). Данная мера позволит не только реализовать потенциал работников старшего возраста, но и установить взаимосвязь «наставник – молодой специалист». Потенциальная эффективность предложения будет подкреплена системой отбора будущих наставников-кураторов, созданием резерва из числа высококвалифицированных опытных специалистов и руководителей старшего возраста, которые изъявили желание работать в данном направлении, прошли необходимое обучение, показали высокий уровень лояльности к компании и коммуникативности. Для мотивации работников старшего возраста необходимо рассмотреть возможность применения существующей базы ресурсов, адаптивных форм трудовой деятельности, согласно возрастным изменениям.

Введение роли куратора-наставника во взаимодействие учебного заведения и работодателя позволит эффективнее построить процессы, укрепить партнерские отношения: личное участие, т.е. работодатель не обезличен, он – конкретное лицо, участвующее в процессе обучения студента; действующий канал связи, т.е. выпускающая кафедра и работодатель в рабочем режиме корректируют процесс обучения студентов; вовлеченность в процесс со стороны куратора-наставника, т.е. этот человек имеет интерес и личное желание реализовывать себя в роли куратора-наставника.

Разрабатывается профессиональный стандарт на государственном уровне, который позволит работодателям вводить штатную должность наставника. В документе будут записаны основные умения, знания и навыки, которыми должен обладать наставник [4].

В рамках методических рекомендаций обозначим необходимость разработки системы оценки результативности процесса наставничества, деятельности наставника сопровождающего студента-наставляемого через оценку сформированности ряда компетенций студентов. Первостепенно рассматриваемыми компетенциями будут выступать корпоративные компетенции ОАО «РЖД». Данный ориентир выбран в связи с тем, что корпоративные компетенции компания выстроила на принципах корпоративной культуры, ценностях компании.

В рамках методических рекомендаций по разработке системы оценки деятельности наставника, сопровождающего студента-наставляемого, берем в учет оценку сформированности корпоративных компетенций у студентов производить по итогам учебного года; отчетность по показателям сформированности компетенций у студентов (группы, факультета) должна браться в учет наравне с отчетностью по результатам обучения; на основании оценки показателей компетенций у студентов по итогам учебного года определять оценку деятельности наставника, сопровождающего студента-наставляемого, составлять рейтинг наставников, корректировать их участие в процессе сопровождения студентов.

Существующая система взаимодействия учебных заведений и ОАО «РЖД» может оцениваться и трансформироваться совокупно потому, что это составные части одной отрасли, т.е. это участники одной системы. Курс на интеграцию даст очевидное повышение эффективности любого из участников отрасли. Развитие партнерских отношений возможно при сближении взаимодействия, вследствие чего будет повышение гибкости системы, ее способности отражать требования времени, мобильности этой системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ФГОС ВПО. URL: <https://fgosvo.ru/fgosvpo/index/1> (дата обращения: 08.11.2023).
2. Адаптация персонала: три подхода и четыре этапа. URL: [http://www.elitarium.ru/2014/03/26/adaptacija\\_personala.html](http://www.elitarium.ru/2014/03/26/adaptacija_personala.html).
3. Кейта С., Адаптация нового персонала на предприятии // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 105.
4. Кравцов С. С. // HR-Партнер. Время. Вызовы. Решения. – 2023. – № 1 (9). – С. 6–9.

УДК 004

## ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЗАКУПОК

Д. И. Колесников, магистрант (научный руководитель – Р. Т. Тимакова, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Управление в социальных и экономических системах, философия и история») Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

К одному из важнейших показателей развития цифровых технологий в России и мире относится рост количества организаций, участвующих в электронных закупках для государственных или муниципальных нужд [1–3]. Закупочная система в многомерной сетевой цифровой модели становится более эффективной и прозрачной, способствуя минимизации рисков на всех этапах цепи поставок [4] (рис. 1).

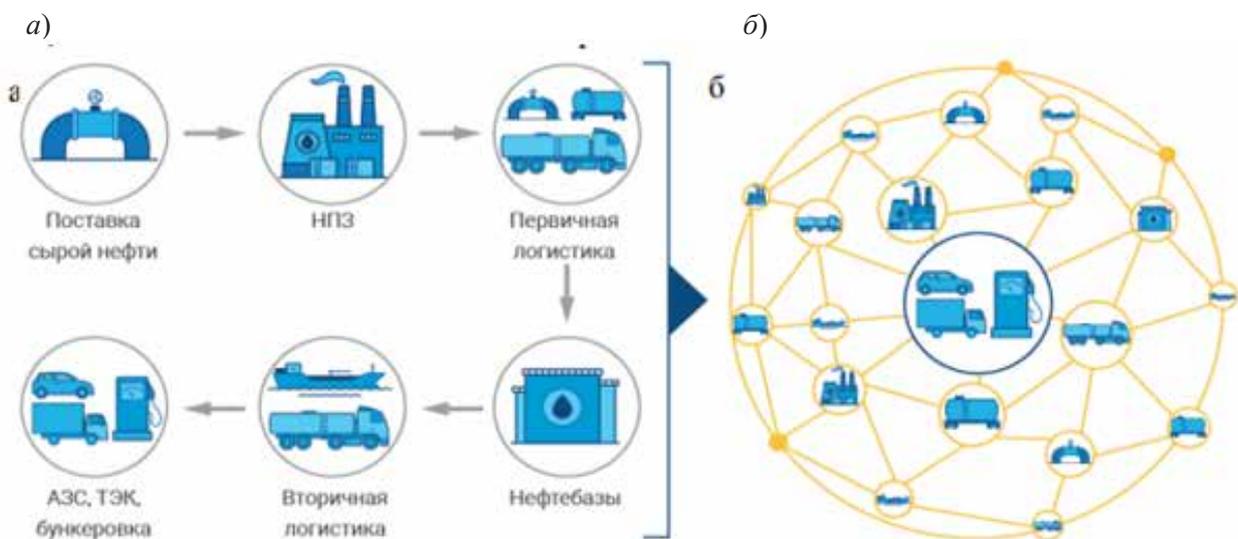


Рис. 1. Цифровая трансформация цепи поставок  
а – классическая модель; б – многомерная цифровая модель

Электронные закупки – своеобразная эволюция традиционных процессов закупок, осуществляемых с использованием цифровых технологий и специализированных платформ.

Институциональная структура контрактной системы в сфере закупок для государственных и муниципальных нужд изменяется в результате цифровой трансформации процессов государственного управления и модернизации самой сферы закупок [5].

К основным выгодам электронного снабжения можно отнести автоматизацию и оптимизацию закупок, уменьшение времени для транзакций, снижение затрат и интеграцию информационных систем [6].

Преимущества электронных закупок: эффективность и сокращение операционных затрат на процесс закупок при отправке запросов на предложения (RFQ) и сравнение цен; прозрачность и контроль в режиме реального времени; оптимизация договорных отношений с поставщиками и конкурентоспособность цен; минимизация ошибок в результате автоматизации; анализ и оптимизация закупочных решений в соответствии с требованиями рынка; глобальный доступ к мировым рынкам и поставщикам; устойчивость процесса и адаптация к изменяющимся рыночным условиям.

Искусственный интеллект может использоваться при предиктивном и прескриптивном анализах закупочной деятельности, в когнитивных системах поддержки и для роботизации денежных переводов [7].

Искусственный интеллект автоматизирует и улучшает многие аспекты процессов закупок, в результате анализа больших баз данных моделирует спрос на товары и услуги, подбирает поставщиков на основе истории поставок, оптимизации запасов, формирует оптимальные стратегии ценообразования, рассчитывает потенциальные риски.

Большое значение приобретает выбор цифровых платформ как набор инструментов и функциональности для управления закупками.

Цифровые платформы для управления закупками предоставляют средства для автоматизации и централизации процессов [9]. Внедрение цифровых платформ улучшает логистику, сокращая временные и финансовые издержки, обеспечивает обоснованность стратегии закупок и повышает их эффективность (рис. 2).



Рис. 2. Преимущества цифровых платформ для управления закупками

Цифровые платформы для управления закупками стали неотъемлемой частью эффективного бизнеса, обеспечивая прозрачность в сфере закупок. Так, в ОАО «РЖД» закупки осуществляются согласно положению о закупках в электронной форме, а также с использованием автоматизированной информационной системы «Электронная торгово-закупочная площадка ОАО «РЖД», при этом из котировочной документации исключены квалификационные требования к участникам.

Сфера закупок преобразуется под воздействием цифровых технологий [10]. В настоящее время выделяются следующие ключевые направления применения цифровых технологий: интеллектуальное управление закупками, расширение применения блокчейна как стандарта для учёта и подтверждения транзакций, мобильные приложения и интернет вещей (IoT) для мониторинга и управления заказами и запасами, экологическая устойчивость в сокращении отходов и для выбора более экологически чистых поставщиков и материалов, децентрализация и участие общества в смарт-контрактах и голосовании на блокчейне, роботизация и автоматизация, глобальная интеграция.

Таким образом, цифровые технологии имеют огромный потенциал для преобразования сферы закупок. Их внедрение увеличит эффективность деятельности, снизит издержки, повысит прозрачность и обеспечит безопасность. Введение цифровых технологий в процессы закупок помогает компаниям лучше адаптироваться к меняющимся рыночным условиям и обеспечивать более высокую конкурентоспособность.

Искусственный интеллект, блокчейн, цифровые платформы и другие инновации предоставляют компаниям инструменты для оптимизации стратегий, укрепления устойчивости и увеличения прозрачности. Предприятия, которые смогут интегрировать цифровые инновации в свои бизнес-процессы, будут способствовать устойчивости и росту в будущем, а также лучше удовлетворять потребности своих клиентов и партнеров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тимакова Р. Т., Ильюхин Р. В. Цифровые технологии: новые подходы к прослеживаемости зерновых потоков в России // Цифровые модели и решения. – 2023. – Т. 2, № 2.
2. Бижоев Б. М. Цифровая институциональная трансформация электронных торговых площадок в сфере государственных закупок Российской Федерации // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2021. – № 12 (4). – С. 416–433.
3. Пиньковецкая Ю. С. Оценка цифровых и коммуникационных технологий в российских организациях на региональном уровне // E-Management. – 2022. – Т. 5, № 3. – С. 125–135.
4. Лавров А. С. Повышение эффективности управления закупками в организации на основе инновационных технологий // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2023. – № 1-1 (95). – С. 162–165.
5. Романцова П. С., Маркова Е. С. Роль государственных закупок в цифровизации экономики и внедрении электронной торговли // Инновационная экономика и право. – 2022. – № 3 (22). – С. 83–89.
6. Алексеева Ю. И. Повышение эффективности закупочной деятельности предприятия в современных условиях // Шаг в науку. – 2016. – № 1. – С. 10–13.
7. Афонина В. Е., Серегин А. Г. Цифровизация и контроллинг в закупочной деятельности организаций: проблемы и перспективы // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2019. – № 3-2. – С. 10–14.
8. Семенов С. В., Андрияшина Н. С., Котылева Е. А., Ражова Н. А. Управление бизнес-процессами на предприятиях сервиса // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 8 (97). – С. 628–631.
9. Харитонович С. А., Гарина Е. П., Андрияшина Н. С. Эффективность внедрения инноваций в бизнесе на основе процессного подхода // Вестник Мининского университета. – 2015. – № 3 (11). – С. 10.
10. Федоров Д. В. Токены, криптовалюта и смарт-контракты в отечественных законопроектах с позиции иностранного опыта // Вестник гражданского права. – 2018. – № 2. – С. 30–74.

УДК 331.1

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУДА ОСУЖДЕННЫХ К ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ РАБОТАМ НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ ОАО «РЖД»

А. А. Ерёменко, канд. экон. наук, доцент

Е. А. Ларченко, ст. преподаватель

Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», г. Чита

Уголовное наказание в виде принудительных работ в соответствии с «Концепцией развития уголовно-исполнительной системы РФ на период до 2030 года» по-прежнему актуально [1]. В ОАО «РЖД» появилась реальная возможность привлекать к работе осужденных к принудительным работам при модернизации Восточного полигона железных дорог [2].

Начиная с апреля 2023 г. на базе вахтового посёлка ОАО «РЖД» на ст. Сбега трудятся 12 осужденных с перспективами увеличения количества привлекаемых к работе до 56 человек, т.е. полноценной комплексной путевой бригады. Аналогичная работа в настоящее время проводится во взаимодействии с двумя исправительными центрами.

В соответствии с [1], одна из основных целей развития уголовно-исполнительной системы на ближайшие годы – максимальная гуманизация уголовного законодательства за счёт расширения возможностей назначения наказания, не связанного с лишением свободы, развития системы исправительных центров, ключевой задачей которых является трудоустройство и ресоциализация осуждённых во взаимодействии с социальными партнерами-работодателями. В связи с тем, что механизм привлечения труда осужденных к принудительным работам в крупных российских компаниях только начинает развиваться, в настоящее время проходит испытания общая экономическая модель, но нет единой системы государственной поддержки и стимулирования компаний-работодателей по привлечению и трудоустройству осужденных к принудительным работам.

В соответствии с действующим Уголовно-исполнительным кодексом РФ (УИК) организациям, использующим труд осужденных к принудительным работам, могут предоставляться льготы по уплате налогов в соответствии с законодательством РФ о налогах и сборах, в т.ч. в части региональных решений законодательных органов [3]. Такие льготы начали появляться в законодательстве отдельных регионов.

Разберём пример применения пониженной ставки по налогу на прибыль для организаций, в которых работают лица, привлекаемые к исправительным работам или освобождённые из мест лишения свободы, действующей на основании соответствующего закона на территории Томской области [4], который устанавливает право применять пониженную налоговую ставку налога на прибыль организаций в части, зачисляемой в областной бюджет для данной категории налогоплательщиков в размере 13,5 %. Также устанавливается, что общий объем льготы по налогу на прибыль организаций в связи с применением пониженной ставки не может превышать 25 % от начисленной по всем основаниям заработной платы работающим в этой организации лицам, осужденным к исправительным работам и (или) освобожденным из мест лишения свободы.

В целях реализации настоящей статьи закона при определении объема льготы по налогу на прибыль организаций в отношении лиц из числа освобожденных из мест лишения свободы в расчет принимается заработная плата, начисленная с первого дня трудоустройства и до истечения двух лет со дня освобождения из мест лишения свободы; в отношении лиц, осужденных к исправительным работам, – заработная плата, начисленная за весь период действия трудового договора.

Применительно к компании ОАО «РЖД» такой механизм предоставления льготы по налогу на прибыль представляет интерес в первую очередь в регионах в зоне Восточного полигона железных дорог, а применительно к Забайкальской железной дороге – в Забайкальском крае и Амурской области. Представляется целесообразным руководству компании ОАО «РЖД» при планировании создания железнодорожных участков исправительных центров с привлечением труда осужденных к принудительным работам на территории конкретных регионов выходить с инициативой к региональным властям по предоставлению льготы по налогу на прибыль в части, зачисляемой в региональный бюджет.

Так, если использовать механизм предоставления льготы по налогу на прибыль (по аналогии с Томской областью) в размере, не превышающем 25 % от начисленной по всем основаниям заработной платы работающим в этой организации лицам, осужденным к исправительным работам, применительно к открытому в 2023 г. железнодорожному участку исправительного центра на ст. Сбега Забайкальской железной дороги с трудоустройством по первому варианту 12 осужденных и по второму варианту 56 осужденных, получим экономический результат, представленный в таблице 1.

Таблица 1

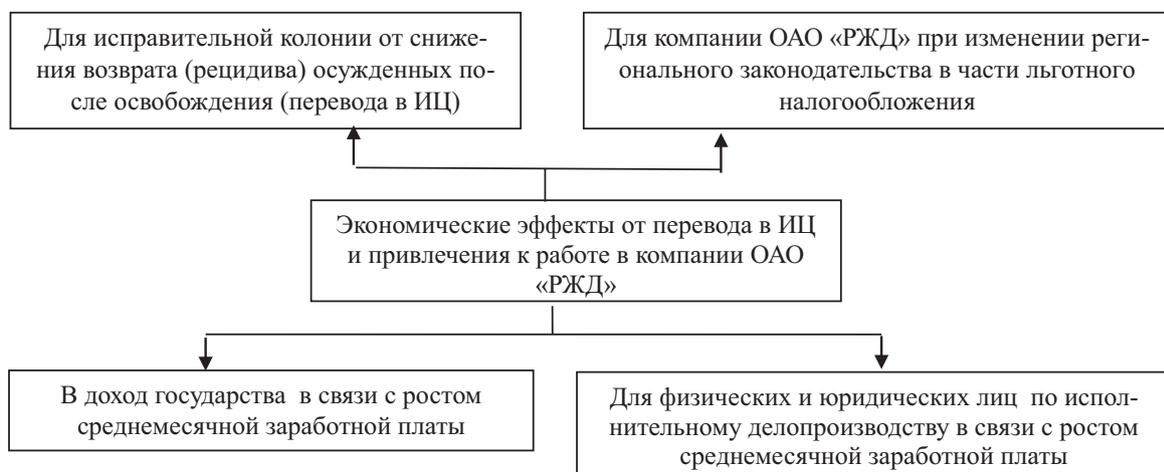
Определение возможного размера льготы по налогу на прибыль при внесении изменений в законодательство Забайкальского края

Показатель	1 вариант	2 вариант
Среднемесячная заработная плата монтера пути, руб.	65 838,0	65 838,0
Количество осужденных работников, чел.	12	56
Годовой фонд оплаты труда, руб.	9 480 672	44 243 136
Предполагаемый размер льготы по налогу на прибыль от начисленной заработной платы, %	25,0	25,0
Льгота по налогу на прибыль, руб.	2 370 168	11 060 784

Таким образом, возможный экономический эффект от применения льготы по налогу на прибыль на примере компании ОАО «РЖД» для 12 лиц, осужденных к принудительным работам, составит 2 370 168 руб., для 56 человек – 11 060 784 рублей. Предоставление со стороны региональных властей льгот по налогу на прибыль может позволить компании-работодателю направить средства на создание благоприятных условий труда и комфортной среды для проживания осужденных.

Перевод осужденных в исправительные центры с трудоустройством в компании ОАО «РЖД» позволяет получить экономический эффект не только для самой компании, но также для федеральной системы исполнения наказаний, государства, потерпевших и непосредственно самих осужденных.

Схема ожидаемых экономических эффектов от перевода осужденных из колонии в исправительный центр и привлечения к труду в компании ОАО «РЖД» представлена на рис.



Экономические эффекты от перевода осужденных в исправительные центры и привлечения к труду в компании ОАО «РЖД»

Рассмотрим экономический эффект, который может быть получен для федеральной системы исполнения наказаний от снижения возврата (рецидива) осужденных после их освобождения, при переводе осужденных в ИЦ, их социализации и трудоустройстве на период принудительных работ в ОАО «РЖД». Ожидается, что, как минимум, половина осужденных после освобождения вольются в обычную трудовую деятельность и не допустят повторного нарушения уголовного законодательства (рецидива) и возврата в исправительную колонию (таблица 2).

Таблица 2

Экономический эффект от трудоустройства осужденных на принудительные работы для федеральной системы исполнения наказаний

Показатель	Расчет
Количество осужденных лиц, переведенных на исправительные работы в течение года, чел.	27
Коэффициент снижения ожидаемого рецидива	0,5
Снижение количества осужденных на второй срок и более, чел.	13
Расходы на одного осужденного в год, руб.	92 011,76
Экономия расходов от снижения рецидивов в связи с переводом в ИЦ и трудоустройство на принудительные работы, руб.	1 196 152,88

Большое значение для государства и потерпевших имеет возможность удержания нанесённого ущерба с осужденных в их пользу. А это, в первую очередь, достигается ростом заработной платы и доходов осужденных на период отбывания срока наказания, с которых в установленном законом порядке производятся удержания за нанесённый ущерб.

В таблицах 3 и 4 представлен экономический эффект, который может быть получен в доход государства и по исполнительному делопроизводству, при трудоустройстве осужденных в компании ОАО «РЖД» по двум вариантам для 12 и 56 осужденных. Среднегодовая заработная плата одного осужденного в исправительной колонии за 2022 г. составляет 90 709,54 руб., соответственно, среднемесячная заработная плата осужденного в колонии – 7 559,13 руб. Удержания из заработной платы осужденного в доход государства составляют от 5 до 20 % ежемесячно (такой норматив устанавливается приговором суда; в среднем это 10 %. Удержания по исполнительному листу в пользу потерпевших производятся за вычетом удержаний, произведенных по приговору суда; в среднем это 25 %).

Таблица 3

Расчет удержаний с работающих лиц, осужденных к принудительным работам, в доход государства и по исполнительному делопроизводству для 12 осужденных

Показатель	На базе ИК-1	На базе ИЦ-1
Среднемесячная заработная плата одного работника, руб.	7 559,1	65 838,0
Количество осужденных работников, чел.	12	12
Начисленный фонд заработной платы за год, руб.	1 088 514,72	9 480 672
Средний норматив удержаний в доход государства, %	10	10
Процент удержаний по исполнительным листам	25	25
Размер удержаний в доход государства, руб.	108 851,5	948 067,2
Экономический эффект в доход государства, руб.	839 215,7	
Размер удержаний по исполнительным листам, руб.	244 915,8	2 133 151,2
Экономический эффект по исполнительным листам, руб.	1 888 235,4	

Таблица 4

Расчет удержаний с работающих лиц, осужденных к принудительным работам, в доход государства и по исполнительному делопроизводству для 56 осужденных

Показатель	На базе ИК1	На базе ИЦ-1
Среднемесячная заработная плата одного работника, руб.	7 559,13	65 838,0
Количество осужденных работников, чел.	56	56
Начисленный фонд заработной платы за год, руб.	5 079 735,36	44 243 136
Средний норматив удержаний в доход государства, %	10	10
Процент удержаний по исполнительным листам	25	25
Размер удержаний в доход государства, руб.	507 973,54	4 424 313,6
Экономический эффект в доход государства, руб.	3 916 340,06	
Размер удержаний по исполнительным листам, руб.	1 142 940 46	9 954 705,6
Экономический эффект по исполнительным листам, руб.	8 811 765,14	

Дополнительный экономический эффект, который будет получен в доход государства, составит для 12 осужденных 839 215,7 руб., для 56 осужденных – 3 916 340,06 руб. Соответственно, погашение исполнительных листов, исков, материального ущерба и т.д. будет намного быстрее и составит 1 888 235,4 руб. для 12 человек и 8 811 765,14 руб. для 56 человек.

Общий экономический эффект от рассмотренных мероприятий для 12 лиц, осужденных к принудительным работам и работающих в компании ОАО «РЖД» монтерами пути, будет равен 5 097 619,1 руб., для 56 человек – 23 788 889,2 руб.

Помимо экономического эффекта для каждой из заинтересованных сторон будет получен социальный эффект для самих лиц, осужденных к принудительным работам, – активный процесс приспособления человека к условиям социальной среды, возвращение к самостоятельной жизни, восстановление положительных социальных ролей, установление полезных контактов. Социальный эффект будет заключаться в получении профессии, быстрой адаптации освободившегося к самостоятельной общепринятой жизни в обществе и снижении вероятности повторного попадания в места лишения свободы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция развития уголовно-исполнительной системы РФ до 2030 года от 29.04.2021 года № 1138-р (с изм. на 27.05.2023 года) URL: <https://docs.cntd.ru/document/603496992> (дата обращения: 17.11.2023).
2. Уголовно-исполнительный кодекс Российской Федерации (УИК РФ) от 08.01.1997 N 1-ФЗ (ред. от 24.06.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2023). URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_12940/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12940/) (дата обращения: 17.11.2023).
3. Закон Томской области «О применении пониженной ставки по налогу на прибыль организаций для организаций, в которых работают лица, осужденные к исправительным работам и (или) освобожденные из мест лишения свободы» от 11 октября 2011 года №253-ОЗ (в редакции от 29.04.2021 г. № 21-ОЗ). URL: <https://base.garant.ru/7733692/> (дата обращения: 17.11.2023).

УДК 338 242 2

## УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯМИ ИТ-КОМПАНИЙ С ТРАНСПОРТНЫМИ КОМПАНИЯМИ НА ОСНОВЕ CRM

**В. П. Неганова**, д-р экон. наук, профессор кафедры «Управление в социальных и экономических системах, философия и история»

**О. В. Шеметова**, магистрант

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Для выживания и успешного ведения бизнеса важен не столько технологический подход, сколько постоянное изучение, мониторинг и корректировка взаимоотношений с транспортными компаниями, исследование тенденций изменения их потребностей и удовлетворённости для сохранения позиций на рынке и увеличения прибыли [1, 4]. Анализ лучших бизнес-практик позволил выделить в качестве эффективного инструментария CRM-системы, которые дают возможность сформировать и мониторить оптимальную базу клиентов с учетом множества параметров, организовать учёт сделок, анализировать воронку продаж, проследить за выполнением задач сотрудников и т.д. [2, 5].

Из-за сложности и многогранности этого феномена до сих пор нет консенсуса по поводу определения сущности CRM-систем. В. Фридерман рассматривает CRM как стратегию ведения бизнеса, которая направлена на изучение потребностей клиентов компании обеспечение клиенто-ориентированности подхода ведения бизнеса [3]. А.В. Зиновкина трактует её как систему ведения бизнеса, предназначенную для усовершенствования стратегий взаимодействия с клиентами, повышения работоспособности компании, роста ключевых показателей на рынке и повышения качества продукта [3]. Польские исследователи К. Милан, А. Скопур и В. Савета считают, что CRM – это прежде всего философия, которая ставит пользователя в центр бизнеса с целью максимизации прибыли, что достигается путём увеличения количества клиентов, а также их удержания, и включает в себя определение ценности, имеющей важность для пользователей, автоматизацию бизнес-процессов для повышения эффективности продаж в области маркетинга и обслуживания [3]. Ряд исследователей рассматривает CRM с точки зрения автоматизированных систем управления взаимоотношениями с клиентами, в основе которых лежит клиентская база компании, отражающая всю историю общения с тем или иным заказчиком: обращения, открытые и закрытые сделки, их эффективность и т.д. с помощью современных систем программирования. То есть это специальное программное обеспечение, разработанное для эффективного взаимодействия с клиентами, которое объединяет в себе функции анализа, управления и автоматизации процессов [3]. Признавая актуальность и значимость существующих подходов к управлению взаимоотношениями на основе CRM в рамках ведения бизнеса, важно отметить, что маркетинговый контекст конкретной компании с учетом её специфики в условиях современных вызовов требует более глубокого изучения [6].

Компания «Арча-Сервис» на IT-рынке предоставляет услуги для бизнеса и занимает небольшую долю рынка (таблица 1). Ее продукты: электронные носители, «Арча. Кадровик», «Арча. СНТ», система интернет-отчетности СБИС, программы 1С.

С помощью ABC-анализа установлено, что потребительский портфель компании неоднороден, и разные группы клиентов приносят в течение года разную прибыль. Клиенты в группе «А» дают больше прибыли, так как потребляют больше услуг, в группу «В» входят только те клиенты, которые приобретают одну услугу, чаще всего это программа «Арча. Зарплата» и дополнительные модули к ней, в группу «С» входят те клиенты, которые приобретают недорогие услуги.

ABC-анализ тесно связан с RFM-анализом, поскольку ABC-анализ показывает долю прибыли выручки от клиентов, а RFM-анализ показывает долю выручки в определенном временном интервале (таблица 2).

Таблица 1

## Показатели по КРІ

Предприятие	ІС		Тензор		Арча	
	2020 г.	2021 г.	2020г.	2021 г.	2020г.	2021 г.
Выручка, руб.	30101100	31201400	627103700	702187900	23056000	26196628
Себестоимость, руб.	19816400	19987300	5446823000	4856276000	20885000	23646000
Валовая прибыль, руб.	102847000	112141000	824214000	2165603000	2171000	2550628
Объем налогов, руб.	4738000	7766000	378911000	99679000	221000	266000
Чистая прибыль, руб.	16196000	31235000	228841000	88555000	1950000	2284628
Рентабельность продаж, %	13,3	16,3	18,9	30,8	9,4	10,8
Доля услуг на рынке, %	4,4	4,1	92,2	92,2	3,4	3,5

Таблица 2

## RFM-анализ клиентского портфолио за период с 2017 по 2021 гг.

Год	Ед. измерения	2017	2018	2019	2020	2021
Количество клиентов, пользующихся программой «Арча. Зарплата»	Кол-во компаний	1491	1364	1288	1183	1090
Отток клиентов		0	-127	-76	-105	-93
Количество клиентов, пользующихся ПО СБИС и ЭЦП		200	553	748	1140	3480
Приток клиентов		0	353	395	745	2735
Выручка	млн руб.	20729	21779	22273	23056	26197

В среднем в год компания «Арча-Сервис» теряет около 80 клиентов, пользующихся программой «Арча. Зарплата», а доля клиентов, которые пользуются зарплатной интернет-отчетностью СБИС и приобретают электронную цифровую подпись, увеличивается. В 2020 г. количество клиентов, пользующихся программой «Арча. Зарплата», снизилось на 105 компаний, а в 2021 г. – на 93 в связи с сокращением количества проведения семинаров и вебинаров, отсутствия анализа причин ухода клиентов и активной рекламной кампанией конкурентов. В 2021 г. рост количества клиентов, пользующихся программным обеспечением СБИС и электронной цифровой подписью, можно объяснить тем, что ООО «Арча-Сервис» проводила рекламную кампанию по товарам массового потребления, которые легче продать, ведь без них организациям достаточно сложно работать, а товаров-заменителей на рынке мало. Проблема неустойчивости потребительского портфеля напрямую связана с отсутствием качественного анализа причин динамики изменений во взаимоотношениях с клиентами и факторов, на них влияющих, что не позволяет менеджерам принимать соответствующие управленческие решения в условиях нестабильности (таблица 3).

В научной литературе и бизнес-практиках до сих пор нет консенсуса по сложному вопросу адаптации небольших IT-компаний к условиям современных вызовов, характеризующихся высокой степенью нестабильности и турбулентности. В этой связи анализ деятельности ООО «Арча-Сервис» показал целесообразность применения в качестве ключевого инструментария CRM-систем, которые позволят пользователям эффективно исследовать и осуществлять процессы адаптации в контексте концепции взаимоотношений с клиентами. Разработка и внедрение CRM-системы «Арча. CRM» позволит обеспечить большую доступность информации по истории взаимодействия с клиентом (выставление счета, оплата, удовлетворенность, работа технической поддержки с вопросами клиента и их решение); определить динамику изменения целевой аудитории; изучить тенденции изменения потребностей и ценностей клиентов; более широко применять ключевые модели менеджмента; оптимизировать анализ данных реальных и потенциальных клиентов; увеличить прибыль (таблица 4).

Таблица 3

Существующая CRM-система ООО «Арча-Сервис»

CRM-система	Преимущества	Недостатки
Почта	Информирует клиентов о новых акциях, продуктах, услугах	Нет обратной связи
Trello	Отслеживание оставленных запросов по технической поддержке клиентов	Сложная система отслеживания удовлетворенности клиента. Чтобы понять, решен вопрос или нет, необходимо вручную обрабатывать результаты и делать выводы
Звонки клиентам	Опрос по качеству обслуживания. Возможность определить степень удовлетворенности клиентов	Большие затраты
Telegram-канал	Информирование клиентов об изменении состояния продуктовой линейки. Есть возможность получения обратной связи от клиентов	Канал создан только для одного продукта

Таблица 4

Показатели приобретаемой выгоды от внедрения CRM-стратегии

Показатель	Значение
Увеличение объема продаж	10 % прироста продаж в год на одного потребителя в течение первых трех лет после внедрения системы
Увеличение процента выигранных сделок	5 % в год в течение первых трех лет после внедрения системы
Увеличение маржи	1–3 % на сделку в течение первых трех лет после внедрения системы
Повышение удовлетворенности клиентов	3 % в год в течение первых трех лет после внедрения системы
Снижение административных издержек на продажи и маркетинг	снижение на 10 % в год в течение первых трех лет после внедрения системы

ЛИТЕРАТУРА

1. Гембл П., Стоун М., Вудкок Н. Маркетинг взаимоотношений с потребителями. – М., 2021. – 312 с.
2. Пейн Э. Руководство по CRM: Путь к совершенствованию менеджмента клиентов. Минск: Гревцов Паблишер, 2020. – 384 с.
3. Кудинов А., Сорокин М., Гольщева Е. CRM: российская практика эффективного бизнеса. – М. : ООО «1С-Публишинг», 2020. – 430 с.
4. Пейн Э. Стратегическая основа управления взаимоотношениями с клиентами // Журнал маркетинга. – 2015. – № 69. – С. 82–94.
5. Иган Д. Маркетинг взаимоотношений. Анализ маркетинговых стратегий на основе взаимоотношений. – М. : Юнити, 2020. – 375 с.
6. Неганова В. П. Категория ценности в маркетинге взаимоотношений // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2012. – № 2 (40). – С.110–117.

УДК 330. 101

## МОТИВАЦИЯ ПЕРСОНАЛА В СОВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Т. Б. Загоруля, канд. пед. наук, доцент кафедры менеджмента  
Московский международный университет, Москва

В настоящее время свыше 85 % опрошенных менеджеров на первое место среди своих задач поставили развитие человеческих ресурсов [1], что включает в себя управление персоналом и его мотивацию. Под управлением персоналом понимается «управление живым трудом, людьми, наиболее сложным и перспективным, потенциально неисчерпаемым ресурсом предприятия» [4]. Такие дисциплины, как «Управление персоналом», «Организационное поведение», «Менеджмент» представляют разные теории и классификации мотивации, мотиваторы, которые можно использовать при создании системы мотивации персоналом в современной организации (таблица 1).

Справедливость как феномен социальной жизни представлена в исследованиях философов, социологов, психологов (Т. А. Алексева, Т. П. Волкова, И. Н. Гаврилова, Б. Н. Кашников, Б. Берри, Р. Нозик, Д. Ролз, Дж. Стерб).

Таблица 1

Виды и примеры мотивации в современной организации<sup>1</sup>

Вид мотивации	Содержание	Пример в организации
Внешняя	Несвязанная с содержанием определенной деятельности, но обусловленная внешними по отношению к субъекту обстоятельствами	Директор организации требует от персонала носить форменную одежду
Внутренняя	Связанная не с внешними обстоятельствами, а с самим содержанием деятельности	Сотрудник обнаружил бракованный товар, его чувство долга говорит ему, что он обязательно должен его убрать, заменить
Положительная	Основана на положительных стимулах	Директор организации устанавливает мотиватор: если сотрудник обслуживает клиентов на высоком уровне, без замечаний, то он получает надбавку к зарплате
Отрицательная	Основана на отрицательных стимулах	Если сотрудник организации обслуживает клиентов на низком уровне, то он не получает надбавку к зарплате
Материальная	Соответствие финансового вознаграждения индивидуума и достигнутых плановых показателей деятельности, корректное соотношение основной заработной платы и дополнительных стимулирующих выплат и премий	Если сотрудник организации демонстрирует высокий уровень исполнения работы, то он может получить премию, бонус (оплата бассейна, мобильной связи и т.д.)
Нематериальная	Совокупность методов поощрения, не требующих весомых финансовых затрат организации	Если сотрудник организации выполняет план продаж, соблюдает трудовую дисциплину, то мотиватором могут быть благодарность, грамота и т.п.

Рассмотрим теорию справедливости Дж. Адамса, которая, на наш взгляд, подходит для мотивации персонала в современной организации. Согласно этой теории, каждый сотрудник сравнивает свои усилия и вознаграждения с аналогичными в организации. Теория справедливости может быть представлена визуально, как весы, на одной чаше – на входе – то, что сотрудник вкладывает

<sup>1</sup> Составлено автором [5, 7].

в работу (усилия, толерантность, сердце, душу, личные качества и т.д.). На другой чаше весов – на выходе – то, что сотрудник получает от своей работы (зарплата, бонусы, безопасность, признание, развитие и т.д.). Если чаши весов находятся в равновесии, то сотрудник получает удовлетворение от работы, с ним поступают справедливо в организации и, наоборот, если возникает дисбаланс, то сотрудник чувствует, что его усилия не вознаграждаются справедливо, поэтому сотрудник становится демотивированным, он сравнивает свою работу и вознаграждение с работой и вознаграждением других сотрудников, у него возникает чувство несправедливости, зависти [5].

Справедливость, справедливое отношение к сотрудникам в организациях может выступать в качестве принципа корпоративной культуры. В этом случае сотрудники будут демонстрировать доверие к администрации, лояльность и приверженность организации, в которой они работают. Сотрудники будут осознавать, что справедливое отношение к каждому из них – это залог успешной профессиональной самореализации и прохождения карьерной лестницы (например, компания «Леруа Мерлен») [6]. Модель мотивационного воздействия, разработанная на основе теории справедливости, должна включать пошаговое решение вопросов/проблем/потребностей, возникающих у сотрудников организации (как «дерево решений»): справедливо ли вознаграждение («да», «нет»); соответствует ли вид вознаграждения выполненной работе («да», «нет»); справедливо ли отношение руководителя к сотруднику («да», «нет») и т.д. К тому же, данная модель должна включать критерии и инструменты/способы мотивационного воздействия.

На наш взгляд, в организациях руководители/менеджеры должны регулярно проводить исследования, чтобы выяснить, как оценивается вознаграждение работниками, справедливо ли оно, какие мотиваторы необходимо применить для работников. В организациях нужна система мотивации, т.к. она позволяет выявить и удовлетворить потребности работников, способствует повышению производительности труда, уровня и качества выполненного объема работы, а также предотвращает текучесть кадров и конфликтные ситуации.

Мотивация персонала возможна путем разработки мотивационной карты сотрудника. В таблице 2 представлен пример мотивационной карты менеджера.

Таблица 2

Пример мотивационной карты менеджера<sup>1</sup>

Мотиватор	Описание	Ранжирование мотиваторов от наиболее значимого к наименее значимому
Заработная плата	Стабильные денежные выплаты два раза в месяц	1
Комфортное/удобное место работы	Место работы должно быть оборудовано по правилам (хорошее освещение, безопасность, автономное место)	2
Оплачиваемый отпуск по графику	За отработанный период возможность получения оплачиваемого отпуска по графику	3
Профессиональный рост	Возможность профессиональной самореализации, развитие профессиональных навыков, получение опыта, возможность карьерного роста	4
Уважение со стороны коллег	Доброжелательные межличностные отношения в коллективе, поддержка, одобрение	5

Обратим внимание на то, что российские исследователи называют заработную плату одним из значимых мотиваторов для сотрудников [2, 3]. Это подтверждается тем, что заработная плата у работников сферы обслуживания и торговли, согласно данным Росстата, в 2021 г. составила 35 399 тыс. руб., что значительно отличается от заработной платы работников других профессиональных групп. Так, заработная плата у специалистов среднего уровня квалификации – 53 596 тыс. руб., у квалифицированных работников сельского и лесного хозяйства – 37 134 тыс.

<sup>1</sup> Составлено автором.

руб., у квалифицированных рабочих промышленности, строительства, транспорта – 51 733 тыс. руб. [8]. Низкий уровень оплаты труда в отрасли ученые связывают с низкой квалификацией работников [2].

Следует отметить, что мотивационная карта сотрудника позволяет выявить мотиваторы и потребности каждого сотрудника; осуществить индивидуальный подход к каждому; способствует самореализации и повышению профессионального уровня сотрудников; это проявление заинтересованности в каждом сотруднике, в результатах его труда; возможность удержать сотрудника в организации; гармонизация отношений внутри коллектива.

Если менеджер ставит цель/задачу перед сотрудником организации – выполнение работы в срок и качественно (высокий уровень исполнения), то сотрудник получает премию; бонусы (оплата бассейна, фитнеса, изучение иностранного языка, мобильной связи и т.д.).

Если менеджер ставит цель перед сотрудником – представление отчетов/документов о выполненной работе, полученных результатах, то способы мотивации – поощрение, похвала со стороны руководителя, публичное признание важности данной работы, отражение информации в корпоративной газете/журнале, на сайте организации.

Если менеджер ставит цель перед сотрудником – осуществить самостоятельную координацию усилий с другими сотрудниками, то способы мотивации – похвала, грамоты, Доска почета, информация на стенде в организации (публичное признание важности оперативного решения вопросов посредством координации).

Таким образом, способов мотивации персонала в организации много, они различны, главным является справедливое отношение к каждому сотруднику в организации, для этого должны быть обозначены публично/открыто требования к выполняемой работе, способы мотивации и вознаграждения за ту или иную работу, выявлены мотиваторы каждого сотрудника. Грамотно выстроенная система мотивации персонала будет способствовать формированию корпоративной культуры, повышению производительности труда сотрудников в организации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андруник А. П. Современные проблемы управления персоналом: социально-психологический аспект // *Перспективы науки.* – 2020. – № 12 (135). – С. 219–221.
2. Генералова А. А., Стрепетов В. Н., Савина С. А. Анализ рынка труда в сфере розничной торговли // *М-лы XXI Всеросс. научн.-практ. конф. «Перспективы развития современного общества».* – Севастополь. 10–11 апреля 2020. – С. 163–167.
3. Литвинюк А. А., Косарева Е. А. Актуальные проблемы управления персоналом в розничной торговле // *Экономика, предпринимательство и право.* – Том 10, № 3. – 2020. – С. 677–688.
4. Попазова О. А., Молодцова Э. Б. Управление персоналом организации : учебник. – СПб : Изд-во СПбГЭУ, 2019. – 267 с.
5. Рябцев А. Ю., Загоруля Т. Б. Менеджмент: экономические аспекты управления. – Екатеринбург : Изд-во УрГЭУ. – 2017. – 131 с.
6. Сайт компании Леруа Мерлен. URL: <https://lerouymerlin.ru> (дата обращения: 22.11.2023).
7. Современные подходы к мотивации и материальному стимулированию персонала. URL: <https://russiansu.ru/motivaciya-personala/sovremennye-podxody-k-motivacii-i-materialnomu-stimulirovaniyu-personala.html> (дата обращения: 21.11.2023).
8. Федеральная служба государственной статистики. URL: [https://rosstat.gov.ru/labour\\_force](https://rosstat.gov.ru/labour_force) (дата обращения: 21.11.2023).

УДК 332.1

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ

В. О. Кожина, канд. экон. наук, доцент

И. В. Толмачева, канд. экон. наук, доцент

Московский международный университет, Москва

Для Российской Федерации транспорт имеет особое значение, учитывая значительную протяженность ее территорий. Развитие транспорта является одним из приоритетных направлений функционирования экономики страны через повышение мобильности всех факторов производства, усиление товарообмена, нарастание интеграции региональных (локальных) рынков в национальный и мировой рынок. Уровень мобильности факторов производства определяет такой показатель, как доля транспортной продукции в валовом внутреннем продукте страны. По состоянию на 2022 г. транспорт в России обеспечивает чуть более 6 % ВВП. В странах БРИКС, Германии и США доля транспорта в ВВП ниже.

Мировой опыт показывает, что ни одна страна мира не способна развивать свою экономику без надежной опоры на транспортную составляющую. Транспорт способствует развитию отраслей экономики страны, повышению конкурентоспособности экономики, улучшению качества жизни населения. Транспортная отрасль влияет не только на уровень экономической безопасности государства, но и в целом на национальную безопасность страны [2].

Из-за пандемийных ограничений движения, локдаунов транспортная отрасль понесла серьезные потери: 230,3 млрд руб. [4]. А в 2022 г. отрасль столкнулась еще и со значительным давлением в виде антироссийских санкций. Хотя эксперты отмечают, что воздействие экономических санкций ощущалось и ранее, но тогда они не нанесли существенного урона развитию транспорта [5].

Структура транспортной системы нашей страны представлена шестью видами транспорта, каждый из которых имеет свою специфику функционирования. Разница функционирования отдельных видов транспорта особенно очевидна в настоящее время, когда все больше растут требования к качеству предоставляемых транспортных услуг, обеспечению максимизации объемов и скорости перевозок, а также удобству перевозок при условии минимизации использования соответствующих ресурсов. Соответственно, и проблемы развития различных видов транспорта неодинаковы. Наряду с общими узкими местами отрасли (существенный износ подвижного состава, недостаточный объем финансирования, недостаточная развитость логистической системы страны, обеспечение безопасности перевозок, санкционные и пандемийные ограничения и пр.) существуют и проблемы отдельных видов транспорта.

В частности, одной из проблем автомобильного транспорта является его низкая экологичность; внутреннего водного транспорта – отсутствие современного флота и необходимость реконструкции ряда ключевых инфраструктурных объектов внутренних водных путей РФ; железнодорожного транспорта, например, ограниченная пропускная способность железнодорожных узлов ряда районов восточной части страны, дефицит контейнеров и пр.

Цифровые данные по структуре инвестиций указаны в таблице [1].

Исходя из данных таблицы можно сформулировать следующие основные выводы за анализируемый период. По объемам наибольшее финансирование в виде инвестиций будет направлено в железнодорожный транспорт – от 19 до 23,2 трлн руб., на втором месте по объему финансирования инвестиций находится дорожное хозяйство, затем воздушный транспорт, наземный городской электротранспорт, метрополитен, автомобильный транспорт, вспомогательная транспортная деятельность, внутренний водный транспорт.

## Объемы и структура инвестиций в развитие транспортной отрасли России в перспективе [1]

Вид транспорта	2021–2024 гг., трлн руб.	2025–2030 гг., трлн руб.	2031–2035 гг., трлн руб.	2021–2035 гг., трлн руб.	2031–2035 гг., %
Железнодорожный	3,7–4,5	7,7–9,4	7,7–9,4	19–23,2	37
Автомобильный	0,6–0,8	0,9–1	0,8–1	2,3–2,8	4
Внутренний водный	0,2–0,2	0,7–0,9	0,5–0,7	1,4–1,7	2,6
Морской	1,2–1,4	1–1,2	0,5–0,7	2,7–3,3	2,6
Воздушный	0,5–0,6	1,4–1,8	1,1–1,3	3–3,7	5,2
Наземный городской электротранспорт	0,1–0,2	1,4–1,7	1,4–1,7	2,8–3,5	6,5
Метрополитен	1,1–1,3	0,7–0,9	0,5–0,6	2,3–2,8	2,2
Дорожное хозяйство	3,3–4,1	7,8–9,6	7,5–9,1	18,6–22,8	36,1

Особая роль железнодорожного транспорта определяется его универсальностью, доступностью для населения, большей протяженностью железных дорог. На втором месте – дорожное хозяйство, которое предполагает создание новых автомобильных дорог общего пользования, ремонт уже находящихся в эксплуатации. На наш взгляд, это абсолютно правильная позиция государства; также выводы подтверждаются и структурой инвестиций в виде долей, выраженных в процентах.

В первый период анализа (2021–2024 гг.) запланировано выделить от 11 до 13 трлн руб., при этом в среднем каждый год около 3 трлн руб., в дальнейшие прогнозные периоды эти цифры постепенно увеличиваются. Развитость транспортной отрасли приведет к экономическому росту регионов, государства и усилению взаимодействия между различными субъектами страны.

Для развития транспортной системы государства необходимо развитие высокоскоростного железнодорожного транспорта, с помощью которого будут сокращаться логистические затраты и время доставки товаров в отношении производителей и потребителей, населения, которое в последнее время все больше ориентируется на передвижения (путешествия) внутри нашей страны в рамках развития внутреннего туризма.

Построение федеральных магистральных скоростных дорог как железнодорожного, так и автомобильного транспорта решит многие вопросы логистики с определенным уровнем эффекта (сокращение времени в пути, затрат).

Необходимо также постепенно разрешать проблему высокой загруженности автомобильных дорог, особенно в крупных городах. В мегаполисах все больше выстраивают различные автомобильные развязки, дополнительные эстакады и другое. Больше всего муниципальные власти ориентируются на использование транспорта более экологически чистого, все чаще в городах используется уже электробусы, которые и наименее затратны по обслуживанию, устанавливаются по территории города станции для электрочарядки и транспорта граждан. Такой подход будет способствовать и улучшению экологической ситуации в городах, особенно в мегаполисах.

Развитость транспортной отрасли также влияет и на уровень развитости отношений в сфере торговли, научно-технического и культурного характера. Для развитости транспортной отрасли в современных условиях необходимо использовать цифровые технологии [3].

На XVII Международном форуме «Транспорт России» обсуждались не только вопросы, но перспективы развития, способы и методы, с помощью которых возможно дальнейшее совершенствование транспортной системы, которая будет отвечать требованиям времени [5].

Одними из приоритетных направлений выделены инновационность и модернизация, которые должны быть использованы в работе транспорта, иначе не будет достигнут успех не только в развитии отрасли, но и в стабильном функционировании экономики страны в целом. Очень важна подготовка необходимых кадров с компетенциями, которые будут способствовать достижению поставленных целей и задач. Очень важны повышение доступности перевозок и увеличение провозной способности ключевых транспортно-логистических узлов в восточном направлении. Среди

задач была определена и технологическая независимость от иностранных производителей с сохранением соответствующего уровня качества предоставляемых услуг [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 год.
2. Кирова И. В., Назарова С. В., Зубова С. В. Транспортная инфраструктура регионов России: текущее состояние и перспективы // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2022. – № 3-1 (85). – С. 133–139.
3. Секушина И. А. Модернизация транспортной инфраструктуры РФ: промежуточные итоги и новые вызовы // Известия ДВФУ. Экономика и управление. – 2022. – № 4. – С. 47–60.
4. Современные тренды развития транспортно-логистической системы России с учетом внешних вызовов и трансформаций внутреннего рынка / О. А. Пястолов, Э. А. Арустамов, С. А. Демурья, М. В. Кравченко // Отходы и ресурсы. – 2023. – Т. 10, № 1.
5. Транспортная неделя 2023. URL: <https://2023.transweek.digital/ru/week/> (дата обращения: 22.22.2023).
6. Щербанин Ю. А. Транспорт России: девять лет экономических санкций // Проблемы прогнозирования. – 2023. – № 5 (200). – С. 45–58.

УДК 658.3.07

## ОРГАНИЗАЦИЯ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

П. В. Макаров, 3-й курс (научный руководитель – В. С. Паршина, д-р экон. наук, профессор)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

В политику управления входит планирование, наём сотрудников, их обучение, использование, развитие и сохранение. Также необходимо организовать хорошие условия труда, создать нормальный климат в коллективе и обеспечить возможность карьерного роста для сотрудников компании [1].

ОАО «РЖД» является одной из крупнейших транспортных компаний в мире, и для обеспечения ее функционирования требуется большое количество работников; в связи с развитием инфраструктуры и увеличением объемов перевозок потребность в новых кадрах будет только возрастать; привлечение молодых специалистов позволит обновить кадровый состав и привнести новые идеи и подходы к работе; развитие железнодорожной отрасли связано с внедрением новых технологий, что требует наличия специалистов с соответствующими навыками и знаниями [2].

К способам кадрового обеспечения на предприятия железнодорожного транспорта следует отнести развитие системы профессионального образования (сотрудничество с железнодорожными вузами и техникумами для подготовки специалистов с учетом современных требований); создание условий для профессионального роста и развития (предоставление возможностей для повышения квалификации, участия в проектах развития, обмена опытом с коллегами из других подразделений и компаний); привлечение молодых специалистов и выпускников вузов (разработка программ стажировок и практик, проведение мероприятий по привлечению студентов и выпускников на работу в РЖД); развитие корпоративной культуры и социальной ответственности (создание привлекательных условий труда, обеспечение социального пакета, забота о здоровье и благополучии сотрудников); внедрение современных технологий и инноваций (использование информационных технологий и автоматизированных систем для упрощения рабочих процессов и улучшения условий труда); улучшение имиджа компании (проведение PR-кампаний и акций, направленных на повышение привлекательности РЖД как работодателя на рынке труда); участие в международных проектах и сотрудничество с зарубежными партнерами (обмен опытом и знаниями с иностранными компаниями, участие в совместных проектах для привлечения иностранных специалистов) [3].

Для выявления степени удовлетворенности работников организацией кадрового обеспечения в эксплуатационном локомотивном депо Красноуфимск Горьковской дирекции тяги – структурном подразделении Дирекции тяги – филиала ОАО «РЖД» проведено социологическое исследование, цель которого – выявление степени удовлетворенности работников организацией кадрового обеспечения.

На основе полученных ответов при анкетировании работников предприятия были выделены основные факторы, которые устраивают работников (рис. 1).

Большая часть респондентов ответила, что они довольны своими условиями и организацией труда (70 %). Социальным пакетом и социальными гарантиями удовлетворены 49. Заработной платой и карьерным ростом доволен только 21 % опрошенных.

Ответы на вопрос – какие критерии вам важны для работы? (предлагалось выбрать не более трех вариантов ответов) – указывают на то, что для работников главным аспектом работы является высокая заработная плата (91 %), а также хороший социальный пакет (51 %). 45 % респондентов отметили, что карьерный рост также важен. Меньше всего работники обращают внимание на территориальное расположение работы (относительно дома): 35 %. Респондентам предлагалось выбрать несколько вариантов ответов (рис. 2).



Рис. 1. Факторы работы на предприятии, которые устраивают работников, %

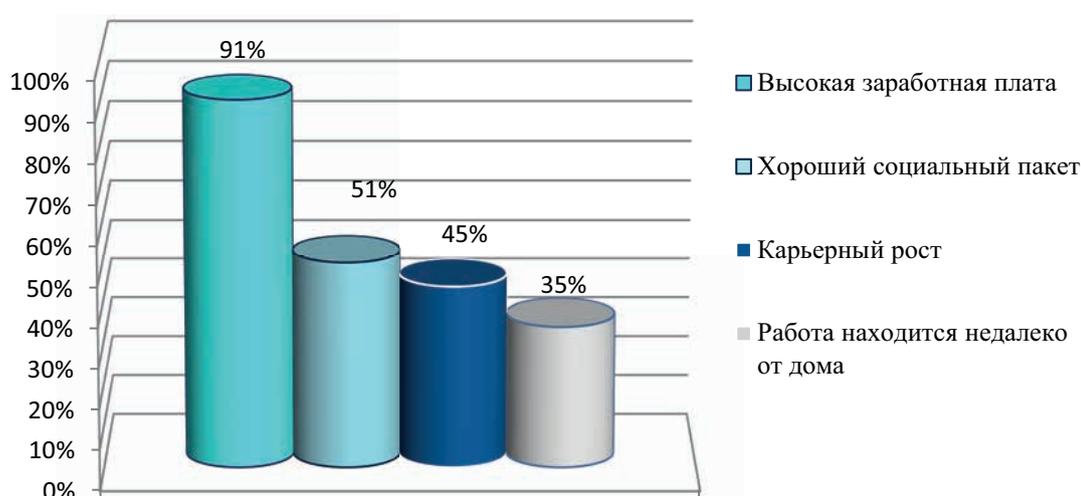


Рис. 2. Факторы, необходимые для работы, %

В ходе исследования было выявлено, что большинство респондентов (80 %) утверждает, что за последний год на предприятии не проводили интервью или анкетирование работников для выявления их удовлетворенности работой, 20 % опрошенных затруднились ответить, 41 % респондентов утверждает, что на предприятии проводится выходное интервью с увольняющимся персоналом, остальные 59 % затруднились ответить.

Интерес при проведении исследования вызвал вопрос о возникновении конфликтных ситуаций между работниками, а также работниками и руководителем. 70 % опрошенных ответили, что конфликты между работниками возникают редко, 10 % указали, что не замечали конфликтных ситуаций между работниками. На вопрос – возникали ли конфликтные ситуации между работниками и руководителем? – большинство (70 %) затруднилось ответить, 20 % отметили, что не бывает конфликтных ситуаций. Остальные 10 % ответили, что конфликтные ситуации бывают, но редко (рис. 3).

С помощью анкетирования выявлены основные факторы недовольства работников. В большинстве случаев работники не довольны своей заработной платой (79 %). Социальным пакетом и социальными гарантиями не удовлетворены чуть больше половины респондентов (51 %). Меньше всего работники не довольны своими условиями труда (11 %) (рис. 4).

На вопрос – что могло бы послужить причиной смены рабочего места? – респонденты ответили, что они готовы уйти на другую работу, если размер заработной платы на прежнем месте будет оставаться невысоким (70 %) и если будет декларируемый социальный пакет (42 %). Остальная часть респондентов выбрала следующие варианты ответа: отсутствие карьерного роста, дальность расположения работы от дома (35 %), смена места жительства (7 %), перенапряжение на рабочем месте (7 %) и слишком высокий объем работы (4 %) (рис. 5).

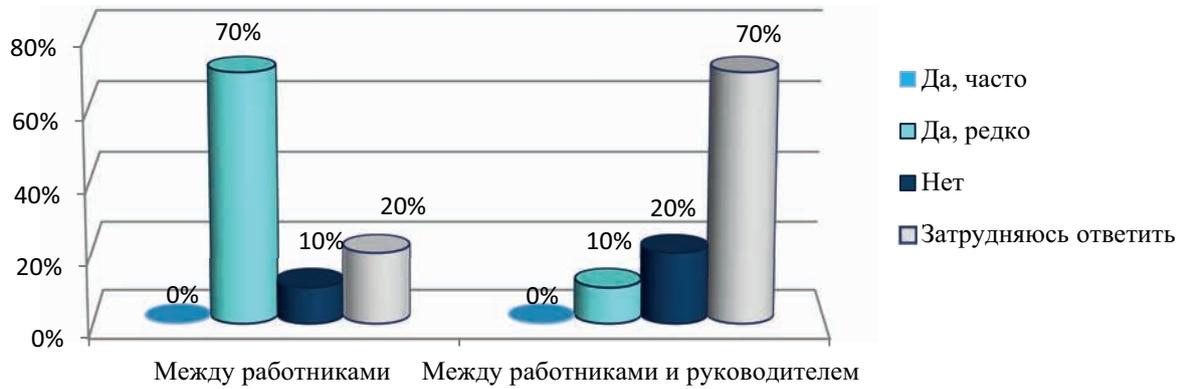


Рис. 3. Частота возникновения конфликтных ситуаций, %



Рис. 4. Факторы работы на предприятии, которые не устраивают работников, %

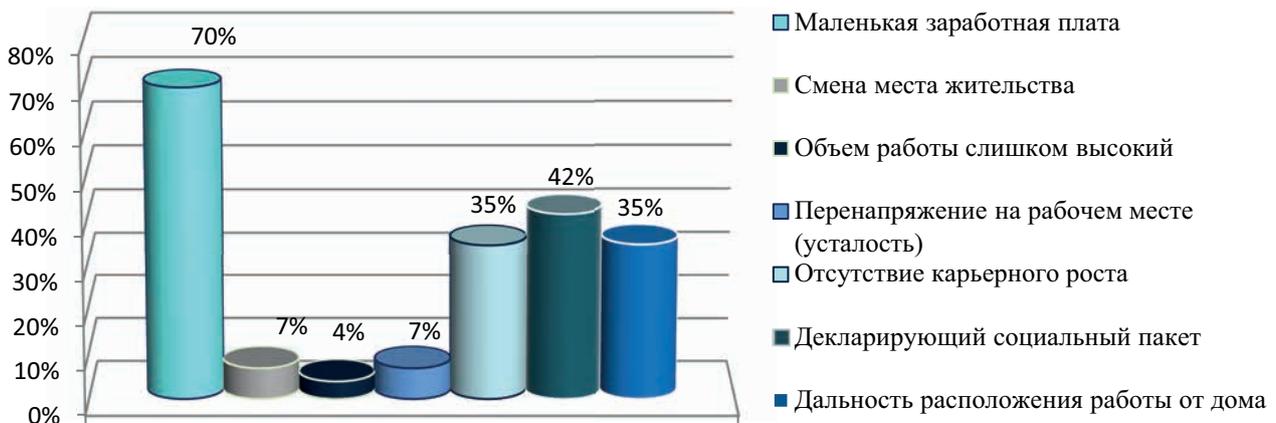


Рис. 5. Факторы, влияющие на решение о смене рабочего места, %

Таким образом, эффективное управление человеческими ресурсами позволяет обеспечить компании необходимыми специалистами, поддерживать высокий уровень профессионализма сотрудников, а также создавать условия для их развития и карьерного роста. Кроме того, грамотное кадровое обеспечение способствует повышению мотивации работников, что, в свою очередь, ведет к улучшению качества работы и повышению уровня удовлетворенности сотрудников своей деятельностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Туркменов, И. О. проблемы формирования и подготовки кадрового обеспечения сезонных работ Восточного полигона ОАО «Российские железные дороги» / И. О. Туркменов, Е. Г. Хоровинникова // Логистика. – 2023. – № 7-8 (200-201). – С. 44–48.
2. Шигаев О. Б., Долгушева О. В. Оценка эффективности использования трудовых ресурсов как инструмент повышения производительности труда подразделений ОАО «РЖД» // Повышение производительности труда на транспорте – источник развития и конкурентоспособности национальной экономики. – 2021. – С. 168–173.
3. Туркменов И. О., Хоровинникова Е. Г. Проблемы формирования и подготовки кадрового обеспечения сезонных работ Восточного полигона ОАО «РЖД» // Логистика. – 2023. – С. 44–48.

УДК 658.5.011

## АВТОМАТИЗАЦИЯ РУТИННЫХ ОПЕРАЦИЙ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОАО «РЖД»

К. Н. Кудрявцева, магистрант

В. П. Неганова, д-р экон. наук, профессор кафедры «Управление в социальных и экономических системах, философия и история»

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Автоматизация рутинных операций для ОАО «РЖД» содержит значительный потенциал для повышения эффективности, совершенствования качества обслуживания и оптимизации использования ресурсов. Реализация соответствующих решений может принести значительные преимущества как для компании, так и для её клиентов [1, 2].

Понятия «рутинные операции» и «трудозатраты» взаимосвязаны. Под трудозатратами работника подразумевается время, которое необходимо специалисту на выполнение определенной задачи. Расчет трудозатрат по предприятию на выполнение конкретной операции представляет собой суммирование трудозатрат каждой рабочей единицы, задействованной в конкретном технологическом процессе. Но существует и понятие «трудоемкость». Трудоемкость отличается от трудозатрат тем, что задает и оценивает не только время на выполнение задачи, но и затраты времени, связанные с спецификой производства.

Анализ трудозатрат необходим, чтобы понимать, насколько эффективно или результативно работают сотрудники и к каким показателям надо стремиться. Медленное выполнение задач сигнализирует о назревшей потребности в оптимизации рабочего процесса, результатом которой должно стать снижение трудозатрат и новые возможности для получения прибыли.

Ежедневно сотрудники РЖД формируют заданную отчетность о фиксации в автоматизированных системах организации и управления перевозочным процессом моментов прибытия, отправления и проследования грузовых поездов в WEB АСОУП-2. Время выполнения процесса в ручном режиме – 36 минут в день. На выполнение работ в течение месяца уходит 18 часов. По этой справке оценивается автоформирование сообщений о продвижении (отправление, прибытие, проследование) поездов всех категорий. Современные цифровые технологии позволяют существенно снизить показатели трудозатрат сотрудников за счет автоматизации их деятельности.

Автоматизация – машинное производство, обычно осуществляемое под контролем компьютера и не требующее вмешательства человека. Автоматизация процессов служит эффективным инструментом, который может заменить ручные операции и минимизировать возможность ошибок при вводе данных. Кроме того, она способствует ускорению работы и уменьшению затрат. При определении уровня автоматизации изначально учитывают ее экономическую эффективность и целесообразность в конкретных производственных условиях [3].

Частичная автоматизация производства – это автоматизация отдельных производственных операций, применяемая, когда регулирование процесса в силу его сложности или переходных вариантов практически недоступно человеку, тогда его качественно заменяет простая автоматика. Пример частичной автоматизации – роботы, легко справляющиеся с широким спектром трудоемких рабочих процессов.

Одной из проблем, требующих особого внимания менеджеров ОАО «РЖД», принимающих управленческие решения, служит выбор эффективного класса технологий, предназначенных для роботизации рутинных процессов [4].

Robotic process automation (RPA) – это класс технологий, основанный на использовании различных роботов, предназначенных для автоматизации повторяющихся задач. RPA – один из вариантов автоматизации с использованием программных роботов. Эти боты взаимодействуют

с бизнес-системами, автоматизируя множество простых задач на операционном уровне. Упрощение процесса создания прикладной системы, переход на создание ее из готовых кубиков – low-code и no-code. В целом RPA базируется на low-code. Low-code – это подход к созданию, настройке и модификации систем и приложений, который практически не требует написания программного кода. No-code – способ создания ИТ-продуктов без написания кода с помощью специальных платформ. Автоматизация настроена для разных систем управления в компании: ERP, СУБД, CRM, HRM, BI, CMS. Например, программные роботы умеют передавать информацию из одного приложения в другое, используя Excel, Word, почту, веб-приложения и т.д. Может использовать графический интерфейс пользователя и обрабатывать информацию как человек, взаимодействуя с элементами на экране.

В настоящее время на ИТ-рынке представлен UiPath, Blue Prism, Robin, PIX Robotics, ElectroNeek и т.п. Наиболее востребованы UiPath и Robin.

ROBIN – российская компания, которая занимается разработкой программного обеспечения для автоматизации бизнес-процессов с помощью программных роботов. Платформа ROBIN – единственная в России, которая предлагает интеграцию технологий искусственного интеллекта и машинного обучения. Она включена в Единый реестр 11 российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. Ключевой функционал платформы специализирован для бизнес-пользователей, не имеющих технической подготовки, которые смогут интуитивно, простым способом быстро настроить программного робота [5].

Технические особенности платформы ROBIN: простая и малозатратная интеграция в существующие информационные системы; неограниченные возможности по расширению функционала, создания как алгоритмических, так и интеллектуальных (машинно-обучаемых) программных роботов и чат-ботов; возможность масштабировать платформу с учётом появления новых процессов для роботизации.

UiPath – RPA-платформа, разработанная для создания интеллектуальных многозадачных систем, способных автоматизировать бизнес-процессы. Платформа UiPath имитирует действия человека при взаимодействии с другими пользовательскими приложениями. Это позволяет применять UiPath в создании роботов, предназначенных для работы с информацией Excel и Word, извлечения данных с веб-сайтов через интерфейсы и сохранения их в файлах xlsx, взаимодействия с приложениями через API, взаимодействия с СУБД MS SQL, извлечения информации из PDF-документов; получения и отправки писем, извлечения из них информации, работы с шаблонами и хранения учетных данных.

UiPath и ROBIN – две уникальные платформы, которые обладают примерно одинаковыми базовыми функциями и выполняют действия с высокой скоростью. Обе оснащены функцией машинного зрения, что позволяет им работать с большим количеством данных и решать сложные задачи. UiPath специализируется на работе с веб-приложениями, а также может отправлять электронные письма и работать с процессами. Аналогичные возможности доступны и в ROBIN. ROBIN обладает функцией распознавания текста при помощи интегрированных бесплатных средств, позволяет использовать сторонние приложения для этой цели, например, Abbyy, Yandex, DBrain. UiPath также имеет встроенное OCR-решение для распознавания текста. Этот базовый набор функций достаточен для реализации широкого спектра стандартизированных задач. В ROBIN есть уникальная возможность удаленной отладки.

Таким образом, каждая из этих платформ предназначена для определенного типа пользователей и может быть использована в зависимости от конкретных потребностей ОАО «РЖД» и требований бизнес-процессов. Решению поставленных задач, учитывая необходимость в быстром внедрении платформы, в большей мере соответствует ROBIN. ROBIN Studio – это компонент платформы для создания программных роботов. Робот создается с помощью графического конструктора, алгоритм его работы создается в формате блок-схем. Блок-схема – это графическая модель, описывающая метод или процесс, где отдельные шаги представлены в виде блоков различной формы, соединенных между собой линиями, указывающими последовательность. Платформа ROBIN поддерживает возможность создавать и добавлять в ROBIN Studio действия, не предусмотренные стандартным функционалом студии.

Преимущества автоматизации рутины для ОАО «РЖД»: увеличение производительности; снижение рисков и ошибок; улучшение точности и надежности; оптимизация использования ресурсов; повышение уровня обслуживания.

Поскольку процессы цифровой трансформации ОАО «РЖД» находятся на начальном этапе, её проблемное поле содержит множество исследовательских вопросов и возможных путей их решения, которые позволят ученым обогатить теорию и методологию, а практикам – принимать эффективные управленческие решения в условиях нестабильной бизнес-среды [6].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Суконников Г. В. О цифровой трансформации ОАО «РЖД» // Экономика железных дорог. – 2022. – № 8. – С. 30–38.
2. Willcocks L. P. The IT Function and Robotic Process Automation / L. P. Willcocks, M. Lacity, A. Craig // The Out-sourcing Unit Working Research Paper Series. 2015. No. 15/05. 39 p.
3. RPA-платформы. Портал про RPA 2.0. URL: [http://rpa2.ru/rpa\\_platformy](http://rpa2.ru/rpa_platformy) (дата обращения: 12.10.2023).
4. Почему RPA становится технологией года? URL: <http://www.tadviser.ru/a/460508> (дата обращения 11.09.2023).
5. Ермаков С. Г. Использование платформы Robin RPA в процессе цифровой трансформации транспортных компаний // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2023. – № 1 (33). – С. 5–14.
6. Неганов С. А., Неганова В. П. Факторы, препятствующие интеграции российских компаний в цифровые платформы // Экономика и управление. – 2022. – Т. 28, № 8. – С. 767–777.

УДК 004.9

## ИНФОРМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УНИВЕРСИТЕТА

Ю. С. Белкина, аспирант (научный руководитель – В. С. Паршина, д-р экон. наук)  
Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Необходимость оперативного реагирования на запросы рынка труда, на конъюнктуру рынка в сфере образовательных услуг, на быстро меняющуюся экономическую ситуацию требует оптимизации процессов внутреннего управления вузом. Практика других отраслей, положительный опыт информатизации отдельных подсистем, накопленный в сфере образования, а также потенциал, заложенный в новых информационных технологиях, показывают, что все это можно использовать для повышения эффективности деятельности вуза [1].

Востребованность подобного инструмента управления послужила началом создания автоматизированной информационно-аналитической системы для повышения скорости и качества принятия управленческих решений.

Информационно-аналитическая система (ИАС) – программно-аппаратный комплекс, который позволяет проводить мониторинг, выполнять аналитические работы любой сложности, обрабатывать большие объемы информации, включая те, что поступают в режиме реального времени и тем самым повышать эффективность работы [1].

Создание системы информационно-аналитического сопровождения деятельности в высшем учебном заведении преследует свои цели: создание и внедрение новых форм и методов управления вузом; создание и ведение единой базы данных поддержки различных видов деятельности университета; кардинальное сокращение времени, необходимого на прохождение информации, требующейся для принятия решений на различных уровнях управления университетом; автоматизация и повышение эффективности работы сотрудников подразделений университета; обеспечение информационных потребностей пользователей системы; формирование представления о высшем учебном заведении в регионе и всем мировом пространстве на основе использования интегрированной базы данных и интернет-технологий [2].

Таким образом, система помогает в информационно-аналитической работе.

Информационно-аналитическая работа – сбор, хранение и комплексная обработка информации для подготовки обоснованных предложений по эффективному решению задач, выработке оптимальной программы действий [3].

По распределению объемов трудозатрат в осуществлении информационно-аналитической работы можно выделить: а) информационную работу, которая занимает 90 % времени (поиск и обработка первичной обработки информации; сбор, систематизация, классификация и др.), б) аналитическую, на которую приходится 10 % общего времени; качественно-смысловая обработка информации, ее оценка и подготовка принятия решений [3].

Проанализировать ИАС предлагается на основе ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения». Здесь используется более 55 разного рода программных продуктов – от обучающих программных комплексов до антивирусных систем и АСУ.

В общем виде ИАС в вузе можно разделить на три ключевых направления деятельности (рис. 1).

В части образовательного процесса вуз использует электронную информационно-образовательную среду – совокупность информационных и телекоммуникационных технологий, соответствующих технологических средств, электронных информационных и образовательных ресурсов, необходимых для освоения обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от их места нахождения [4].

В рамках учебной деятельности университет использует специальные программы для моделирования, прогнозирования и решения отраслевых задач: MathCAD, КОМПАС-3D, Statistica,

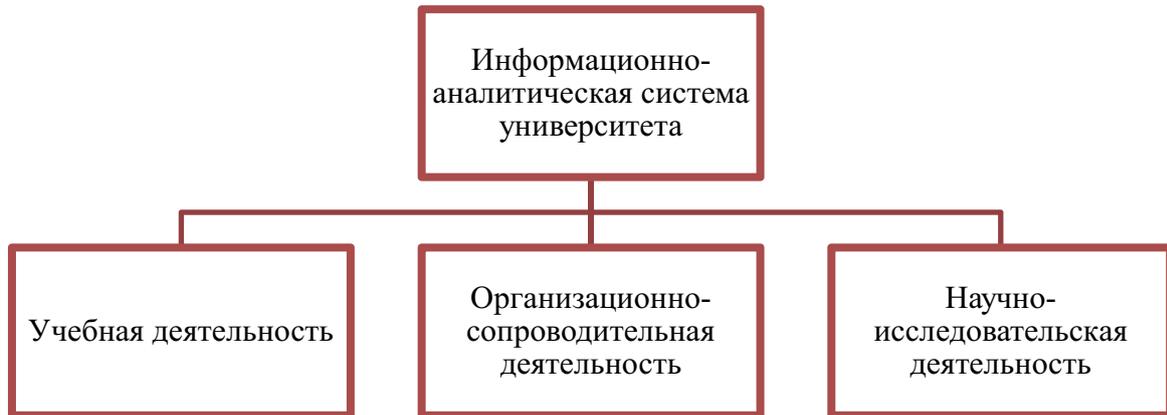


Рис. 1. Информационно-аналитическая система университета

Comsol Multiphysics и другие. Кроме того, отдельно можно выделить систему электронной поддержки обучения – Blackboard Learn, через которую осуществляется весь образовательный процесс.

Организационно-сопроводительная деятельность включает в себя автоматизацию управления деятельностью с использованием нескольких автоматизированных информационных систем. Для кадровой и бухгалтерской работы используются «1С: Зарплата и кадры», «1С: Бухгалтерия государственного учреждения (БГУ)».

Для ведения отчетности по абитуриентам, студентам и сопровождения образовательной деятельности используется программа «1С: Предприятие. Комплект для обучения в высших и средних учебных заведениях».

Через систему электронного документооборота (СЭД) согласовываются приказы, регистрируются входящие и исходящие документы, рассылаются распоряжения ректора.

С 2024 г. руководство вуза планирует ввести в действие программу «1С: Документооборот». Действие ЕСМ-системы объединит в себе все сферы документооборота организации и перенесет работу в электронный формат.

Научно-исследовательская деятельность университета представлена несколькими направлениями (рис. 2).

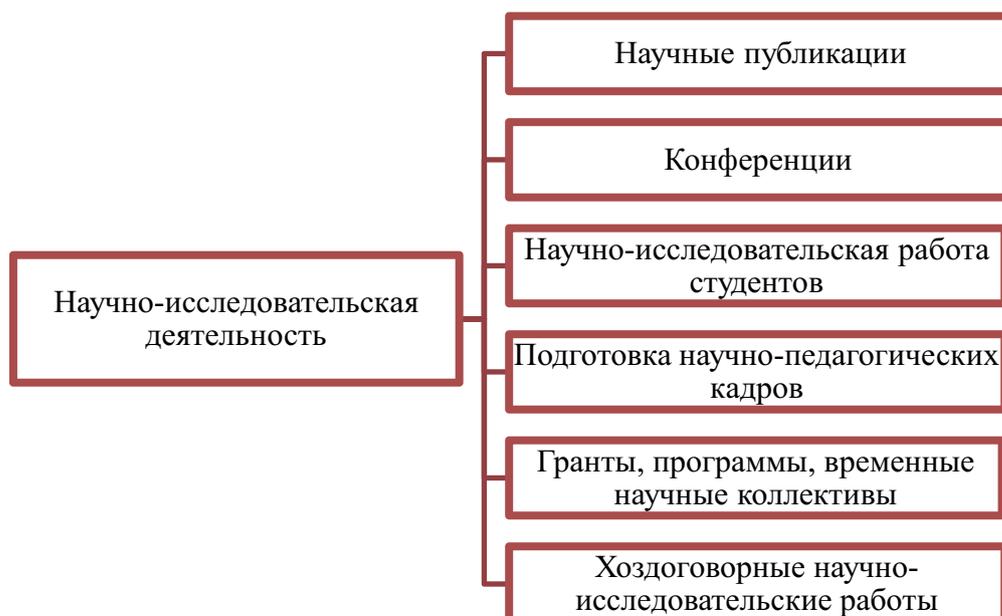


Рис. 2. Направления научно-исследовательской деятельности

У каждого подраздела – уникальный процесс, сопряженный с определенным перечнем действий. Рассмотрим процесс «Научные публикации» (рис. 3).

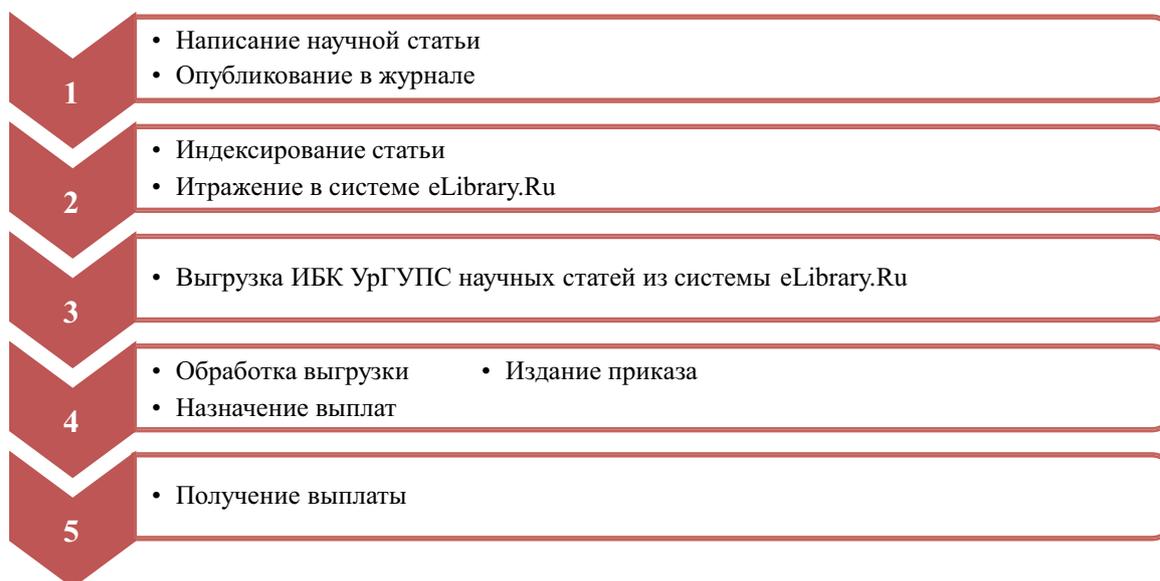


Рис. 3. Процессы, сопровождающие публикационную деятельность

На первый взгляд, сам процесс прост. Но в части использования информационных ресурсов ситуация сложнее. Выгрузка и обработка осуществляется преимущественно ручным способом. Частичная обработка осуществляется при помощи алгоритмов Python, далее работа происходит в Microsoft Excel. Получаемая таким образом информация не находит отражения в информационных системах вуза. Автор не может отследить состояние публикации в вузе: была ли выгружена, прошла ли проверку, назначена ли выплата. Для получения актуальной информации необходимо связываться с ответственными за обработку лицами.

Больше сложностей вызывает процедура получения материального стимулирования за научно-исследовательскую работу студентов (НИРС). Для сбора информации используется сервис Yandex Forms. Действующая система представлена в таблице.

Система получения материального стимулирования

Процесс	Участники	Примечание
Поиск ссылки на форму заявления	Сам сотрудник, заведующий кафедрой	Ссылку можно найти в почте, у коллег, заведующего кафедрой, ответственного сотрудника НИЧ
Заполнение и отправка заявления	Сам сотрудник	Все поля сотрудник заполняет вручную
Получение заявления сотрудником НИЧ и отправка на почту автору	Сотрудник НИЧ	Обработка и отправка на почту заявлений осуществляется вручную
Получение готовой формы заявления, виза заведующего кафедрой, декана	Сам сотрудник, заведующий кафедрой, декан	Получив и распечатав заявление, сотрудник должен приложить подтверждающие документы и получить визы согласования зав. кафедрой и декана
Согласованное заявление представляется сотруднику НИЧ	Сам сотрудник, сотрудник НИЧ	Сотрудник НИЧ проверяет подписи и принимает заявление в работу
Обработка заявления	Сотрудник НИЧ	Сверка бумажных версий и заполненных электронных форм
Подготовка приказа	Сотрудник НИЧ	На основании проверенных заявлений назначается выплата
Получение выплаты сотрудником	Сам сотрудник	Получение итоговой суммы сотрудником

Много работы осуществляется вручную как со стороны сотрудника, так и со стороны проверяющего, особенно в части проверки заявлений и последующей подготовки приказа.

Информация об участии в конкурсах, грантах, конференциях (не считая участия со студентами) не отслеживается.

Таким образом, используемые методы обработки информации приводят к большим трудозатратам, не позволяют проводить оперативный мониторинг информации, вызывают негативную реакцию сотрудников вследствие задержки итоговой оценки результатов научно-исследовательской деятельности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Титова Г. С. Информационно-аналитическая система в управлении подготовкой специалистов вуза. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionno-analiticheskaya-sistema-v-upravlenii-podgotovkoj-spetsialistov-vuza> (дата обращения: 20.11.2023).
2. Официальный сайт Оренбургского государственного университета. URL: <http://www.osu.ru/doc/966> (дата обращения: 20.11.2023).
3. Аналитическое обеспечение принятия управленческого решения : учебное пособие / под ред. д.ф.н., проф. А. И. Селиванова. – М. : ИПКГосслужбы, 2005. – 160 с.
4. Положение ПЛ 2.2.9-2020 «Об электронной информационно-образовательной среде», утвержденное приказом ректора УрГУПС № 518 от 05.11.2020.

УДК 908.629.423

## УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ ИНЖЕНЕРНЫМИ РЕСУРСАМИ НА СВЕРДЛОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ: ИСТОРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

А. А. Конов, д-р ист. наук, доцент

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Проблема обеспечения российской экономики квалифицированными инженерными кадрами приобретает в настоящее время жизненное значение и определяет перспективы дальнейшего развития нашего государства. Совершенно очевиден недостаток в промышленности и на транспорте опытных организаторов и управленцев, конструкторов и изобретателей, падает уровень теоретической и практической подготовки молодых специалистов из-за утраты традиций педагогических и научно-инженерных школ, возникают серьезные проблемы с адаптацией молодых специалистов на производстве и в трудовых коллективах. В связи с этим будет весьма полезным обратиться к советскому опыту управления интеллектуальными инженерными ресурсами на железнодорожном транспорте.

Можно выделить три интеллектуальных инженерных центра, личный состав которых принял непосредственное участие в модернизационных процессах: предприятия самой железной дороги, Уральское отделение ВНИИЖТ, Уральский электромеханический институт инженеров железнодорожного транспорта, открытый в 1956 г. в связи с принятием Генерального плана электрификации железных дорог.

На Свердловской железной дороге основными формами научно-технического, интеллектуального творчества инженеров стали научно-технические общества, различного рода общественно-конструкторские бюро и технологические группы. В 1956 г. в Пермской дистанции пути создана технологическая инженерная группа во главе с инженерами Кравченко, Булдаковым, Дергоусовым, Насыровой, занимавшаяся разработкой целой системы машин и приспособлений по механизации труда рабочих-путейцев. Технологической группой разработан и внедрен пермский метод лечения земляного полотна при помощи асбестовых «подушек». Поиском новых форм организации перевозок на станции Пермь-Сортировочная занималась технологическая группа, куда входили инженеры Ряшко, Харланович, Дидин, Шнейдер, Гаврюшин, Тормозов, Болотов, Гутермахер, Букалов. В январе 1964 г. инженерами этой группы введена новая технология работы сортировочной станции, построенная на принципах диспетчерского руководства маневровой и грузовой работой станции, обеспечения предварительной информацией о подходе грузовых поездов, введения единой нормы простоя вагонов на станции и подъездных путях [1].

Инженерный состав научно-технических обществ Свердловской железной дороги решал достаточно крупные проблемы модернизации отдельных предприятий и участков железной дороги. В 1963 г. члены научно-технического общества девяти дистанции СЦБ и связи Пермского отделения дороги смогли самостоятельно оборудовать новыми средствами связи участки между станциями Кизел – Березники и Березники – Соликамск. В результате были обеспечены новыми средствами связи не только все предприятия Пермского отделения, но и промышленные предприятия Березников и Соликамска [2].

В 1963 г. коллектив научно-технического общества Серовского отделения под руководством главного инженера отделения Горностырева предпринял крупные работы по реконструкции станции Серов-Сортировочный, не справлявшейся с ростом грузовых перевозок. Коллектив Серовского отделения своими силами построил соединительный путь между станциями Источник и Серовская ГРЭС, чтобы направить поток угольных грузов в обход станции Серов-Сортировочный. Инженеры отделения самостоятельно разработали проект новой линии и сумели его реализовать

так, что станция Серов-Сортировочный практически получила вторые пути. В этом же году коллективом Серовского отделения с помощью ссуды Госбанка была выполнена электрификация наиболее грузонапряженного участка Климки – Воронцовка [3].

Крайне сложные, многоплановые задачи модернизации железнодорожного транспорта решал инженерный состав УО ВНИИЖТ. В условиях интенсивной модернизации железнодорожного транспорта Урала на базе электрификации увеличились скорости движения грузовых и пассажирских поездов через Свердловский железнодорожный узел. Паровая тяга на пригородных пассажирских линиях стала сдерживать движение поездов через узел. В июле 1964 г. по указанию коллегии МПС учеными УО ВНИИЖТ А. Ефановым, И. Мартыновым при участии главного инженера Свердловской дороги П.Ф. Хахаева, начальника Свердловского отделения В. Попова был составлен проект организации пригородного пассажирского движения в Свердловской области. Ученые предложили перевести на обслуживание дизельными пассажирскими поездами участки с небольшим пассажиропотоком: Свердловск – Уфалей, Свердловск – Багаряк, Свердловск – Асбест, Свердловск – Колоткино – Марамзино, Дружинино – Атиг – Михайловский завод. На электрическую тягу переводились пригородные линии с большим пассажиропотоком от Свердловска до Арамиля, Баженово, Сысерти, Монетной с организацией маятникового движения на этих участках. При этом предусматривалось движение электропоездов до станций наибольшего пассажиропотока без остановок. Специалисты предложили при строительстве южного обхода Свердловского узла Решеты – Арамиль построить пассажирскую станцию со всеми необходимыми устройствами для пропуска транзитных пассажирских поездов, а основную станцию Свердловск-Пассажирский использовать для обработки поездов своего формирования и пропуска пригородных поездов. Для обеспечения безопасной посадки и высадки пассажиров на всех остановочных пунктах предусматривалось строительство типовых железобетонных платформ с электрическим освещением [4].

На участках с интенсивным пригородным движением уральские специалисты предлагали широкую эксплуатацию электропоездов ЭР-10 с тремя дверями в вагоне, а также строительство высоких пассажирских платформ длиной 250 м, обеспечивавших обращение составов из 10 вагонов. В крупных промышленных центрах для организации пассажирского движения предполагалось использовать подъездные пути промышленного транспорта с оснащением их автоблокировкой и электрической централизацией стрелок. Допускалось также эффективное использование на подъездных путях автотрис для регулярного движения в течение суток. Для улучшения транспортной связи крупнейших городов Урала с аэропортами и городами-спутниками ученые предложили построить монорельсовые эстакадные дороги, обеспечивающие доставку пассажиров со скоростью до 160 км/ч. Учеными было также выдвинуто предложение об организации в крупных железнодорожных узлах Урала, отправлявших свыше 1 млн пассажиров в год, движения дневных скоростных межобластных поездов, обеспечивавших следование пассажиров между городами за 4-6 часов. Эти поезда предполагалось формировать из вагонов межобластного сообщения, оснащенные мягкими креслами. Такие поезда планировалось запустить между Свердловском и Челябинском, Свердловском и Пермью, Новосибирском и Омском [4].

Инженерами УО ВНИИЖТ была проведена большая работа по внедрению на Свердловской дороге новой системы энергоснабжения постоянного тока повышенного напряжения на участке Нейворудянская – Верхнейвинск. Новая система энергоснабжения позволила поднять уровень напряжения в контактной сети и увеличить пропускную способность перегона без строительства дополнительных тяговых подстанций [5].

В 1964 г. инженеры УО ВНИИЖТ С. А. Пушкарева и С. И. Проскуряков разработали технологию упрочнения и восстановления электровозных деталей электрохимическими методами. В результате выполненного исследования установлены причины повреждений деталей межтележечного сочленения электровозов ВЛ8 и разработаны рекомендации по упрочнению и восстановлению ответственных деталей электровозов [6].

Важным центром практического решения сложных научных задач модернизации железнодорожного транспорта стал Уральский электромеханический институт инженеров железнодорожного транспорта.

С 23 марта по 28 июня 1962 г. на Свердловской дороге под руководством доцента УЭМИИТа А. М. Дядькова впервые в СССР были проведены исследования электромеханических и электромагнитных процессов в электровозах с тяговыми двигателями смешанного возбуждения. Электровоз ВЛ22<sup>м</sup> испытывался на участках Свердловск-Сортировочный – Смычка и Свердловск-Сортировочный – Дружинино в обычных эксплуатационных условиях. Помимо А. М. Дядькова в испытаниях электровоза принимали участие аспиранты УЭМИИТа В. И. Зонов, В. И. Куимов, Г. М. Нафиков, а также инженер депо Свердловск-Сортировочный Г. И. Борщевский. При испытаниях электровоз показал свои неоспоримые преимущества перед серийными электровозами ВЛ22<sup>м</sup>. При взятии поезда с места начальная сила тяги электровоза была значительно больше, чем у серийного электровоза. Электровоз с двигателями смешанного возбуждения имел меньшую склонность к боксованию при плохом сцеплении колесных пар с рельсами, развивал большую скорость, чем у серийного электровоза, развивал силу тяги на 8-10 % большую, чем электровоз с двигателями последовательного возбуждения. При скорости 75 км/ч электровоз реализовывал часовую мощность своих двигателей на 82,5 % вместо 29 % при последовательном возбуждении двигателей. В 1966 г. в ходе новых испытаний А. М. Дядькову удалось доказать, что при высоких скоростях движения сила тяги электровоза с двигателями смешанного возбуждения превышала силу тяги электровоза с двигателями последовательного возбуждения в 2-2,6 раза, что позволяло полнее использовать мощность электровоза [7].

Рост скоростей движения поездов потребовал автоматизации управления электрическим подвижным составом. С ростом скоростей движения увеличивалось число участков, где ограничивалась скорость движения, создавались дополнительные трудности в управлении поездом. В 1965 г. ведущим научным сотрудником УЭМИИТа Б. Д. Никифоровым была разработана система автоматического управления тормозами поездов (САУТ), предназначенная для автоматического ведения поезда по сигналам автоблокировки, а также по участкам пути, где были установлены постоянные или временные ограничения скорости движения. САУТ могла использоваться при всех видах тяги и на любых движущихся единицах, оборудованных локомотивной сигнализацией и автостопом. САУТ обеспечивала безопасное следование поездов и позволяла реализовать максимальные допускаемые скорости движения, в необходимых случаях могла использоваться для повышения пропускной способности участка за счет сокращения интервалов попутного следования.

Конструктивно САУТ была выполнена в виде напольных блоков, устанавливаемых в релейных шкафах автоблокировки и локомотивных устройств. Блоки локомотивного устройства обеспечивали ведение поезда на основе информации, которая поступала от напольных устройств. Передача информации осуществлялась при помощи шлейфа длиной до 10–12 м, укладываемого внутри колеи. Блоки сравнения, непрерывно сравнивавшие фактическую скорость с установленной по программе движения, с помощью блока автоуправления тормозами были подключены к схеме электропневматических тормозов так, чтобы при превышении скорости должно было обеспечиваться автоматическое торможение поезда. При попытке превысить скорость поезд автоматически останавливался [8].

В 1965 г. преподаватель УЭМИИТа, инженер И. Г. Левин создал специальное устройство: стабилизатор темпа ликвидации сверхзарядки тормозной магистрали грузового поезда, позволяющий устранять опасность срабатывания тормозов при высоких величинах перегрузки тормозной магистрали, а также быстро осуществлять подготовку к повторным торможениям. Испытания с грузовыми поездами различной длины показали, что при регулировке стабилизатора на время ликвидации сверхзарядки переход на нормальное зарядное давление в тормозной магистрали осуществлялся независимо от величины перегрузки магистрали без произвольного срабатывания тормозов в поезде. При повторных торможениях создавалась возможность производить отпуск тормозов после каждого торможения повышенным давлением, каждое торможение выполнялось с нормальной зарядной величины. Стабилизатор И. Г. Левина позволял включать тормоза поезда повышенным давлением и на участках с крутыми затяжными спусками [9].

Таким образом, советский инженер железнодорожного транспорта стал талантливым конструктором, организатором технологических процессов, привнесшим инновационные идеи и разработки в наиболее трудные, узкие места производственного процесса на транспорте. Своими

научными разработками, изобретениями уральские ученые и инженеры транспорта смогли вытянуть советский железнодорожный транспорт на уровень мировых научно-технических достижений, поставить его в один ряд с передовыми транспортными системами мира. При этом базовой основой всех научных, инженерных разработок на железнодорожном транспорте стала электрификация железных дорог, сопровождавшаяся попутным внедрением автоматики, радиосвязи, интенсивным совершенствованием путевого хозяйства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Литовченко Г. А. Пермские железнодорожники в этом суровом, яростном и прекрасном мире. От 1946 до 2008 года. От события к событию. Пермь, 2008. С. 53.
2. Государственный архив Свердловской области (ГАСО). Ф. Р2107. Оп. 5. Д. 29. Л. 63.
3. ГАСО. Ф. Р-2107. Оп. 5. Д. 29. Л. 9–10.
4. ГАСО. Ф. Р-2107. Оп. 5. Д. 38. Л. 128–137.
5. ГАСО. Ф. Р-2107. Оп. 5. Д. 43. Л. 3.
6. ГАСО. Ф. Р-2107. Оп. 5. Д. 47. Л. 22.
7. Отчет № 5 о научно-исследовательской работе на тему «Исследование электромеханических и электромагнитных процессов в электровозах с тяговыми двигателями смешанного возбуждения». Свердловск, 1962. С. 42–54.
8. Отчет № 21 по научно-исследовательской работе автоматизация управления подвижным составом электрических железных дорог при следовании по сигналам автоблокировки и участкам пути, требующим снижения скорости. Свердловск, 1965. С. 40–55.
9. Отчет по научно-исследовательской работе «Разработка и исследование устройства для автоматической стабилизации процесса ликвидации сверхзарядки тормозной магистрали поезда». Свердловск, 1965. С. 69.

УДК 379.85

## ФОРМИРОВАНИЕ МАРКЕТИНГОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ В ТУРИЗМЕ

В. С. Паршина, д-р экон. наук, профессор

М. А. Васильева

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Современный туристический рынок является одной из самых динамичных и конкурентных отраслей бизнеса. В условиях перенасыщения предложениями и возрастающих ожиданий потребителей формирование эффективных маркетинговых коммуникаций в туризме становится неотъемлемой частью успешного развития компаний и достижения конкурентного преимущества. Для туристической компании очень важно установление прочных связей с уже имеющимися и потенциальными клиентами. Соответственно, любая туристическая фирма вынуждена находить актуальные способы рыночного продвижения услуг.

Однако маркетинг в туризме имеет свои особенности [7]. Он направлен на привлечение и удержание клиентов в условиях высокой конкуренции и создание уникального образа бренда и построение долгосрочных отношений с клиентами.

Формирование маркетинговых коммуникаций в туризме требует внимания к деталям и глубокого понимания потребностей и предпочтений целевой аудитории [6]. От правильно разработанных и реализованных коммуникационных стратегий зависит не только привлечение новых клиентов, но и удержание уже имеющихся, а также создание положительного образа компании.

Главная цель маркетинговых коммуникаций в туризме – создание представления о маркетинговой стратегии туристической компании у потенциальных клиентов. Для этого необходимо передать информацию о товаре, его стоимости и способах продажи, чтобы вызвать интерес (рис. 1).



Рис. 1. Система маркетинговых коммуникаций [6]

Сам товар, его стоимость, способы продвижения и место расположения фирмы в сочетании с маркетинговыми коммуникациями формируют маркетинг-микс как систему.

Особенности маркетинга современных турфирм, построенного на поддержании связей с посредниками, потребителями и представителями общественности, представлены в [1].

Измерение эффективности маркетинговых коммуникаций служит важным этапом в разработке стратегии продвижения туристического продукта. Ключевые показатели помогают оценить достигнутые результаты и определить эффективность проведенных мероприятий. Один из основных показателей отдачи маркетинговых действий – конверсия. Она отражает процент посетителей, которые совершили целевое действие, такое как бронирование тура или подписка на рассылку. Высокая конверсия свидетельствует о привлекательности предложения и успешном воздействии коммуникаций на потенциальных клиентов [1].

Очень важен охват аудитории. Он определяет количество людей, которых удалось заинтересовать с помощью маркетинговых коммуникаций. Чем больше охват, тем больше потенциальных клиентов узнают о предложении и, возможно, воспользуются им.

Методы анализа эффективности маркетинговых коммуникаций включают сбор данных из различных источников: аналитика сайта, отчеты по рекламным кампаниям, отзывы клиентов и т.д. [5]. Эти данные позволяют оценить влияние каждого канала коммуникации на конверсию и охват аудитории.

Система маркетинговых коммуникаций (СМК) – это совокупность субъектов, а также средств, каналов, прямых (сообщений) и обратных (реакция получателя) связей в процессе взаимодействия маркетинговой системы с внешней средой, а также совокупность форм и средств межчеловеческого взаимодействия.

Формирование маркетинговых коммуникаций в туризме – важный аспект успешного продвижения туристических услуг и привлечения клиентов. Для достижения эффективных результатов необходимо использовать различные инструменты, которые позволят привлечь внимание потенциальных туристов и убедить их выбрать предложение вашей компании.

Один из основных инструментов формирования маркетинговых коммуникаций в туризме – реклама. Реклама может быть размещена как на традиционных носителях (телевидение, радио или печатные издания), так и на онлайн-платформах (сайты или социальные сети). Важно провести анализ целевой аудитории и выбрать подходящие каналы для размещения рекламы.

Еще одним неотъемлемым инструментом служит PR-деятельность. Создание положительного имиджа компании через СМИ, организация пресс-туров для журналистов или участие в выставках и фестивалях помогут повысить узнаваемость и привлекательность компании для потенциальных клиентов [2].

Сегодня большую популярность набирают также социальные медиа. Создание аккаунтов в популярных социальных сетях, регулярное обновление контента и взаимодействие с подписчиками помогут не только продвинуть услуги, но и установить доверительные отношения с клиентами.

Система маркетинговых коммуникаций объединяет участников, каналы и инструменты коммуникаций, для установления и поддержания взаимоотношений, направленных на достижение стратегических маркетинговых задач [4] (рис. 2).

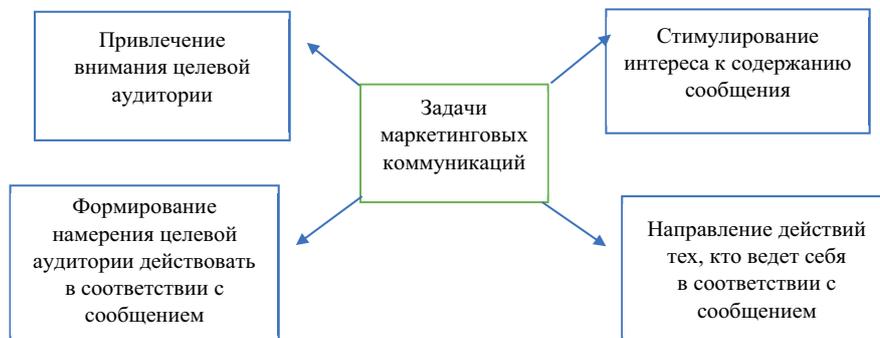


Рис. 2. Основные задачи маркетинговых коммуникаций

Можно выделить основную задачу маркетинговых коммуникаций в туристических компаниях: формирование и поддержание положительного общественного мнения о функционировании туристического рынка и вкладе его в общественно-экономическую жизнь страны.

Для понимания роли отдельных коммуникаций в работе конкретной турфирмы проведено исследование по выявлению наиболее популярных информационных каналов, используемых туристами г. Нижнего Тагила при выборе ими Краснодарского края (по пяти популярным курортам) в качестве места отдыха (таблица).

Наибольшее влияние на выбор Краснодарского края в качестве места отдыха оказывают рассказы друзей, знакомых, собственный опыт туриста, Интернет. Можно сделать вывод, что в потребительских предпочтениях на рынке туристских услуг важным элементом становится формирование отношения потенциального покупателя к туристскому продукту, региону, территории.

## Используемые информационные каналы при выборе места отдыха

Информационный канал	Сочи	Анапа	Геленджик	Туапсе	Новороссийск
Рассказы друзей, знакомых	68,2	56,2	52,8	48,3	69,4
Собственный опыт	43,4	52,1	45,2	41,2	38,2
Сайты	22,2	21,1	32,1	28	24,1
Телевизионные передачи	18,2	8,2	6,3	7,1	22,5
Рассказы туроператоров	10,1	9,5	12	5,6	4,5
Рекламные объявления	5,5	4,2	6,2	4,3	3,1
Путеводители	4,1	3,1	5,6	4,3	7,8
Радиопередачи	3,2	2,5	3,2	1,5	4,1
Тур. выставки-ярмарки	3,2	1,8	4,7	5,6	6,8
Статьи в газетах, журналах	2,4	5,2	4,3	6,1	5,2

Самый действенный вид маркетинговых коммуникаций в сфере туризма – мероприятия по формированию общественного мнения. Они позволяют компаниям не только информировать потребителей о своих услугах, но и создавать положительный имидж. В отличие от PR, вложенные в рекламу средства не всегда окупаются [3].

Понимание потребностей и предпочтений целевой аудитории позволяет разработать эффективные стратегии коммуникации, которые будут привлекать и удерживать клиентов.

В первую очередь, необходимо изучить демографические характеристики целевой аудитории (возраст, пол, образование, доходы и род занятий) [3]. Эта информация поможет компании лучше понять своих потенциальных клиентов и создать сообщения и контент, которые будут наиболее привлекательны для данной группы людей.

Но только демографические данные недостаточны для полного понимания целевой аудитории. Важно также учитывать психографические характеристики (интересы, ценности, образ жизни и личностные особенности). Например, если целевая аудитория предпочитает активный отдых и приключения, то маркетинговые коммуникации должны делать акцент на такие виды туризма, как экскурсии, путешествия и спортивные мероприятия [5].

В современном информационном обществе, где конкуренция на рынке туризма постоянно растет, необходимо разработать и реализовать стратегию, которая позволит выделиться на фоне других компаний.

Первый шаг в формировании стратегии маркетинговых коммуникаций – определение целевой аудитории. Необходимо изучить потребности и предпочтения своей целевой аудитории, чтобы создавать такие коммуникации, которые привлекут их внимание. Сегментация аудитории может основываться на различных критериях, таких как возраст, пол, доходы и интересы.

Второй – выбор подходящих каналов коммуникации. Сегодня есть множество способов достижения целевой аудитории: социальные сети, блоги и видеоблоги, электронная почта и директ-рассылка, печатные материалы и даже традиционная реклама. Важно выбрать наиболее эффективные каналы для своей целевой аудитории [4].

Третий – разработка ключевых сообщений и контента. Важно определить, какую информацию вы хотите передать своей аудитории и как это сделать привлекательным образом. Контент должен быть интересным, полезным и ценным для вашей целевой аудитории.

Четвертый – создание единого стиля и бренда. Все коммуникации компании должны быть согласованными и отражать единый стиль, который соответствует бренду компании. Это поможет установить узнаваемость и доверие к вашему предприятию.

Пятый – оценка результатов. Необходимо постоянно отслеживать эффективность ваших маркетинговых коммуникаций с помощью различных инструментов аналитики. Это позволит вам корректировать стратегию в случае необходимости.

Формирование эффективной стратегии маркетинговых коммуникаций требует глубокого понимания целевой аудитории, выбора подходящих каналов коммуникации, разработки ключевых

сообщений и контента, создания единого стиля и бренда, а также постоянного отслеживания результатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Маркетинг в туризме : учебник. – М. : Инфра-М, 2016. – 352 с.
2. Ким С. А. Маркетинг : учебник. – М. : Дашков и К°, 2021. – 258 с.
3. Абаев А. Л. Маркетинг в отраслях и сферах деятельности : учебник для бакалавров / А. Л. Абаев, В. А. Алексунин, М. Т. Гуриева / под ред. А. Л. Абаева, В. А. Алексунина. – М. : Дашков и К°, 2021. – 433 с.
4. Дурович, А. П. Маркетинг в туризме : учебное пособие / А. П. Дурович. – М. : Инфра-М, 2018. – 96 с.
5. Маркетинг : учебное пособие / А. А. Романов, В. П. Басенко, Б. М. Жуков. – М. : Дашков и К°, 2021. – 438 с.
6. Горнштейн М. Ю. Современный маркетинг : монография. – М. : Дашков и К°, 2022. – 404 с.
7. Губарец М. А., Мазилкина Е. И. Продвижение и позиционирование в маркетинге, или Как продвинуть любой товар : уч.-практ. пособ. – М. : Дашков и К°, 2022. – 222 с.

УДК 159.9

## УПРАВЛЕНИЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ СОТРУДНИКОВ ТРАНСПОРТНЫХ КОМПАНИЙ КАК МЕТОД ПРОФИЛАКТИКИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ

И. В. Чебыкина, доцент

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Российский государственный профессионально-педагогический университет, Екатеринбург

Ситуация в России 2022–2023 гг. характеризуется рекордно низкой безработицей. По данным Росстата, уровень безработицы «... в России в июле 2023 года составил 3 %, в очередной раз обновив исторический минимум... Всего официально зарегистрированных безработных в этом месяце было 2,3 млн человек» [6]. В условиях снижения числа «свободных рук» на рынке труда усиливается конкуренция между работодателями за качественные человеческие ресурсы, усиливается внимание к вопросам стабилизации кадрового состава предприятий и одновременно с этим растет нагрузка на работников предприятий, зачастую вынужденных трудиться за тех сотрудников, чьи места пока остаются вакантными.

Таблица 1

Среднесписочная численность работников (без внешних совместителей) в организациях, не относящихся к субъектам малого предпринимательства (по данным на I полугодие 2023 г., чел.) [9]

	Чел., кол-во	%
Деятельность железнодорожного транспорта	426 675,6	22,20
Деятельность автомобильного транспорта	454 105,1	23,63
Деятельность городского электрического транспорта	159 034,7	8,28
Деятельность морского транспорта	14 590,1	0,76
Деятельность внутреннего водного транспорта	23 571,6	1,23
Деятельность воздушного транспорта	74 102,3	3,86
Деятельность транспортная вспомогательная	769 619,0	40,05
Итого	1 921 698,4	100

В сфере транспорта трудятся почти два миллиона человек. При этом интенсивность работы на транспортных предприятиях, а также уровень вредности труда остаются высокими как с точки зрения влияния условий труда, так и уровня психоэмоциональной нагрузки и ответственности.

Длительное негативное воздействие среды (условия труда, перегрузки, негативный психоэмоциональный фон, недостаточная мотивация трудовой деятельности и т.д.) способно повлиять на психоэмоциональное состояние работников, понимаемое как относительно устойчивое переживание человека по отношению к самому себе, к другим людям, к миру и т.д., и влияющее на его деятельность и поступки [2]. Основные характеристики психоэмоционального состояния: настроение (восприятие мира, эмоциональная реакция на значимые события); активность (интенсивность взаимодействия человека с окружающим миром) и самочувствие (степень физиологической и психологической комфортности внутреннего состояния работника).

В ситуациях длительной и/или чрезмерной напряженности может возникнуть стресс как ответная реакция человека на переживаемые трудности. По данным ВЦИОМ, в 2022 г. переживали стрессовые ситуации больше половины (57 %) россиян, из них 26 % сталкивались со стрессом несколько раз в месяц. Чаще всего испытывали стресс представители молодежи – 79 %, в старшей

возрастной группе показатель стресса ниже: 42 %. В качестве главного источника стресса россияне назвали работу (на нее указали 22 % тех, кто в этом году сталкивался со стрессовыми ситуациями), однако лишь «...7 % россиян в этом году обращались за помощью к специалистам, оказывающим профессиональную психологическую помощь (психологам, психоаналитикам, психотерапевтам и пр.)» [8].

Чем же опасен стресс как вид психоэмоционального состояния? В целом стресс – это реакция организма на воздействие среды, помогающая организму выжить, адаптироваться при возникновении определенного напряжения. Напряжение может быть положительным (эустресс), способствовать мобилизации, движению человека к цели и разрушительным (дистресс), проявляющимся в перенапряжении, нехватке ресурсов на преодоление действий внешних раздражителей, приводящее к истощению и упадку сил. Признаки дистресса проявляются в виде физических, личностных и социальных признаков.

Таблица 2

Признаки дистресса: физические, личностные и социальные

Физические	Личностные	Социальные
Головная боль	Депрессивные чувства	Агрессия
Боль в области сердца	Навязчивые мысли (руминация)	Пассивность, отказ от сложных задач
Необъяснимая усталость	Потеря интереса к ранее любимым занятиям	Отстраненность, равнодушие
Снижение работоспособности	Снижение скорости мысли, проблемы с памятью (из-за переутомления)	Перепады настроения
Повышение артериального давления	Чувство тревоги, неуверенность, страх	Сокращение социальных контактов
Дрожь и озноб	Негативные мыслительные установки (самоуничтожение, катастрофизация)	Сокращение видов досуга и способов проведения свободного времени
Повышенная потливость	Лень и прокрастинация	Небрежность (в делах, внешнем виде)
Нехватка воздуха		Прогулы, переработки
Тошнота		
Мышечная боль		
Переедание, злоупотребление ПАВ		

Реакцией на длительный стресс является эмоциональное выгорание – состояние эмоционального, физического и умственного истощения (Z73.0 по МКБ-10 или QD85 по МКБ-11). Разделение понятий «профессиональное выгорание» и «эмоциональное выгорание» сейчас некорректно, оба понятия считаются синонимами. Эмоциональное выгорание связано не только с профессиональной деятельностью, но и в целом с различными аспектами жизнедеятельности человека [1].

Признаки эмоционального выгорания: психоэмоциональное истощение (основной компонент, проявляющийся в чувстве эмоциональной опустошенности, усталости от работы), деперсонализация (уход от проблемы, цинизм) и редукция профессиональных достижений (снижение ощущения компетентности, продуктивности деятельности).

Доказано, что психическое напряжение (в т.ч. длительный стресс) может переходить в соматический компонент (т.е. реальное заболевание) [7]. Чаще всего психосоматические последствия, обусловленные систематическими выбросами стресс-гормонов, характерны для профессий постоянного риска или высокой готовности к риску.

Таким образом, следствиями длительного перенапряжения в процессе трудовой деятельности, а также жизнедеятельности в целом может стать состояние эмоционального выгорания, проявляющееся не только в изменениях настроения, снижения удовлетворенности трудом, повышенной конфликтности, увеличения числа ошибок в трудовой деятельности и брака, а также рост соматических заболеваний эпизодического и хронического характера (в т.ч. заболевания сердечно-сосудистой системы, язвенные заболевания, нейродермиты, онкология, общее снижение иммунитета и т.д.), приводящие к росту издержек на персонал и снижению производительности труда.

По мере роста осознания влияния стресса и эмоционального выгорания на показатели деятельности компаний в корпоративном сегменте постепенно растет спрос на услуги психологической

помощи. По данным опроса агентства по подбору IT-персонала Atsearch Group и медицинского онлайн-сервиса Сберздоровье, проведенного в 4 квартале 2022 года, 56 % представителей 344 компаний, принявших участие в исследовании, признали, что их сотрудники испытывают сильные стресс и беспокойство, а 66 % компаний заявили, что поддерживают сотрудников: в 34 % компаниях внедрены сервисы психологической помощи в рамках ДМС, еще 43 % планируют внедрить поддержку психологов для сотрудников. Общий рост числа консультаций психологов в корпоративном сегменте составил 33 % во II полугодии 2022 г. [3].

В ОАО «РЖД» уже несколько лет продолжается проект по открытию комнат эмоциональной разгрузки, уже действует 86 таких кабинетов. Создание таких помещений (комнат эмоциональной разгрузки) – часть профилактических и восстановительных мероприятий, помогающих работникам дороги устранить отрицательные последствия нервных перегрузок, эмоционального стресса и других неблагоприятных состояний. Комната оборудована аудиовизуальным комплексом, плазменной панелью релаксации, девятью массажными креслами, интерьер выдержан в спокойных тонах [4].

За регуляцию устойчивости организма человека к воздействию внешней среды отвечает в большей степени нервная система человека, и важнейшая роль в этом процессе отводится нейрогуморальной реакции. Механизм нейрогуморальной регуляции заключается в активации нервной системы и передаче ею нервных импульсов о происходящем воздействии, в ответ на что эндокринная система реагирует высвобождением гормональных веществ, которые с кровью поступают к органам (например, в экстренной ситуации сигнал передается надпочечникам, они выбрасывают в кровь адреналин, который стимулирует работу мышц).

К числу основных психологических методов воздействия на нейрогуморальные процессы относят релаксацию и медитацию (снижают активность симпатической нервной системы и уровень гормонов стресса, стабилизируют нейрогуморальные реакции); дыхательные практики (способствует переходу из активного режима в режим релаксации, сокращается уровень стресса, тревожности, увеличивается уровень познавательных возможностей и концентрации внимания); поведенческие и ментальные стратегии («позитивное мышление», аффирмации, способствующие положительным эмоциям); рефлексия и применение БОС (биологическая обратная связь) – наблюдение и коррекция за собственными физиологическими показателями способствует рефлексии, самонастройке организма на заданный ритм, формированию привычки анализа собственного самочувствия; терапия творчеством (арт-терапия) – снижение напряжения через самовыражение, например, рисование мандал, прослушивание музыкальных произведений, танец, работа с глиной и т.д.; б) социальные практики – группы поддержки, терапевтические группы, помощь близких и значимых людей, доброжелательная среда и т.д.

Для достижения стойкого эффекта необходимо воздействие на человека сразу на трех уровнях: регуляция на психическом, нервном и гуморальном уровнях, т.е. помимо механических практик, например, дыхания, необходимо также воздействовать на когниции, чувства человека, его психику [7].

Таким требованиям (регуляция на трех уровнях сразу) полностью соответствует практика психосоматической релаксации.

Психосоматическая релаксация – метод психотерапии, способствующий глубокой релаксации и расслаблению скелетной мускулатуры, снижению уровня возбуждения и остановке «внутреннего диалога», запуску БОС посредством постоянного отслеживания своих ощущений и образов, а также «связывании» переживаемых ощущений с образами и символами, личной историей.

Основными теоретико-методологическими предпосылками и базой психосоматической релаксации являются психоаналитические концепции З. Фрейда, Ф. Дальто, теории Парижской школы психосоматики П. Марти, методики КоЕ (концентрационного расслабления, разработан Анитой Вильда-Кизель и Бригитой Бёттге, Германия), прогрессивной мышечной релаксации по Джекобсону, дыхательные техники Томаса Вебера (Австрия), сомаметрии и нейромануальной регуляции (Лариса Довлад), рисование недоминантной рукой по Вольфгангу Лешу (Германия).

Технологически практика психосоматической релаксации представляет собой спокойное бесстрессовое дыхание, начинающее процесс нейрогуморальной саморегуляции. И далее последовательное обращение внимания к частям тела с описанием характеристик контакта. Этот процесс

осуществляется либо с участием психолога (обязательно на начальных этапах обучения практике), либо самостоятельно с постоянным проговариванием (вслух или про себя) свойств контакта, что запускает процесс параллелизации и «связывает» ощущения частей тела и их обозначение. После релаксации участникам предлагается выполнить рисунок итогового образа тела, представившегося в ходе релаксации, недоминантной рукой.

Психолог при этом выполняет материнскую функцию, «...помогая пациенту продвигаться по пути достижения психологической зрелости, то есть создавать символы, осознавать, наблюдать и организовывать аффекты вместо символической интерпретации снов, действий и физических симптомов» [5]. На поведенческом уровне это формирует у участника релаксации привычку и осознанную потребность заботиться о себе, осознавать собственные ощущения и чувства, вовремя подмечать и снимать напряжение и дискомфорт в теле.

К преимуществам данного метода можно отнести возможность реализации психосоматической релаксации как в индивидуальном, так и групповом формате, очно и заочно (онлайн), лежа, стоя, сидя (по показаниям) начиная с возраста 6 лет. Метод очень экологичен, прост в освоении и обладает высокой эффективностью. Практика психосоматической релаксации активизирует и развивает психический аппарат (т.е. помогает участникам процесса сделать ощущения, эмоции доступными наблюдению и описанию, а также пониманию их символических смыслов и значений), способствует глубокому регрессу к ресурсным состояниям ранних (в т.ч. довербальных) периодов жизни. В ходе психосоматической релаксации происходит глубокий психофизиологический регресс, дающий участнику релаксации ресурсы для самовосстановления и саморегуляции, усиливает ответственность пациентов за свое здоровье и качество жизни.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ларин Н. А. К вопросу современного исследования эмоционального выгорания // Наука молодых. – 2015. – № 4. – С. 116–120.
2. Маслова Т. М., Покацкая А. В. Соотношение психоэмоционального состояния и уровня стрессоустойчивости личности // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2020. – Т. 9, № 2 (31). – С. 351–353.
3. Опрос: каждая вторая российская компания признала, что ее сотрудники страдают от стресса. URL: <https://gazeta.ru/science/news/2022/12/13/19257907.shtml?ysclid=lpfslgxl98193924481&updated> (дата обращения: 26.11.2023).
4. Островок безмятежности. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1652105&archive=2023.11.27> (дата обращения: 26.11.2023).
5. Потапова Н. А., Грехов Р. А., Сулейманова Г. П., Адамович Е. И. Проблемы изучения феномена алекситимии в психологии // Вестник Волгоградского гос. ун-та. Сер. 11. – 2016. – № 2 (16). – С. 69.
6. Росстат сообщил о рекордном снижении уровня безработицы в июле. URL: <https://rg.ru/2023/08/30/rosstat-soobshchil-o-rekordnom-snizhenii-urovnia-bezraborticy-v-iiule.html?ysclid=lpfr36v889108826337> (дата обращения: 26.11.2023).
7. Сергеева С. В. Психологические методы в управлении нейрогуморальными процессами // Социально-гуманитарные знания. – 2023. – № 8. – С. 12–16.
8. Стресс – и как с ним бороться? ВЦИОМ. 25.07.2022. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/stress-i-kak-s-nim-borotsja?ysclid=lpfsn78f34127956417> (дата обращения: 28.11.2023).
9. Транспорт России. Информационно-статистический бюллетень. I полугодие 2023 года // Министерство транспорта РФ. М., 2023. URL: <https://mintrans.gov.ru/ministry/results/180/document?s?ysclid=lpfredpys51759126> (дата обращения: 27.11.2023).

УДК 656.2

## РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ПУТЕВОЙ МАШИННОЙ СТАНЦИИ

И. А. Паршукова, магистрант

Т. Б. Марущак, канд. экон. наук, доцент

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Эффективность управления развитием зависит от точно сформулированной стратегии, цель которой – получить максимально эффективные показатели функционирования и удовлетворенность всех вовлеченных в их реализацию. Под стратегией понимается долгосрочное качественно определенное направление развития предприятия, касающееся сферы, средств и форм ее деятельности, системы внутривыпускных отношений, а также позиций предприятия в окружающей среде [1]. Задача стратегического управления – выбрать рациональный вариант еще на уровне разработки, который переходит в точный план мероприятий с указанием конкретных сроков.

Чтобы разработать стратегию развития, необходимо понимание критериев ее формирования [2].

1. Пригодность – возможность соотнести цели с действительным положением дел на предприятии.

2. Выполняемость – выявление соответствия ресурсов предприятия поставленным целям.

3. Приемлемость – оценка предполагаемых рисков и ожидаемых результатов.

Путевая машинная станция (ПМС) занимается ремонтом пути, старогонных рельс, искусственных сооружений и земляного полотна, а также сборкой новой рельсошпальной решетки. Предприятие имеет стабильные финансово-экономические показатели деятельности, однако у станции нет четко сформулированной стратегии развития для решения перспективных задач.

Миссия рассматриваемой ПМС – организация эффективной и бесперебойной деятельности ОАО «РЖД». Миссия помогает формировать и закреплять имидж предприятия, служа фундаментом цели предприятия. Цель деятельности станции – организация всех видов ремонта и реконструкции железнодорожного пути, сооружений и земляного полотна в объемах, необходимых для безопасного пропуска поездов с установленными скоростями; определена с учетом внешних факторов и ресурсных возможностей предприятия. В таблице 1 представлены стратегические цели по реализации деятельности и организационному развитию ПМС.

Таблица 1

Стратегические цели ПМС

Стратегические цели по реализации деятельности ПМС	Стратегические цели по организационному развитию ПМС	
	стратегические цели по развитию взаимодействия со значимым окружением	стратегические цели по развитию внутреннего потенциала организации
Повышение эффективности технологических процессов Улучшение качества услуг Увеличение прибыли в 1,5 раза Снижение издержек производства на 5%	Увеличение количества клиентов Удержание прочной конкурентной позиции	Стабильное финансовое положение Развитие кадров

Задачи деятельности ПМС: увеличение масштабов производства; поиск потенциальных инвесторов; автоматизация производственного процесса; оптимизация графика составления «окон»

для рабочих на полигонах; минимизация производственных расходов; стимулирование рабочих; развитие стандартизации и сертификации.

Первый этап разработки стратегии развития ПМС – формирование общей стратегии предприятия, которая создает состав и структуру инвестиционного портфеля предприятия. Выбор общей стратегии предприятия производится с использованием инструментов и моделей стратегического анализа. В данном случае эффективно использовать портфельный анализ [3] (таблица 2).

Таблица 2

Портфельный анализ ПМС

Показатель	Услуги			
	сборка новой рельсошпальной решетки	ремонт искусственных сооружений и земельного полотна	ремонт рельсов	капитальные виды работ по ремонту пути
Относительная доля рынка	0,25	0,20	0,05	0,5
Темп прироста рынка	0,3	1,6	0,2	0,7
Доля услуг в объеме продаж	17	42	8	33

Приоритет для развития ПМС – это ремонт искусственных сооружений и земельного полотна. Услуги, приносящие стабильный доход, – капитальные виды работ по ремонту пути и сборка новой рельсошпальной решетки. Из различных вариантов общих стратегий для данного предприятия подходит стратегия стабильности, которая предполагает сосредоточение на имеющихся направлениях деятельности и их поддержке [4, 5].

Второй этап – формирование конкурентной стратегии, которая нацелена на достижение конкурентных преимуществ. ПМС нацелена на долгосрочный приоритет взаимодействия с другими участниками рынка. У ПМС нет прямых конкурентов, только косвенные и потенциальные. Косвенными конкурентами выступают ПЧ, ШЧ, ЭЧ, а потенциальными – предприятия, занимающиеся ремонтом в других отраслях. Предлагается использовать стратегию концентрации на сегменте, в данном случае сфера конкуренции – один сегмент (ремонт железнодорожных путей). Предприятию необходимо сосредоточиться на основном сегменте рынка, чтобы удовлетворить потребности и запросы строго определенного круга потребителей за счет высокого качества. SWOT-анализ ПМ представлен в таблице 3.

Таблица 3

SWOT-анализ ПМС

Сильные стороны	Слабые стороны
Отсутствие прямых конкурентов Быстрота и доступность предоставления услуг Стабильное финансовое положение Высокое качество продукции и услуг Наличие постоянных рынков сбыта Многолетний опыт работы	Сезонность работ Необходимость в стабилизации базы выправочных комплексов и хопер-дозаторных вертушек Наличие технологических нарушений Несовершенство технологических нормативов
Возможности	Угрозы
Рост рынка транспортных услуг Реформирование российских железных дорог Развитие технологий Развитие партнерских отношений с компаниями-перевозчиками Государственные проекты, связанные с реконструкцией транспортной отрасли РФ, и их финансирование Возможность улучшения сотрудничества с поставщиками и подрядчиками	Увеличение на рынке количества компаний, которые оказывают ремонтные услуги в сфере железнодорожных перевозок Снижение платежеспособности клиентов Зависимость от увеличения цен на сырье и материалы

Итак, рассматриваемая ПМС имеет достаточно прочную базу, которая помогает удерживать монопольную позицию на рынке. Слабые стороны, в основном, связаны с технологиями. Угрозы преимущественно обусловлены экономическими изменениями во внешней среде. Возможностей много и они в дальнейшем помогут повысить эффективность функционирования ПМС.

Третий этап – определение функциональной стратегии. Функциональные стратегии разрабатывают отдельно для каждого функционального пространства предприятия. Они имеют следующие элементы: стратегия производственного характера, стратегия финансового характера, стратегия управленческого характера. Производственная стратегия ПМС – стратегия организации производства. Она предполагает разработку и реализацию программ синхронизации производства, управления материальными потоками на предприятии, повышения организационной гибкости производства. Что касается финансовой стратегии, то здесь используется генеральная финансовая стратегия, ориентирующаяся на образование и дальнейшее распределение дохода предприятия или на формирование и количество источников финансовых ресурсов на очередной финансовый год. Управленческая стратегия – рационалистического типа, концентрация на развитии внутреннего потенциала [6].

ПМС будет эффективно функционировать, ориентируясь на стратегию умеренного роста. Данная стратегия отвечает за стабильность и аккуратность ведения дела. При этом необходимо систематически контролировать эту стратегию по следующим показателям: эффективность технологических процессов, качество услуг, чистая прибыль, величина затрат.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегический анализ деятельности организации : учебное пособие / В. И. Сурат, М. С. Санталова, И. В. Соклакова [и др.]; под науч. ред. М. С. Санталовой. – М. : Дашков и К°, 2022. – 242 с.
2. Методы разработки стратегии. URL: [https://www.cfin.ru/management/strategy/classic/strategy\\_meths.shtml](https://www.cfin.ru/management/strategy/classic/strategy_meths.shtml) (дата обращения: 16.10.2023).
3. Степанова, Г. Н. Стратегический менеджмент : учебник / Г. Н. Степанова, В. А. Бирюков, М. В. Ливсон. – М. : ИНФРА-М, 2023. – 261 с.
4. Разработка стратегии развития предприятия. URL: [https://spravochnick.ru/menedzhment/razrabotka\\_strategii\\_razvitiya\\_predpriyatiya/](https://spravochnick.ru/menedzhment/razrabotka_strategii_razvitiya_predpriyatiya/) (дата обращения: 17.10.2023).
5. Радиевский, М. В. Организация производства: инновационная стратегия устойчивого развития предприятия : учебник / М. В. Радиевский. – М.: ИНФРА-М, 2023. – 377 с.
6. Стратегия развития компании. URL: <https://www.cleverence.ru/articles/biznes/strategiya-razvitiya-kompanii-cto-eto-takoe-kak-razrabotat-obrazcy-i-primery/> (дата обращения: 16.10.2023).

УДК 005.5

## МОЛОДЕЖЬ КАК СТРАТЕГИЧЕСКИЙ РЕСУРС КОМПАНИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА УПРАВЛЕНИЯ

Т. П. Волкова, канд. филос. наук, доцент

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

В предметах экономического и гуманитарного направления актуальны научные исследования молодежи как стратегического ресурса организации. Современная социальная и экономическая политика предприятий не может не учитывать демографические процессы, динамику трудовых ресурсов, наличие молодых рабочих и специалистов, особенности их организационного поведения и развития.

В 2023 г. количество трудящихся россиян до 35 лет составляло 29,8 % всех занятых в народном хозяйстве страны. За последнее десятилетие численность молодежи значительно снижается – прогнозируется, что к 2025 г. примерно на четверть. Заметим, что количество занятых молодых людей постоянно уменьшалось с 2006 г. Конечно, здесь необходимо учитывать старение населения, возрастание числа учащейся молодежи, региональную политику, переход работы в дистанционный режим, особые политические события в стране, технический прогресс и многое другое.

В отдельных организациях молодежь составляет большую долю персонала. Так, в ОАО «РЖД» в 2020 г. молодежь составляла 38,3 %, в 2021 г. – 36,9 %, в 2022 – 36,2 % всех работающих. Созданы и активно работают на крупных предприятиях и молодежные организации. Например, в АО «Метафракс Кемикалс» (г. Губаха, Пермский край) подобная организация активно работает с 2005 г.

В настоящее время серьезное внимание уделяется корпоративной молодежной политике.

В ФЗ №489 «О молодежной политике в Российской Федерации» уделено внимание вопросам образования молодежи, профессиональному развитию молодых специалистов, научно-технической деятельности молодежи, подготовке специалистов по работе с молодежью, в т. ч. возрастанию института наставничества в закреплении устроившейся на работу молодежи. Рассмотрены методы экономического стимулирования, улучшения условий труда, безопасности и охраны труда для вновь поступающих новичков. Анализируются вопросы привлечения молодежи к волонтерскому движению.

Но наблюдается текучесть кадров молодежи, особенно в первый год работы на предприятии [1]; текучесть среди молодежи в первый год работы составляет в среднем 17 % [2].

Каким же образом удержать работающую молодежь на предприятии? Во многом здесь показательна практика работы ОАО «РЖД» [3]. Вновь утверждена целевая программа «Молодежь ОАО «РЖД» (2021–2025 гг.)» (действует с 2006 г., обновляется каждые пять лет; таблица).

Целевые параметры программы «Молодежь ОАО «РЖД» (2021–2025 гг.)» [3]

Целевые показатели, ед. изм.	Целевые значения, 2021 г.	Целевые значения, 2022 г.	Целевые значения, 2023 г.	Целевые значения, 2024 г.	Целевые значения, 2025 г.
Доля молодых работников от 17 до 35 лет от общей численности персонала, %	35–37	35–37	35–37	35–37	35–37
Показатель вовлеченности молодых работников ОАО «РЖД», пункты	56	58	60	62	64
Доля увольнений молодых работников до 35 лет в течение первого года от общей работников численности, %	≤ 7,5	≤ 7,5	≤ 7,5	≤ 7,5	≤ 7,5

Целевые показатели, ед. изм.	Целевые значения, 2021 г.	Целевые значения, 2022 г.	Целевые значения, 2023 г.	Целевые значения, 2024 г.	Целевые значения, 2025 г.
Доля молодых работников, охваченных мероприятиями программы, %	75	75	75	75	75
в т. ч. уникальных участников мероприятий программы, %	30	35	40	40	40
Доля молодых работников, прошедших обучение развитию компетенций, от общей численности молодых работников, %	10	10	10	10	10
Доля молодых работников, принимающих участие в мероприятиях по духовно-нравственному воспитанию, %	>30	>30	>30	>30	>30

Многие показатели из этой таблицы реально достигнуты.

Молодежь выступает одним из главных участников формирования и реализации экономической и социальной политики любой организации.

Молодежь – это важнейший трудовой ресурс стратегии развития организации. Она выступает ведущей силой производственного процесса. Молодежь отличают и специфические черты: высокая социально-экономическая активность, мобильность, адаптивность к изменяющимся условиям внешней среды, хорошая способность к обучению и освоению сложных профессий, творческий подход к делу, использование современных цифровых технологий и знаний, постоянный поиск и карьерные ожидания.

Но молодежи присуща и экономическая незащищенность и социально-психологическая неустойчивость, отсутствие опыта. Все это является характерным качеством молодежи на протяжении последнего времени [4].

Следует обратить особое внимание на вытекающие функции рассматриваемой группы: воспроизводственную, обнаруживаемую через постоянное движение кадров; инновационную, наблюдаемую при разработке новой техники и технологии молодыми кадрами предприятия; коммуникационную, основанную не только на обмене информации в процессе трудовой деятельности, но и использовании новых знаний и сведений в общественно-политической, культурной сфере.

Молодежь представляет основной тип социального будущего и инновационный ресурс промышленных регионов России, стратегию развития в будущем [5, 6].

Поэтому не случайно в ОАО «РЖД» делается акцент на использование не только экономических, организационно-распорядительных, но и социально-психологических методов в управлении среди молодых работников. Расширяется информационная сеть об участии молодежи в различных конкурсах, форумах, слетах. Среди них «Эстафета профессий», система первичной адаптации для выпускников вузов, работников со стажем менее одного года, дистанционные встречи «Добро пожаловать в РЖД», установление единых адаптационных дней, профессиональное наставничество и многое другое [7].

На наш взгляд, инструменты управления в ОАО «РЖД» должны усиливать воздействие основных методов менеджмента, находить новые рычаги мотивации работников, удерживать молодежь на предприятии, выявлять лидеров, учитывать демографические особенности регионов и возможности их развития в будущем. Проведение постоянных социологических исследований среди молодежи РЖД позволит соединить теорию и практику в этом непростом процессе управления персоналом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков М. К., Шереги Ф. Э. Российская молодежь в контексте социологического анализа. – М. : ФНИСЦ РАН, 2019. – 263 с.
2. Volkova T. P. Staff Turnover as Problem of HR Risk. TLC2M 2022 International scientific and practical conference «Transport: Logistics, Maintenance, Management». – Yekaterinburg, March 17, 2022. – P. 286–290.

3. Отчет ОАО «РЖД» 2022 год. Об устойчивом развитии. Проводники добра. – М., 2022. –149 с.
4. Одегов Ю. Г., Бабынина Л. С. Нестандартная занятость как возможный фактор использования потенциала молодежной рабочей силы в России // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные изменения. – 2018. – № 4. – С. 386–409.
5. Зубок Ю. А. Молодежь: жизненные стратегии в новой реальности // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. – 2020. – № 3. – С. 4–12.
6. Молодежь индустриальных регионов России: образ социального будущего и инновационный потенциал: монография / под общ. ред. Я. В. Дидковской, Д. В. Трынова. – Екатеринбург : Из-во Уральского университета, 2018. – 215 с.
7. Молодежь РЖД. URL:<http://www.work.vk.com>molodezrzd> (дата обращения: 10.11.2023).

*Научное издание*

# **ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ И ТЕХНОЛОГИИ**

*Сборник трудов  
Международной научно-практической конференции  
(Екатеринбург, 29–30 ноября 2023 года)*

Научный редактор *С. В. Бушуев*  
Отв. за выпуск *В. В. Макаров*  
Редактор *Л. С. Барышникова*  
Верстка – *С. Н. Наймушина*

Подписано в печать 07.06.2024.  
Формат 60×90/8. Усл. печ. л. 66,5. Тираж 30 экз. Заказ 19.

УрГУПС  
620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66