

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ЭКОНОМИКЕ, ПРАКТИКЕ



Саморегулирование
на контейнерном рынке

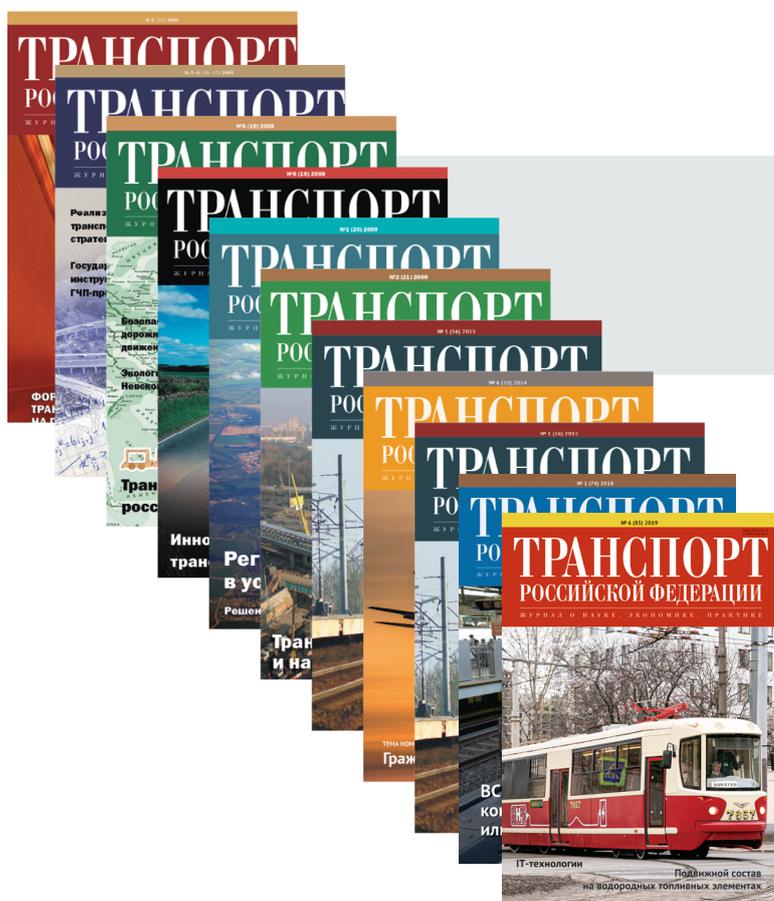
Бионика
для отраслевых
инноваций

Моделирование
транспортных коридоров

Подписка

Подписка на журнал «Транспорт Российской Федерации» оформляется в любом отделении почтовой связи

- по объединенному каталогу «Пресса России»,
подписной индекс 15094,
- по электронному каталогу «Почта России»,
подписной индекс П1719
- по телефону: **8 (495) 970-74-09,**
- по электронной почте: **info@rosacademtrans.ru**



Подписку также можно оформить в агентствах:

«Книга-Сервис»

Тел.: (495) 680-90-88

<http://акс.ru>

«Урал-Пресс»

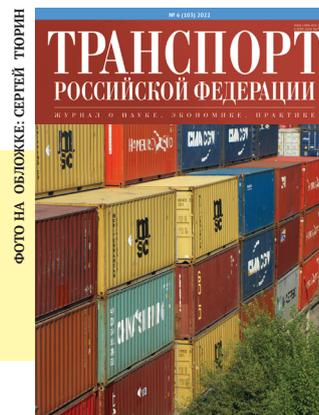
Тел.: (495) 789-86-36

«Почта России»

Тел.: (495) 956-20-67

<http://russianpost.ru>

Содержание



ГОСУДАРСТВО И ТРАНСПОРТ

П. А. Иванкин, О. В. Ефимова, И. П. Потапов.
Саморегулирование на рынке контейнерной доставки... 3

IT-ТЕХНОЛОГИИ

**В. Е. Андреев, А. В. Пронкин, А. И. Долгий,
Е. Н. Розенберг.**
Развитие технологий интегрального регулирования
движения поездов: итоги и перспективы..... 6

В. В. Кудюкин.
Роботизация как необходимый элемент повышения
эффективности процесса железнодорожных
перевозок 13

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

А. В. Кудрявцева, Д. А. Мачерет.
Использование принципов бионики
для транспортных инноваций: фундаментальная
экономическая основа технических решений 17

ПЕРЕВОЗКИ

Ю. О. Пазойский, М. Ю. Савельев, Е. А. Середов.
Методы расчета маршрутной сети пассажирских
поездов с учетом предпочтений пассажиров..... 22

Ф. И. Хусаинов, А. А. Алексанова.
Оценка уровня концентрации на рынке услуг операторов
железнодорожного подвижного состава 26

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

П. А. Козлов, В. С. Колокольников, Н. А. Тушин.
Моделирование международных
транспортных коридоров..... 32

**В. С. Коссов, О. Г. Краснов, О. К. Богданов,
Т. Ю. Некрасова.**
Экспериментальные исследования нагруженности
рельсов в кривых участках пути 38

Ю. П. Бороненко, Б. О. Поляков, Е. Я. Полякова.
Воздействие сил бокового ветра на контейнеры
с двухэтажным расположением..... 41

Аннотации 46

Abstracts 47

Транспорт Российской Федерации

Журнал о науке, экономике,
практике

УЧРЕДИТЕЛИ

Российская академия транспорта,
Петербургский государственный
университет путей сообщения

Главный редактор
Александр Мишарин

Заместитель главного редактора
Игорь Киселев

Шеф-редактор Андрей Гурьев
Арт-директор Сергей Тюрин
Корректор Светлана Зинченко
Переводчик Илья Потапов

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77- 34452 от 03.12.2008
выдано Федеральной службой
по надзору в сфере связи
и массовых коммуникаций.

Журнал включен в «Перечень
ведущих рецензируемых научных
журналов и изданий, в которых долж-
ны быть опубликованы основные
научные результаты диссертаций
на соискание ученых степеней
доктора и кандидата наук».

При перепечатке опубликован-
ных материалов ссылка на журнал
«Транспорт Российской Федерации»
Журнал о науке, экономике, практике»
обязательна.

Адрес редакции:
г. Москва, ул. Маши Порываевой, 34.

info@rosacademtrans.ru

www.rosacademtrans.ru

Тел.: 8 (495) 970-74-09.

Редакция журнала не несет ответствен-
ности за содержание рекламных материалов.

Установочный тираж 7 000 экз.

Подписано в печать 26.08.2023.

Отпечатано:
типография издательства «Прометей».

11900. Москва, ул. Арбат, д. 51, стр. 1.

Тел.: +7 (495) 730-70-69.

E-mail: info@prometej.su.

Заказ №

Редакционный совет

Мишарин А. С. — президент Российской академии транспорта, главный редактор
журнала «Транспорт РФ»

Олерский В. А. — председатель редакционного совета журнала

Дружинин А. А. — руководитель Федерального агентства железнодорожного транспорта

Нерадько А. В. — руководитель Федерального агентства воздушного транспорта

Ефимов В. Б. — президент Союза транспортников России, вице-президент РАТ

Гапанович В. А. — президент НП «ОПЖТ», член РАТ

Валинский О. С. — ректор ПГУПС

Ефимова О. В. — главный ученый секретарь

Редакционная коллегия

Мишарин А. С. — д. т. н., председатель
редакционной коллегии, главный редактор,
президент РАТ.

Барышников С. О. — д. т. н., ректор ГУМРФ
им. адм. С. О. Макарова, председатель Северо-
Западного регионального отделения РАТ

Белозеров В. Л. — д. э. н., председатель Об-
щественного совета при Ространснадзоре,
член Президиума РАТ

Белый О. В. — д. т. н., председатель Объ-
единенного научного совета по междис-
циплинарным проблемам транспортных
систем СПбНЦ РАН

Бороненко Ю. П. — д. т. н., заведующий
кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство»
ПГУПС, генеральный директор АО «НВЦ
«Вагоны»

Буровцев В. В. — д. э. н., ректор ДВГУПС,
председатель Дальневосточного региональ-
ного отделения РАТ

Валинский О. С. — ректор ПГУПС, к. т. н.

Галкин А. Г. — д. т. н., ректор УрГУПС,
председатель Уральского регионального
отделения РАТ

Гаранин М. А. — д. т. н., ректор СамГУПС,
председатель Самарского регионального
отделения РАТ

Дудкин Е. П. — д. т. н., профессор ПГУПС,
руководитель НОЦ «Промышленный и го-
родской транспорт»

Дунаев О. Н. — д. э. н., председатель под-
комитета по транспорту и логистике коми-
тета РСПП по международному сотрудни-
честву, директор Центра стратегического
развития логистики

Евсеев О. В. — д. т. н., вице-президент РАТ

Ефанов Д. В. — д. т. н., профессор Высшей
школы транспорта Института машиностро-
ения, материалов и транспорта СПбПУ,
профессор РУТ (МИИТ)

Журавлева Н. А. — д. э. н., заведующая
кафедрой «Экономика транспорта» ПГУПС,
директор ИПЭБУ ПГУПС

Киселев И. П. — д. и. н., почетный профес-
сор ПГУПС

Козлов П. А. — д. т. н., вице-президент РАТ

Костылев И. И. — д. т. н., заведующий
кафедрой «Теплотехника, судовые котлы
и вспомогательные установки» ГУМРФ
им. адм. С. О. Макарова

Кочетков А. В. — д. т. н., председатель По-
волжского регионального отделения РАТ

Кравченко П. А. — д. т. н., научный руково-
дитель Института безопасности дорожного
движения СПбГАСУ

Куклев Е. А. — д. т. н., директор Центра
экспертизы и научного сопровождения
проектов при СПбГУГА

Малыгин И. Г. — д. т. н., директор Институ-
та проблем транспорта РАН, член Президи-
ума РАТ

Мачерет Д. А. — профессор РУТ (МИИТ),
первый заместитель председателя объеди-
ненного ученого совета ОАО «РЖД»

Огай С. А. — д. т. н., председатель Восточ-
ного регионального отделения РАТ

Пимоненко М. М. — к. ф.-м. н., директор Се-
веро-Западного информационно-аналити-
ческого Центра «АЙЛОТ», доцент кафедры
«Логистика и коммерческая работа» ПГУПС

Потапов И. П. — исполнительный дирек-
тор РАТ

Розенберг Е. Н. — д. т. н., первый замести-
тель генерального директора АО «НИИАС»

Розенберг И. Н. — д. т. н., член-корреспон-
дент РАН, проректор РУТ (МИИТ)

Смулов М. Ю. — д. т. н., профессор
СПбГУГА

Соколов Ю. И. — д. э. н., директор Инсти-
тута экономики и финансов РУТ (МИИТ),
председатель Центрального отделения РАТ

Тимофеев О. Я. — д. т. н., декан факуль-
тета кораблестроения и океанотехники
СПбГМТУ

Титова Т. С. — д. т. н., проректор ПГУПС

Трофименко Ю. В. — д. т. н., вице-прези-
дент РАТ, председатель Дорожно-транспорт-
ного отделения РАТ, заведующий кафедрой
«Техносферная безопасность» МАДИ

Саморегулирование на рынке контейнерной доставки



П. А. Иванкин,
президент Национального
исследовательского
центра перевозок
и инфраструктуры



О. В. Ефимова,
д-р экон. наук, заведующая
кафедрой «Экономика,
организация производства
и менеджмент»
Российского университета
транспорта (РУТ (МИИТ))



И. П. Потапов,
исполнительный директор
Российской академии
транспорта

Формирующийся рынок контейнерной доставки нуждается в прозрачных инструментах саморегулирования. В настоящее время контейнерная доставка регулируется по видам транспорта в виде соответствующих правил перевозок. Ее сквозного регулирования пока нет.

Интенсивное развитие контейнерных перевозок требует особого внимания к нормативной базе и системе саморегулирования. Контейнерная доставка — сегмент высококонкурентный, но требующий соблюдения определенных правил. Чтобы исключить усиление роли государства и сохранить рыночные принципы развития, необходимо уже в текущем, 2023 году, определить институты развития и саморегулирования.

Координировать участников могут ассоциации и союзы, саморегулируемые организации (СРО) и советы рынка [1]. Ассоциации и союзы представляют собой некоммерческие партнерства, в рамках которых определяется единая политика, взаимодействие с государственными и надзорными органами, координация позиций членов по ключевым вопросам деятельности. Они создаются участниками рынка. Обычно членство в ассоциациях и союзах платное, они занимаются лоббированием интересов отрасли.

Для рынка контейнерной доставки ассоциации и союзы в рамках конкретных видов транспорта и видов деятельности могут быть эффективными, но для всего рынка контейнерной доставки они неэффективны [2, 3].

Саморегулируемые организации представляют собой сообщества юридических лиц, которым требуется подтверждение статуса. СРО развиты в строительстве. Учитывая, что на рынке контейнерной доставки функционируют компании различной направленности, создание здесь единой саморегулируемой организации практически невозможно [4, 5].

Совет рынка является некоммерческой организацией, которая объединяет и подтверждает статус юридических лиц различной направленности, относящихся к различным сегментам одного рынка. Таким образом, оптимальной структурой саморегулирования рынка контейнерной доставки является Совет рынка [6, 7]. Рассмотрим более подробно его функционирование.



Организация формируется как «Некоммерческое партнерство „Совет рынка по организации эффективной системы рынка контейнерной доставки“» (далее — Совет контейнерного рынка) и создается по решению учредителей в соответствии с Гражданским кодексом РФ, Федеральным законом «О некоммерческих организациях» и иными правовыми актами без ограничения срока деятельности. Правовое положение Совета контейнерного рынка определяется указанными и иными правовыми актами РФ, а также Уставом [7].

Основные цели деятельности Совета контейнерного рынка:

- обеспечение функционирования коммерческой инфраструктуры (экосистемы) рынка контейнерной доставки;
- обеспечение эффективной взаимосвязи между участниками рынка контейнерной доставки;
- формирование благоприятных условий для привлечения инвестиций в развитие контейнерного рынка;
- выработка общей позиции участников рынка контейнерной доставки при разработке нормативных документов, регулирующих функционирование рынка контейнерной доставки;
- организация на основе саморегулирования эффективной системы доставки грузов в контейнерах, планирования перевозок грузов, погрузки, выгрузки, перегрузки, сортировки, проведения технических и технологических операций с грузом и контейнером, функционирования различных инфраструктур рынка контейнерной доставки;
- проведение единой технической, экономической, технологической и информационной политики в целях обеспечения энергетической безопасности Российской Федерации, единства экономического пространства, свободы экономической деятельности и конкуренции на рынке контейнерной доставки, соблюдения баланса интересов участников рынка и удовлетворения общественных потребностей в надежном и устойчивом сервисе контейнерной доставки.

Для достижения указанных целей Совет контейнерного рынка может вести следующие виды деятельности, не являющиеся предпринимательскими:

- участвовать в подготовке правил рынка контейнерной доставки и предложений о внесении в них изменений и дополнений;

- разрабатывать и утверждать стандартную форму договора о присоединении к экосистеме рынка контейнерной доставки, технические, технологические и коммерческие регламенты, стандартные формы договоров, а также оказывать соответствующие услуги;

- контролировать соблюдение правил и регламентов рынка контейнерной доставки профессиональными участниками (субъектами) рынка;

- определять порядок ведения реестра профессиональных участников рынка контейнерной доставки, принимать решения о присвоении или лишении их соответствующего статуса;

- организовывать систему досудебного урегулирования споров между участниками рынка в случаях, предусмотренных договором о присоединении к экосистеме рынка контейнерной доставки;

- устанавливать систему и порядок применения имущественных и иных санкций в отношении участников рынка, в том числе исключать их из состава Совета контейнерного рынка;

- мониторить ценовую ситуацию на рынке контейнерной доставки в регулируемом и дерегулированном сегментах;

- взаимодействовать с федеральными и региональными органами законодательной и исполнительной власти, в том числе участвовать в коллегиальных органах в области регулирования тарифов и проведения государственной политики по вопросам реализации инвестиционной, технологической, технической и информационной программ на объектах рынка контейнерной доставки, а также по целому ряду других вопросов.

Кроме того, Совет контейнерного рынка взаимодействует с российскими и международными организациями, анализирует результаты функционирования рынка контейнерной доставки и раскрывает информацию, разрабатывает, внедряет и сопровождает программные и информационные системы, участвует в разработке проектов нормативных актов, консультирует членов Совета и др. [8].

Совет контейнерного рынка вправе осуществлять предпринимательскую деятельность, не запрещенную законодательством и соответствующую целям его деятельности.

Также важно отметить, что Совет контейнерного рынка создает Третейский суд и обеспечивает его функционирование [7].

Членами Совета являются субъекты рынка контейнерной доставки, в том числе собственники инфраструктуры общего и необщего пользования, собственники, операторы и производители подвижного состава, стивидорные компании, операторы контейнерной доставки, управляющие компании, разработчики программного обеспечения, операторы информационных платформ, центров обработки и хранения информации и данных, а также организации, вступающие в Совет контейнерного рынка для получения статуса профессионального участника рынка контейнерной доставки.

Каждый член Совета контейнерного рынка входит в состав одной из палат: операторов по видам транспорта, производителей техники, грузовладельцев, инфраструктурных организаций, транспортно-логистических центров, ремонтных организаций, операторов финансовых и страховых услуг, разработчиков программного обеспечения, экспертов и др.

Член Совета включается в соответствующую палату на основании решения президиума в соответствии с Положением.

В Положении о членах Совета контейнерного рынка должны определяться основания, критерии и порядок включения организаций в соответствующие палаты.

Палата операторов железнодорожного подвижного состава состоит из групп А и Б. В группу А включаются члены Совета, которые владеют парком фитинговых платформ от 3500 вагонов и выше, в группу Б — до 3500 вагонов включительно.

Палата операторов автомобильного транспорта состоит из групп А, Б, В и Г.

В группу А включаются члены Совета — операторы автомобильного транспорта, работающие в формате автомобильных парков — юридических лиц и имеющие право работать на международных маршрутах.

В группу Б включаются операторы, работающие в формате автомобильных парков — юридических лиц и осуществляющие перевозки внутри Российской Федерации.

Группа В состоит из членов Совета, работающих на правах индивидуальных предпринимателей или самозанятых и имеющих право работать на международных маршрутах.

В группу Г входят операторы, работающие на правах индивидуальных предпринимателей или самозанятых и осуществляющие перевозки внутри страны.

Члены Совета контейнерного рынка, которые осуществляют несколько видов деятельности и относятся к различным палатам, включаются в палату по виду деятельности в соответствии с преобладающей выручкой. Период для определения указанного объема — 12 месяцев, предшествующих месяцу принятия решения.

Если одна и та же организация в равной степени может быть отнесена к разным группам одной палаты или разным палатам, ее включают решением президиума в порядке, определенном Положением о членах Совета [9, 10].

Организация, намеревающаяся вступить в Совет контейнерного рынка, должна являться юридическим лицом в соответствии с законодательством РФ, осуществляющим деятельность на рынке контейнерной доставки на территории России и удовлетворять требованиям Устава Совета.

Основания для исключения члена из Совета контейнерного рынка:

- нарушение срока оплаты вступительного членского взноса более чем на десять календарных дней;
- неоднократное (два и более раз) невыполнение требований Устава;
- сокрытие сведений, влекущих невозможность членства в Совете в соответствии с требованиями Устава;
- непредставление и/или предоставление недостоверных сведений об аффилированности и вхождении в группу лиц с иными членами Совета.

Перечень оснований для исключения члена Совета контейнерного рынка является исчерпывающим и не подлежит расширению. При установлении наличия одного или нескольких оснований президиум Совета принимает решение об исключении или иное.

Контроль со стороны федеральных и региональных органов исполнительной власти осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Органами управления Совета контейнерного рынка являются:

- общее собрание членов Совета (высший орган управления);
- президиум Совета (постоянно действующий коллегиальный орган управления);
- председатель правления Совета (единоличный исполнительный орган);
- правление Совета (коллегиальный исполнительный орган).

Органом надзора за финансово-хозяйственной деятельностью Совета кон-

тейнерного рынка является ревизионная комиссия.

К исключительной компетенции общего собрания членов Совета контейнерного рынка относится решение следующих вопросов:

- изменение Устава;
- определение приоритетных направлений деятельности Совета, принципов формирования и использования его имущества;
- избрание членов президиума Совета и досрочное прекращение их полномочий;
- избрание председателя правления Совета и досрочное прекращение его полномочий;
- определение количественного состава правления Совета, избрание его членов и досрочное прекращение их полномочий.

Также общее собрание уполномочено утверждать Положения об общем собрании, президиуме, правлении, ревизионной комиссии и счетной комиссии Совета; утверждать годовой отчет и бухгалтерскую отчетность; принимать решения о реорганизации и ликвидации Совета, назначении ликвидационной комиссии, утверждении ликвидационного баланса и др.

На общем собрании каждый член Совета обладает одним голосом. Голосование осуществляется отдельно в палатах. Общее собрание членов Совета проводится ежегодно.

Совет контейнерного рынка может быть реорганизован в порядке, предусмотренном законодательством Российской Федерации. Реорганизация возможна в форме слияния, присоединения, разделения, выделения и преобразования. Совет может быть ликвидирован по решению общего собрания либо по решению суда.

Таким образом, Совет рынка является оптимальным инструментом управления рынком контейнерной доставки. Он учитывает интересы каждого юридического лица, участвующего в процессе перевозки. Палатная структура обеспечивает учет интересов по видам деятельности и позволяет при формировании стратегии учесть особенности каждого сегмента рынка. Статус профессионального участника рынка позволяет создать четкие правила функционирования рынка и обеспечить контроль за их соблюдением.

На формирование рынка контейнерной доставки и Совета контейнерного

рынка потребуется от года до полутора лет. При этом государственное регулирование будет ограничено и рынок сможет самостоятельно обеспечить функцию саморегулирования для повышения качества оказываемых услуг [11].

Литература

1. Федеральный закон от 12 января 1996 г. № 7-ФЗ «О некоммерческих организациях».
2. Абросимова Е. А. Юридические аспекты деятельности некоммерческих организаций: вопросы и ответы. М.: МОНБ МАРС, 2013. 230 с.
3. Вербицкая Ю. О. Классификация некоммерческих организаций (к вопросу о совершенствовании гражданского законодательства) // Российское право: образование, практика, наука. 2009. № 9 (62). С. 47–56.
4. Актуальные правовые проблемы развития НКО в регионах России: Материалы конф. юристов некоммерческих организаций, Москва, 28–29 янв. 2014 г. / под ред. Л. Желобанова. М., 2014. 282 с.
5. Бондаренко Ю. Р. Моделирование системы оценки эффективности деятельности НКО // Актуальные проблемы управления — 2014: Материалы междунар. науч.-практич. конф. Вып. 4 / ГУУ. М., 2014. С. 303–305.
6. Гришаев С. П. Некоммерческие организации // Правоведение. 2013. № 10. С. 43–56.
7. Леонов Ю. С. Некоммерческие организации: законодательное регулирование и практика // Аналитич. вестник Аналитич. управления Аппарата Совета Федерации ФС РФ. Сер. Развитие России. 2013. № 2. С. 347.
8. Поликанов Д. В. НКО. Как устроены некоммерческие организации. М.: ЭКСМО, 2022. 251 с.
9. Некоммерческое партнерство «Совет рынка». URL: <https://www.np-sr.ru/>.
10. Electricity market // Wikipedia. The free encyclopedia [Сайт]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Electricity_market.
11. Market liberalization and decarbonization of the Russian electricity industry: perpetuum pendulum // University of Oxford, Institute for Energy Studies, May 2018, 6 p. URL: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2018/05/Market-liberalization-and-decarbonization-of-the-Russian-electricity-industry-perpetuum-pendulum-Comment.pdf>.

Развитие технологий интервального регулирования движения поездов: итоги и перспективы



В. Е. Андреев,
начальник департамента
технической политики
ОАО «РЖД»



А. В. Пронкин,
заместитель начальника
департамента техниче-
ской политики ОАО «РЖД»



А. И. Долгий,
канд. техн. наук,
генеральный директор
АО «Научно-исследова-
тельский и проектно-
конструкторский инсти-
тут информатизации,
автоматизации и связи
на железнодорожном
транспорте»
(АО «НИИАС».)



Е. Н. Розенберг,
д-р техн. наук,
первый заместитель
генерального
директора
АО «НИИАС»

Одной из важнейших задач научно-технологического развития отечественного железнодорожного транспорта на период до 2025 года и перспективу до 2030 года является создание наукоемких технико-технологических решений, обеспечивающих существенное увеличение пропускной и провозной способности сети ОАО «РЖД» на стратегических направлениях грузоперевозок за счет преодоления сложившихся узких мест в действующей инфраструктуре.

Особую остроту данная проблема приобрела в связи с директивами президента и правительства Российской Федерации по реализации комплекса мер, направленных на увеличение пропускной и провозной способности Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей.

Анализ отечественного и международного опыта в сфере современных методов управления перевозочными процессами показал, что одно из наиболее эффективных решений — создание технологий интервального регулирования движения поездов (ИРДП), обеспечивающих возможность пропуска поездопотоков с минимальным интервалом следования между ними.

Перспективы использования современных технологий ИРДП и возможность достижения с их помощью эффектов повышения пропускной способности, сравнимых с дорогостоящим строительством дополнительных путей, привели Координационный совет начальников железных дорог ОАО «РЖД» в октябре 2018 года к решению о внедрении ИРДП как приоритетной задачи.

Кроме того, «Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года», утвержденная распоряжением Правительства РФ в марте 2019 года, определяет мероприятия по созданию и внедрению современных технологий ИРДП на сети железных дорог в качестве одного из основных направлений деятельности ОАО «РЖД» [1].

Необходимо отметить, что разработки в области интервального регулирования

всегда находилась в поле зрения структур ОАО «РЖД», прошли эволюционный путь от жезловых систем и полуавтоматической блокировки до современных систем автоматической блокировки с применением автоматической локомотивной сигнализации как основного средства регулирования движения поездов.

В основу интервального регулирования закладывался один из фундаментальных принципов функционирования современных железных дорог, согласно которому попутно следующие поезда должны быть разделены достаточным интервалом, чтобы каждый поезд мог остановиться, прежде чем достигнет известного положения хвоста впереди идущего поезда.

В последнее десятилетие разработки в отраслевом научном комплексе ОАО «РЖД» обеспечили создание нового поколения систем ИРДП. Так, в АО «НИИАС» по плану научно-технического развития ОАО «РЖД» были разработаны прорывные технические решения в части создания бесцветной автоматической локомотивной сигнализации, в основу которой положен принцип подвижного блок-участка, т. е. перемещения участков кодирования за хвостом поезда. Под подвижным блок-участком понималось наличие одной или нескольких рельсовых цепей за хвостом поезда, кодируемых различными кодами автоматической локомотивной сигнализации (рис. 1).

Такое решение было реализовано на базе микропроцессорной системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями и централизованным размещением аппаратуры (АБТЦ-МШ), работающей во

Классическая система автоблокировки



АЛСО с ПБУ

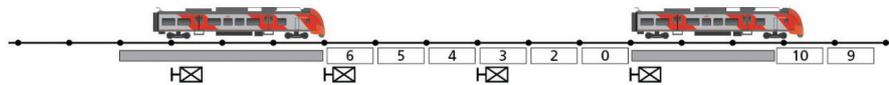


Рис. 1. Система автоблокировки с подвижным блок-участком



Рис. 2. Технологии ИРДП – ключ к увеличению пропускной способности

взаимодействию с бортовым локомотивным устройством безопасности (КЛУБ-У, БЛОК). В созданной системе ИРДП прицельное торможение и соответствующее регулирование скорости движения поезда осуществлялись уже не на стационарную точку — границу блок-участка, а на местоположение хвоста впереди идущего поезда. При этом скорость движения поезда рассчитывалась с учетом его реальных тормозных характеристик.

После испытаний на участке Электросталь–Ногинск технология ИРДП была внедрена на Московском центральном кольце (МЦК), позволив реализовать межпоездной интервал 4–5 минут для электропоездов «Ласточка», а затем и в грузовом движении на опытных участках Юго-Восточной и Северо-Кавказской железных дорог, подтвердив достижение межпоездных интервалов 8–10 минут между грузовыми поездами.

Затем последовали работы по развитию технологии передачи данных от устройств СЦБ на бортовые локомотивные устройства безопасности по радиоканалу. Отрабатывались варианты передачи данных от разных систем автоблокировки (с децентрализованной числовой кодовой автоблокировкой и централизованной релейной автоблокировкой) для повышения скоростей движения поездов до 200 км/ч на направлении Москва — Нижний Новгород, где впервые была использована

действующая на тот момент цифровая система технологической радиосвязи стандарта DMR.

Полученные результаты подтвердили необходимость дальнейшего развития инновационных технологий ИРДП как ключевого решения для повышения пропускной способности железных дорог и их интеграции в формируемую цифровую экосистему управления перевозочным процессом и безопасностью движения ОАО «РЖД» (рис. 2).

Методологической основой дальнейшего развития технологий ИРДП стала разработка Концепции внедрения на сети железных дорог технологий интервального регулирования движения поездов (далее — Концепции), утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» в сентябре 2020 года.

Основная задача разработки Концепции состояла в выборе технико-технологических решений, способных обеспечить создание и ускоренное внедрение технологий ИРДП с учетом имеющихся технических возможностей и фактического состояния инфраструктуры и подвижного состава на конкретных участках сети железных дорог ОАО «РЖД», прежде всего на Восточном полигоне, где проблема повышения пропускной способности стоит особенно остро.

При этом формируемые технико-технологические решения должны были

быть ориентированы на удовлетворение реальной потребности повышения пропускной способности на конкретных железнодорожных участках с учетом их особенностей, технических условий и решаемых функциональных задач. Понимание такого спроса и возможных предложений по вариантам реализации ИРДП в конечном счете определяло по критерию стоимость-эффективность тип выбираемых технических средств и систем управления.

Проведение в рамках Концепции исследований и разработок по созданию комплекса отечественных технологий ИРДП на первом же этапе потребовало изменений действующего понятийного аппарата в рассматриваемой области. Достаточно сказать, что, согласно действующим в Российской Федерации стандартам, интервальное регулирование движения поездов определялось как «способы регулирования интервалов попутного следования и направления движения железнодорожных поездов по железнодорожным перегонам» (ГОСТ Р 53431–2009) [2].

То есть в ключевом определении, согласно ГОСТу, даже не упоминались станционные системы, несмотря на то что именно они являются узким местом, ограничивающим результативность интервального регулирования движения поездов по перегонам. Кроме того, в определениях действующих систем ИРДП рассматривались в основном только системы автоматической блокировки без их увязки с работой станционных и локомотивных систем.

Системы, обеспечивающие управление движением поездов по перегонам и станциям, в целом не рассматривались как часть комплекса, обеспечивающего единую технологию организации перевозочного процесса по полигонам, где ограничением являются возможности приема поездов на станции и время обработки составов, влияющее на количество поездов во входящем потоке к данным станциям или выходящем из них.

В результате на основе разработанных и принятых ОАО «РЖД» концептуальных положений по развитию технологий ИРДП было принято следующее определение: «Интервальное регулирование движения поездов современном этапе — это технология, обеспечивающая возможность пропуска потока поездов с минимальным интервалом между поездами как в правильном, так и неправильном направлениях с возможностью соответствующей

обработки составов на промежуточных станциях смены локомотивных бригад и на конечных станциях конкретного полигона».

Таким образом, новая идеология ИРДП отходит от узкого понятия интервального регулирования движения поездов в рамках перегонной системы, расширяет границы применения терминологии до железнодорожных участков и предлагает решения для организации сквозного перевозочного процесса для целых полигонов обращения поездов, фокусируя особое внимание на решении задачи сохранения высокой скорости движения поездов при минимально допустимом с точки зрения безопасности движении межпоездном интервале на достаточно протяженных железнодорожных участках с учетом возможного влияния барьерных (узких) мест.

По результатам исследований и анализа лучших отечественных и международных практик в сфере управления поездотоками в рамках Концепции был сформирован комплекс технико-технологических решений, в состав которого вошли четыре основных вида технологий интервального регулирования (рис. 3).

Отличительные особенности указанных технологий

1. Технология повышения скорости движения поезда на желтый сигнал светофора обеспечивает повышение пропускной способности за счет повышения порога допустимых скоростей движения по существующей инфраструктуре и позволяет осуществлять движение поездов на желтый сигнал светофора со скоростью свыше 60 км/ч, но не более 80 км/ч и движение поездов со скоростью более 20 км/ч при приближении поезда к светофору с красным сигналом. Данный режим реализуется за счет применения алгоритмов САУТ, обеспечивающих расчет безопасной

тормозной кривой в устройствах безопасности КЛУБ-У, БЛОК, БЛОК-М. В результате применения этой технологии прирост пропускной способности на отдельных участках может составить до 5 % за счет сокращения межпоездных интервалов и повышения средней скорости движения поезда. Преимуществом этой технологии является простота ее использования, не требующая дополнительных инфраструктурных элементов и развития радиосвязи.

2. Технология «виртуальная сцепка» (ВСЦ) в режиме «точка–точка» обеспечивает повышение пропускной способности за счет виртуального соединения двух поездов путем установления связи по радиоканалу между бортовыми системами управления ведущего (первого) и ведомого (второго) поездов. По радиоканалу происходит обмен информацией о расстоянии до хвоста ведущего поезда, о скорости его движения, режиме (торможении или ускорении), при этом обеспечивается возможность поддержания минимального межпоездного интервала, который могут позволить системы инфраструктуры (ЖАТ и тяговое электроснабжение).

Важная особенность применения технологии ВСЦ — обязательность использования режима автоведения. Для реализации режима виртуальной сцепки была модернизирована интеллектуальная система автоматизированного ведения поездов повышенной массы и длины с распределенными по длине локомотивами (ИСАВП-РТ-М); заменено ее программное обеспечение; штатный радиомодем ВЭБР заменен на модем М-ЛИНК с большей дальностью связи; установлен дополнительный вычислительный блок «Ковчег»; обеспечена интеграция с бортовыми устройствами безопасности типа КЛУБ-У, БЛОК, БЛОК-М. Благодаря разработанной технологии ВСЦ провозная способность повысилась на 10–15 % на действующей инфраструкту-

ре. Слабым местом технологии остается зависимость от устойчивости радиосвязи между локомотивами в режиме «точка–точка».

3. Технология «виртуальная сцепка» в режиме «точка–многоточка» развивает технологию ВСЦ, решая проблемы увеличения количества поездов в пакете и неустойчивости радиосвязи в режиме «точка–точка» благодаря использованию цифровой системы технологической радиосвязи стандарта DMR, позволяющей организовать связь между последовательно движущимися поездами через центр управления радиосредствами. Данная технология основывается на взаимодействии нескольких поездов, движущихся в пакете со стационарными устройствами радиоканала DMR, в перспективе — и LTE. Поезда взаимодействуют с каждым стационарным устройством, тем самым они связаны между собой через единую технологию обеспечения цифровой радиосвязи DMR в режиме «точка–многоточка».

4. Технология интервального регулирования с подвижными блок-участками позволяет повысить пропускную способность за счет того, что на перегонах и станциях используется автоблокировка нового поколения с рельсовыми цепями тональной частоты и микропроцессорная система автоблокировки АБТЦ-МШ с применением кодовой защиты сигнала тональных рельсовых цепей и кодирования рельсовых цепей многозначной сигнализацией АЛС-ЕН, а также возможность передавать на локомотив информацию о занятости участков пути на перегоне по цифровому радиоканалу.

Бортовой комплекс безопасности рассматривает расстояние до точки остановки на основе данных о фактической скорости поезда, а также о длине рельсовых цепей, записанных в электронную карту бортового устройства безопасности. Данная технология позволяет сократить межпоездной интервал до 6–8 минут и поддерживать динамику движения попутных поездов за счет ее реализации системами автоблокировки или автоматической локомотивной сигнализацией как самостоятельным средством управления движением поездов (АЛСО) с алгоритмами технологии «подвижный блок-участок».

В результате значительно сокращается интервал попутного следования поездов, пропускная способность линии повышается на 20–30 %, обеспечивается безопасность движения поездов на перегонах и станциях.

На основании проведенных исследований и разработок определена перспек-

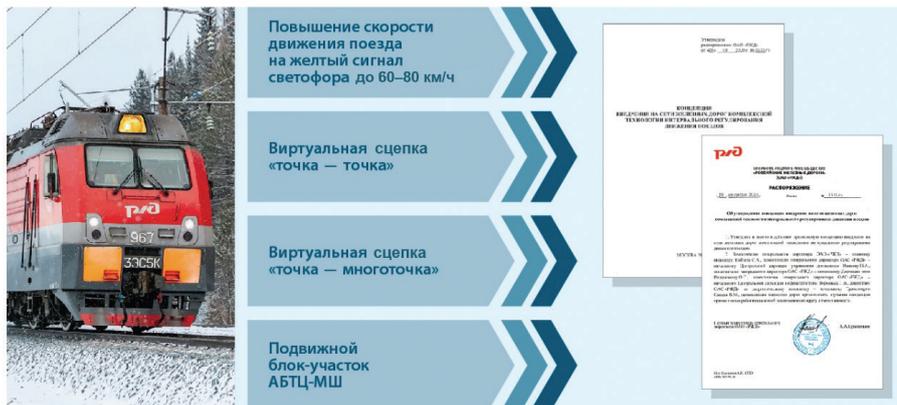


Рис. 3. Виды технологий интервального регулирования для применения на сети железных дорог ОАО «РЖД»



Интервальное регулирование движения поездов

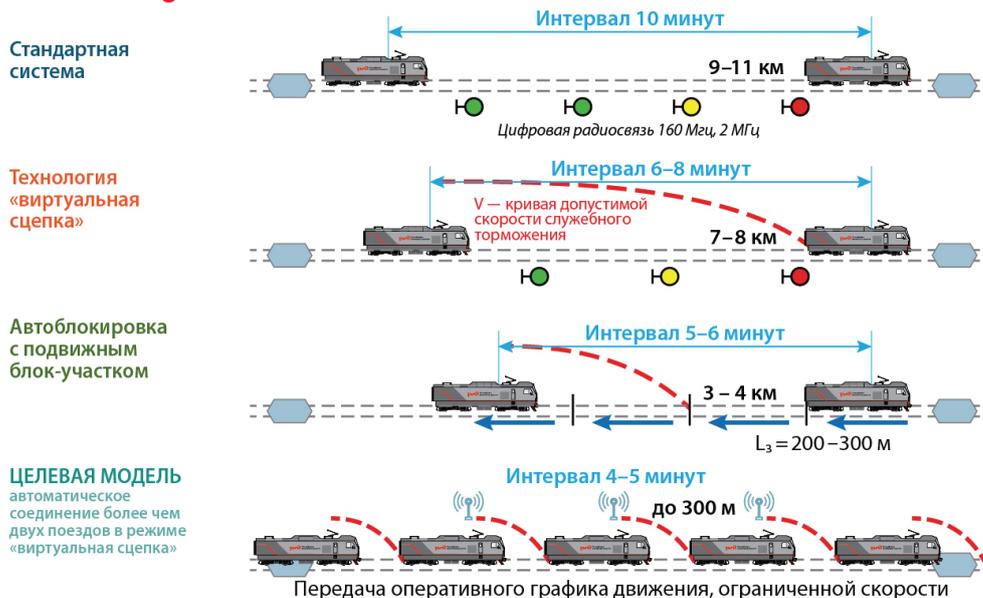


Рис. 4. Сравнение технологий ИРДП

тива внедрения и других технических средств для еще большего сокращения интервала между поездами. Сравнительные характеристики разработанных технологий приведены на рис. 4.

Почему в разработанном комплексе инновационных технологий ИРДП четыре разных технико-технологических решения? В условиях повседневной эксплуатации сети железных дорог ОАО «РЖД» решать задачу интервального регулирования как наукоемкого средства повышения пропускной способности можно только путем создания комплекса технологий, каждую составную часть которого можно с минимальными затратами адаптировать под конкретные условия эксплуатации на конкретных участках сети железных дорог с учетом их реального состояния и технической оснащенности подвижного состава и путевой инфраструктуры.

Чтобы провести такой анализ и обоснованно выбрать конкретные технико-технологические решения для различных участков, в АО «НИИАС» был создан уникальный комплекс математического моделирования, инструментарий которого позволяет:

- рассчитать с помощью аналитического метода потребное число путей и бригад в парке станции при заданных продолжительности обработки составов и их количестве;
- представить с помощью графического метода моделируемые объекты в виде графиков, состоящих из разных компонентов, в качестве которых ис-

пользуются пути, бригады, локомотивы и другие ресурсы, зафиксировать моменты начала и окончания их занятости, выстроить технологические процессы во времени (сформировать суточные планы-графики работы станций);

- создать посредством имитационного моделирования виртуальные копии объектов, с достаточной степенью точности воспроизводящие во времени работу физических оригиналов, создать модель перевозочного процесса с учетом существующей конфигурации инфраструктуры и выбрать оптимальное решение для достижения заданных параметров перевозочного процесса.

Имитационное моделирование позволило не только определить фактическую пропускную способность, но и проверить возможности инфраструктуры по пропуску перспективных размеров движения на существующей и на обновленной инфраструктуре, выявить взаимное влияние грузовых, пассажирских, пригородных, тяжеловесных (длиннооставных) поездов, влияние на пропускную способность железнодорожных участков технологических окон и окон, требующих длительного закрытия движения по одному из главных путей, отказов технических средств, в том числе с учетом применения разных типов систем интервального регулирования движения поездов и их способностью минимизировать потери при возникновении конфликтных ситуаций.

По результатам имитационного моделирования вариантных технических

решений для каждого объекта были подготовлены обоснованные инвестиционные заявки на проведение модернизации инфраструктуры Восточного полигона, получившие одобрение на Экспертном совете по инвестиционным проектам ОАО «РЖД».

При выборе внедряемых технологий во внимание принимались ограничения, обусловленные сложившимися технологическими процессами, не вписывающимися в новые технологические решения, отсутствием унификации применяемых технических средств на разных железнодорожных участках и на обращающемся по ним подвижном составе, и наконец, отсутствие достаточных средств для полномасштабной модернизации инфраструктуры.

С учетом указанных обстоятельств в плане Научно-технического развития ОАО «РЖД» на период до 2025 года предусмотрена этапность внедрения различных вариантов технологических решений из разработанного комплекса технологий ИРДП.

На текущей стадии развития работ на Восточном полигоне приоритет был отдан внедрению технологии «виртуальная сцепка». С учетом жестких директивных сроков по достижению пропускной способности Восточного полигона на уровне 180 млн т к 2025 году выбор технологии ВСЦ для внедрения на участках интенсивного грузового движения Транссибирской магистрали является наиболее перспективным в качестве первоочередных меро-

приятий на эксплуатируемой инфраструктуре в условиях массового применения существующих систем автоблокировок без затрат на их модернизацию.

Согласно принятой ОАО «РЖД» в декабре 2021 года «Дорожной карте по внедрению технологий интервального регулирования», определена очередность модернизации средств железнодорожной автоматики и телемеханики, необходимых для обеспечения внедрения технологии с подвижным блок-участком на базе АБТЦ-МШ на железнодорожных участках Восточного полигона до 2025 года.

Комплексное технико-экономическое обоснование применения указанных технологий ИРДП на Восточном полигоне утверждено ОАО «РЖД» в июле 2022 года.

В соответствии с принятой Дорожной картой по внедрению технологий ИРДП, в 2019 году на участке Дальневосточной железной дороги Хабаровск–Ружино протяженностью 400 км были апробированы и испытаны основные технические средства виртуальной сцепки, включая модуль системы автоведения ИСАВП-РТ-М с модернизированным программным обеспечением (АВП-Технология), радиомодем М-ЛИНК (ООО «Апогей»), работающий в диапазоне 160 МГц и устойчиво поддерживающий

связь на расстоянии до 12 км, и вычислительный модуль «Ковчег». Указанное оборудование прошло все соответствующие процедуры разработки, модернизации и постановки продукции на производство, получило соответствующее подтверждение соответствия и сертификаты.

После эксплуатационных испытаний на участке Хабаровск–Ружино участок опытной эксплуатации был расширен до станции Карымская Забайкальской железной дороги, а с переходом в подконтрольную эксплуатацию полигон внедрения расширился до станции Тайшет Восточно-Сибирской железной дороги.

Общая протяженность участка применения технологии ВСЦ составила 4681 км. В 2023 году руководство ОАО «РЖД» поставило задачу расширить полигон применения ВСЦ на всем протяжении Восточного полигона с продлением до станции Мариинск Красноярской железной дороги. К концу 2023 года общая эксплуатационная длина полигона внедрения составит 5734 км.

Для обеспечения технологии ВСЦ Дирекция тяги ОАО «РЖД» закупила соответствующее оборудование. Общее количество локомотивов «Ермак» серии 3(2)ЭС5К, оборудованных ИСАВП-РТ-М в комплексе

с радиомодемом М-ЛИНК, на Восточном полигоне достигло 1238 единиц. Для пропуска поездов в режиме ВСЦ разработан соответствующий график. Это позволяет на участке Тайшет–Карымская–Находка организовать движение не менее 25 пар поездов в режиме ВСЦ. В среднем на текущий момент ежедневно на отдельных участках Восточного полигона организуется до 15–22 пар в сутки (в июне 2023 года организовано 2804 поездки в режиме ВСЦ). Всего с 2019 года выполнено более 31 169 поездок в режиме ВСЦ (рис. 5).

Возрастающий объем перевозок на Восточном полигоне только в 2023 году потребует проведения в общем потоке грузовых поездов в направлении портов Дальнего востока не менее 24500 пар в режиме ВСЦ, что позволит провезти дополнительный объема грузов.

Проведенные испытания и результаты подконтрольной эксплуатации подтвердили, что главными эффектообразующими факторами при внедрении инновационных технологий (ВСЦ и с подвижным блок-участком с использованием АБТЦ-МШ) являются:

- повышение пропускной способности станций и перегонов без необходимости строительства новых путей;



Протяженность полигона внедрения ВСЦ на участке Тайшет – Находка составляет 4681 км. На полигоне 28 диспетчерских кругов и 19 основных технических станций. С учетом расширения полигона внедрения ВСЦ протяженность участка Мариинск – Находка составит 5734 км

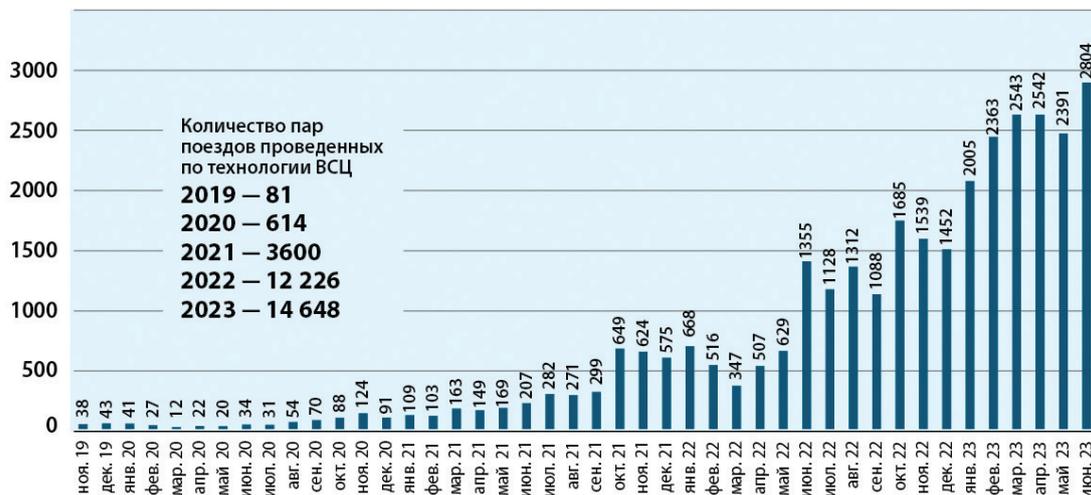


Рис. 5. Динамика развития движения поездов по технологии «виртуальная сцепка» на Восточном полигоне

- сокращение межпоездного интервала на 15–20 %;
- оптимальное использование станционных путей (части виртуально сцепленной группы поездов могут использовать разные станционные пути);
- сокращение потребного количества локомотивов для подталкивающего движения за счет сокращения времени оборота локомотивов;
- высвобождение ниток грузовых поездов за счет уменьшения межпоездного интервала;
- повышение надежности графика при пропуске поездов по одному пути в период окон при ремонте пути и при возврате локомотивов подталкивающего движения;
- увеличение пропускной способности участков железных дорог;
- возможность внедрения новых решений в области управления движением поездов и групп коротких поездов.

Всё это увеличивает доходы от дополнительно перевезенных грузов по дорогам Восточного полигона за счет повышения пропускной способности станций, а также позволяет экономить на эксплуатационных расходах.

На основании полученных результатов и в целях дальнейшего развития технологий ИРДП в мае 2021 года научно-технический совет ОАО «РЖД» под председательством генерального директора — председателя правления ОАО «РЖД» О. В. Белозёрова — поставил задачи увеличить количество поездов в пакете до более двух единиц, снизить влияние человеческого фактора в технологических операциях за счет автоматизации функций соединения поездов в ВСЦ, заезда ВСЦ на боковой путь станций, обеспечить движение поездов в режиме ВСЦ независимо от установленного направления движения по путям перегонов для обеспечения пропускной способности перегонов, на которых организованы окна с закрытием движения по одному из путей.

В настоящее время задача по техническому обеспечению движения поездов по неправильному пути с устройствами ВСЦ реализована, для чего на выбранных участках наполнена база данных электронных карт бортовых систем автоведения и безопасности, проверены паспортные данные и фактическое состояние объектов инфраструктуры.

Для реализации заезда поездов в автоматическом режиме на боковой путь станции в 2022 году проведены поиск

оптимальных технических решений и макетные испытания технических и программных средств ИСАВП-РТ-М, САУТ-ЦМ/НСП и устройств радиосвязи на станции Красноярск-Восточный. Испытания подтвердили работоспособность предложенных алгоритмов системы автоведения и приборов безопасности.

АО «НИИАС» по плану Научно-технического развития ОАО «РЖД» разрабатывает систему интервального регулирования движения поездов с применением каналов передачи данных стандарта DMR, которая позволит увеличить количество поездов в пакете (до 3 и более) при движении в режиме ВСЦ. Для этого выбран участок 300 км Свердловской железной дороги, обеспеченный сплошным покрытием цифровой сети технологической радиосвязи стандарта DMR. Дальнейшее ее применение ориентировано на Восточный полигон.

Для реализации этой задачи в ОАО «РЖД» утвержден «Комплексный план развития инфраструктуры связи, оснащения локомотивного парка и приобретения оконечного и абонентского оборудования беспроводных сетей передачи данных для внедрения технологии интервального регулирования движения поездов „виртуальная сцепка“ на Восточном полигоне», который предусматривает возможность оснащения Восточного полигона сетью передачи данных в два этапа за 3 года.

Также по плану научно-технического развития ОАО «РЖД» организована разработка технико-экономического обоснования создания единой цифровой сети технологической радиосвязи для Восточного полигона.

В обеспечение перспективного развития технологий ИРДП АО «НИИАС» провело опытно-конструкторскую работу по применению существующей цифровой сети технологической радиосвязи стандарта LTE для создания гибридной системы управления движением на МЦК. На полигоне МЦК обеспечены все три указанных условия:

- надежность канала передачи данных обеспечивается цифровой сетью технологической радиосвязи стандарта LTE;
- весь электроподвижной состав «Ласточка», обращающийся на МЦК, оборудован соответствующими радиомодемами;
- создан единый центр радиоблокировки, обеспечивающий информационный обмен по единому протоколу между системами СЦБ и бортовыми

системами управления и обеспечения безопасности.

После внедрения новой технологии на опытном участке Андроновка–Черкизово выполнены проектные решения гибридной системы управления движения для всего полигона МЦК. Ее внедрение позволит обеспечить 4-минутный межпоездной интервал, а при реализации инвестиционного проекта «Автомашинист» с 4-м уровнем автоматического управления (4АУ) электропоездами «Ласточка» — 3-минутный интервал с перспективой сокращения до 2 минут.

В общем комплексе вопросов по внедрению технологий ИРДП особое внимание уделялось человеческому фактору и социальным эффектам от проводимой работы. С этой целью специалисты АО «НИИАС» совместно с «АВП-Технологии» планомерно дорабатывали программные и технические средства ВСЦ, которые позволят снизить негативное влияние человеческого фактора на организацию движения поездов в режиме ВСЦ.

Разработана дополнительная программа повышения квалификации дежурно-диспетчерского персонала и частных специалистов, направленная на повышение профессиональных компетенций специалистов в области применения новой технологии. В 2022 году на базе учебного центра АО «НИИАС» по программе повышения квалификации «Организация движения поездов с использованием технологий интервального регулирования „подвижные блок-участки“ и „виртуальная сцепка“» прошли обучение 172 специалиста Центральной дирекции управления движением. В 2023 году обучение применению технологий интервального регулирования движения поездов пройдут не менее 200 специалистов Центральной дирекции управления движением. Такие же объемы обучения руководителей и специалистов филиала запланированы на 2024–2025 годы.

Ключевое значение в успешном внедрении инновационных технологий ИРДП имеет опережающее развитие работ в части нормативно-технического обеспечения всех разрабатываемых технологических процессов. К настоящему моменту разработаны и утверждены основные документы, подтверждающие легитимность применения технологий ИРДП, разработаны планы по дальнейшей разработке нормативных, технических и технологических документов, обеспечивающих интервальное регулирование

движения поездов и сквозных технологических процессов.

В соответствии с ГОСТ Р 57076–2016 «Полигоны испытательные для железнодорожного подвижного состава и объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта» [3] утверждены паспорта опытных полигонов. Вся необходимая техническая документация на системы и их оборудование, соответствующие программы и методики испытаний разработаны в соответствии с требованиями ЕСКД. Проведены анализы рисков. Утверждены нормативные документы корпоративного уровня, технологические процессы инструкции по порядку действий дежурно-диспетчерского персонала и локомотивных бригад, разработаны технико-экономические обоснования.

Главным итогом работы явилось внешение необходимых требований в новые «Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации», утвержденные приказом Минтранса России от 23 июня 2022 года № 250 [4].

Принципиально важно, что в ПТЭ внесен пункт, устанавливающий: «Поездам, оборудованным устройствами безопасности, обеспечивающими контроль допустимой скорости движения, разрешается проследование светофора с одним желтым (немигающим) огнем со скоростью, определяемой устройством безопасности, но не более 80 км/ч» (п. 54 Приложения 2 к ПТЭ Раздела 1). В ранее действующем ПТЭ проследование на желтый сигнал допускалось только со скоростью не более 60 км/ч.

Также в новой редакции ПТЭ определено: «при оборудовании перегонов и станций системами интервального регулирования движением поездов, электрической централизацией стрелок и светофоров предусматриваются устройства для передачи информации о параметрах движения на локомотивные устройства безопасности», «перегоны и железнодорожные станции оборудуются автоматической блокировкой или автоматической локомотивной сигнализацией как самостоятельным средством интервального регулирования движения поездов как с фиксированными, так и с изменяемыми от скорости движения поезда („подвижными“) границами блок-участков».

В целом анализ создания и внедрения инновационных технологий интервального регулирования движения поездов позволяет сделать следующие выводы.

1. Разработанный комплекс технико-технологических решений и инновационных технологий ИРДП позволил сформировать вектор технического и технологического развития ОАО «РЖД» в области совершенствования систем управления и обеспечения безопасности движения поездов, отвечающий современным вызовам «Индустрии 4.0» в части развития технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики, цифровой технологической связи, бортовых систем управления, автоматических системы сигнализации и блокировки.

2. Созданный комплекс инновационных технологий ИРДП в ходе испытаний и подконтрольной эксплуатации доказал свою эффективность и способность гибко адаптироваться к реальному состоянию железнодорожной инфраструктуры и оснащению подвижного состава на различных участках Восточного полигона, добиваясь при этом существенного повышения пропускных способностей.

3. Апробированные в ходе испытаний и подконтрольной эксплуатации технологии комплексного имитационного моделирования позволяют формировать обоснованные решения по модернизации железнодорожного подвижного состава и инфраструктуры, в том числе стационарных устройств и систем электроснабжения, с учетом комплексного подхода к устранению барьерных мест в пропускной способности, а также изменению технологических процессов в обработке составов, подготовке локомотивного парка и персонала.

4. Дальнейшее развитие работ по данному направлению предусматривает:

- переход на бесцветную сигнализацию при использовании бортовой локомотивной системы как главного инструмента интервального регулирования движения поездов;
- применение цифрового радиоканала как дополнительного средства передачи информации на локомотив, а в ряде случаев — его комплексного использования совместно с рельсовыми цепями;
- использование имитационного моделирования как инструмента, позволяющего обоснованно выбрать из комплекса разработанных технологий ИРДП техническое решение, адаптированное к условиям конкретного участка, включая перегоны и станции, гарантирующего эффективность применяемых технических решений не только на отдельных участках, но и на больших полигонах;

• изменение структуры и технологии работы станций для организации пропуска пакетов поездов.

5. В ближайшей перспективе до 2025 года благодаря отработанным техническим решениям возможно дальнейшее развитие технологии «виртуальная сцепка» в части:

- организации пакетов от трех до пяти локомотивов, работающих по технологии ВСЦ;
- организации сетей радиобмена внутри пакета локомотивов, работающих по технологии ВСЦ;
- вождения пакетов в период проведения окон при ремонте путевой инфраструктуры;
- выявления на борту локомотива предотказных состояний узлов и агрегатов локомотива;
- повышения коэффициента технической готовности локомотива без дополнительной предрейсовой диагностики за счет формирования статистически значимых массивов данных о работе локомотива;
- улучшения энергообеспечения поездов за счет накопления данных о напряжении в контактной сети и потребляемом токе локомотива, привязанных к конкретным участкам пути, и формирования принципиально нового подхода к управлению потоками поездов на выделенных участках сети железных дорог ОАО «РЖД».

Литература

1. Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года. Распоряжение Правительства РФ от 19.03.2019 г. № 466р. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=1359> (дата обращения 21.06.2023).
2. ГОСТ Р 53431–2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Автоматика и телемеханика железнодорожная. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200080817> (дата обращения 25.07.2023).
3. ГОСТ Р 57076–2016. Национальный стандарт Российской Федерации «Полигоны испытательные для железнодорожного подвижного состава и объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139389> (дата обращения 30.07.2023).
4. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/351240235> (дата обращения 01.07.2023).

Роботизация как необходимый элемент повышения эффективности процесса железнодорожных перевозок



В. В. Кудюкин,
заместитель генерального
директора АО «Научно-
исследовательский и про-
ектно-конструкторский
институт информати-
зации, автоматизации
и связи на железнодо-
рожном транспорте»
(НИИАС)

Комплексная реализация проектов цифровизации позволит ОАО «РЖД» перейти к технико-технологическим решениям Индустрии 4.0, обеспечив сквозной роботизированный технологический процесс доставки грузов, исключение негативного влияния человеческого фактора, сокращение случаев производственного травматизма и повышение экономической эффективности и безопасности железнодорожных перевозок.

Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года и Стратегия цифровой трансформации компании определяют приоритетные направления Цифровой трансформации железных дорог Российской Федерации.

Незаменимыми инструментами повышения производительности и надежности грузовых и пассажирских перевозок становятся современные средства цифровизации, автоматизации и роботизации [1], работающие на основе актуальной и достоверной информации о состоянии инфраструктуры и подвижного состава [2] и позволяющие в результате улучшить качество предоставляемых услуг.

АО «НИИАС» выполняет работы в указанных направлениях в соответствии

со Стратегией научно-технологического развития РФ, утвержденной Указом Президента России от 01.12.2016 года № 642, а точнее, в рамках ее приоритетного направления «Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта».

Особое внимание в институте уделяется системе управления ресурсами, рисками и анализа надежности объектов железнодорожного транспорта (УРРАН), интеллектуальной системе управления на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ), включая моделирование перевозочного



Рис. 1. Техничко-технологическое развитие сети железных дорог

процесса [3], а также роботизации (цифровая железнодорожная станция — ЦЖС). Указанные технологии являются приоритетными для повышения эффективности работы ОАО «РЖД» (рис. 1).

Ключевой составляющей увеличения пропускной способности полигонов сети дорог является повышение эффективности работы станций за счет внедрения таких инновационных технических средств, как, например, комплексная система автоматизированного управления сортировочным процессом (КСАУ СП), предназначенная для управления роспуском составов и скоростью скатывания отцепов, система маневровой автоматической локомотивной сигнализации (МАЛС), обеспечивающая безопасность работы маневровых локомотивов, система контроля и подготовки информации (СКПИ) о перемещениях вагонов и локомотивов на станции, работающая в реальном режиме времени и др. Это не только позволяет холдингу успешно функционировать в рамках Индустрии 3.0, но и создает предпосылки для его дальнейшего развития и перехода на следующий уровень промышленной революции.

По оценке Глобального института McKinsey (MGI) [4], уже в ближайшие 20 лет до 50 % рабочих операций в мире могут быть автоматизированы, что по своим масштабам сопоставимо с промышленной революцией XVIII–XIX веков. Такие смелые экономические прогнозы обусловлены не только очевидными эффектами от автоматизации существующих процессов, но и внедрением принципиально новых, прорывных бизнес-моделей и технологий.

В то время как Индустрия 3.0 была направлена на автоматизацию отдельных процессов, Индустрия 4.0 предусматривает сквозную цифровизацию всех физических активов и их интеграцию в цифровую экосистему вместе с партнерами, участвующими в цепочке создания стоимости. С точки зрения цифровой трансформации железнодорожного транспорта это предусматривает наличие сквозного роботизированного технологического процесса доставки грузов и пассажиров с обеспечением межмашинного взаимодействия и исключением негативного влияния человеческого фактора.

Внедрение современных цифровых технологий позволит автоматизировать многие технологические процессы, что обеспечит существенный прирост производительности труда. Вместе с тем остается ряд процессов, требующих участия

человека в непосредственном контакте с подвижным составом (отпуск тормозов грузовых вагонов в парке приема, расцепка вагонов на сортировочной горке и др.).

Решить эту проблему можно двумя способами — внутренним и внешним. В первом случае потребуются изменить конструкцию подвижного состава (например, применить электропневматические тормоза или изменить тип устройства автосцепки. Второй предусматривает использование роботизированных средств для реализации тех или иных операций [5, 6].

В сложившихся условиях обращения вагонного парка на железных дорогах пространства СНГ первый способ в обозримом будущем реализовать невозможно. В результате наиболее перспективным остается второй — внешний. В его рамках планируется начать внедрение манипуляционных (преимущественно коллаборативных) роботов, что позволит не только обезопасить сотрудников и снизить негативное влияние человеческого фактора, но и повысить эффективность процесса обработки составов на станции и оценки их технического состояния.

Следует отметить, что робототехнические комплексы (РТК), пока не задействованные в перевозочном процессе, уже широко применяются на отечественных и зарубежных предприятиях, занимающихся производством и ремонтом подвижного состава. На них такие рутинные повторяющиеся операции, как сварка металлоизделий, успешно выполняют роботы-сварщики.

Еще одним активно развивающимся направлением является применение РТК для технического осмотра подвагонного пространства, а также выявления трещин в литых деталях тележек и колесных пар грузовых вагонов. Они перемещаются по осмотровой канаве на колесной платформе и имеют в своем составе камеры технического зрения, высокоточные лазерные лидары, а также средства неразрушающего контроля для поиска и выявления скрытых дефектов литых деталей.

Курс на применение РТК нашел отражение в утвержденной в 2018 году «Программе роботизации (автоматизации) повторяющихся производственных процессов в хозяйствах ОАО «РЖД» на 2018–2030 годы» (далее — Программа). Ее цель состоит в повышении эффективности выполнения производственных процессов за счет применения новейших технологий (преимущественно безлюдных), что позволит холдингу максимально

приблизиться к работе в реалиях четвертой промышленной революции.

В рамках этой Программы в АО «НИИАС» разрабатывается дорожная карта по формированию и реализации комплексного инвестиционного проекта по роботизации технологических процессов в четырех бизнес-блоках ОАО «РЖД»: железнодорожных перевозок и инфраструктуры, транспортно-логистическом, пассажирских перевозок и социальном.

В качестве основного направления приложения усилий в ней обозначено создание инфраструктуры для внедрения средств промышленной роботизации. Это является первым шагом к развитию автономных систем обслуживания вагонов и инфраструктуры железных дорог России, позволяющим приблизиться к реализации полностью безлюдного технологического процесса.

Для решения указанных задач АО «НИИАС» совместно с АО «НПО «Андронидная техника»» в 2020 году разработало экспериментальный образец инфраструктуры для средств роботизации. На его базе созданы два робототехнических комплекса, предназначенных для автономного выполнения работ по отпуску автоматических тормозов грузовых вагонов в парке приема сортировочных станций и расцепке вагонов на сортировочных горках.

Образец состоит из базовой станции, мобильной платформы и исполнительного механизма (манипуляционного робота) [7]. С ноября 2020 года ведутся испытания РТК для отпуска тормозов на станции Челябинск-Главный Южно-Уральской дороги, несколько этапов успешно завершены [8]. В настоящее время испытания робота продолжаются.

Также инициированы исследования методов неразрушающего контроля литых деталей тележек и колесных пар грузовых вагонов с последующей разработкой роботизированной системы отпуска автоматических тормозов и выявления трещин литых деталей тележек и колесных пар грузовых вагонов на железнодорожной станции. Таким образом, робототехнический комплекс в будущем сможет не только обслуживать подвижной состав, но и диагностировать состояние элементов вагонов, непосредственно влияющих на безопасность движения поездов.

Манипуляционный робот на мобильной платформе перемещается по несущей конструкции вдоль железнодорожного состава (рис. 2). В случае применения на сортировочной горке РТК после своего позиционирования напротив механизмов сцепки синхронизируется по скорости



Рис. 2. Робототехнический комплекс при выполнении операций

с движущимся составом и в нужный момент выполняет действия по расцепке вагонов. В парке приема сортировочной станции платформа позиционируется напротив элемента тормозной системы, после чего манипулятор воздействует на выпускной клапан воздухораспределителя для отпуска тормозов. Выполнение этих операций контролируется автоматически.

При разработке рассматривались различные варианты исполнения мобильной платформы и несущей конструкции, а также оценивалась возможность унификации инфраструктуры робототехнических комплексов на предмет их базирования на одном типе мобильной платформы. Кроме того, учитывались условия эксплуатации и требования к несущей конструкции для обеспечения заложенной функциональности. Анализировались также различные варианты организации несущей конструкции: в подвагонном пространстве между рельсами; направляющие пути на обособленной постройке типа забора; дублирующие узкоколейный путь или монорельс вдоль железнодорожной колеи.

Один из вариантов исполнения мобильной платформы и несущей конструкции на дублирующем монорельсе вдоль железнодорожных путей представлен на рис. 3. К его недостаткам следует отнести обеспечение необходимой жесткости конструкции, что в принципе решается путем укрепления фундамента. Преимуществом является возможность беспрепятственного размещения вдоль пути с использованием стандартных креплений для рельсов.

Для выполнения операций по расцепке вагонов требуется применить конечное звено, которое будет обладать четырьмя степенями подвижности, обеспечивающими перемещение в плоскости по осям X

и Y, вращение в плоскости X_0Y_0 и вращение по оси вилки-штока (рис. 4).

Для правильной оценки местоположения в РТК имеется модуль позиционирования, построенный на базе двух систем: технического зрения, позволяющего распознавать элементы для воздействия, и анализа 3D-моделей вагонов, предоставляемых интегрированными постами автоматизированного приема и диагностики подвижного состава (ППСС). Такой подход обеспечивает надежную работу системы позиционирования в условиях снегопада и дождя, а также в разное время суток (рис. 5).

Это позволяет добиться высокой степени распознавания и подтверждаемости

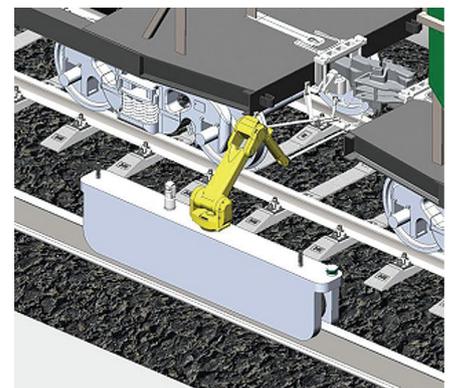


Рис. 3. Визуализация робототехнического комплекса на дублирующем монорельсе вдоль железнодорожных путей

элементов воздействия (клапанов воздухораспределителя и элементов автосцепки). При испытании модуля технического зрения были получены положительные результаты на скорости движения объекта распознавания до 25 м/с.

Большое значение уделялось также вопросу применения преимущественно отечественных комплектующих, что сейчас особенно актуально. Экспериментальные образцы робототехнических комплексов, включая шаговые электрические двигатели, производятся на российском предприятии, что исключает влияние технологических ограничений со стороны внешнего рынка.

Внедрение РТК способствует опти-

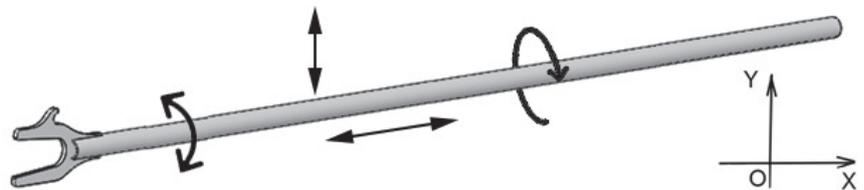


Рис. 4. Степени подвижности конечного звена оси вилки-штока



Рис. 5. Интерфейс разработчика системы позиционирования РТК

мизации работы сортировочных станций и горочных локомотивов. Кроме того, организация информационного обмена и взаимодействия между робототехническими комплексами, системой управления беспилотными локомотивами и автоматизированными средствами технической диагностики позволит в перспективе увеличить скорость надвига вагонов на сортировочную горку до 25 км/ч и в полной мере реализовать возможности технологии параллельного роспуска, что существенно повысит перерабатывающую способность сортировочных станций.

Применение передовых технологий и решений цифровизации и роботизации будет способствовать существенному снижению производственного травматизма, увеличению срока службы вагонов и инфраструктуры, сокращению времени простоя подвижного состава на сортировочных станциях, улучшению качества технического обслуживания подвижного состава, а также повышению безопасности движения за счет автоматического выявления РТК трещин литых деталей тележек и колесных пар грузовых вагонов.

Первоначально процессы роботизации планируется внедрять на сортировочных станциях и горках, где в перспек-

тиве найдут свое применение мобильные манипуляционные роботы для отпуска тормозов и соединения тормозных рукавов вагонов на сортировочных станциях, расцепки вагонов на сортировочных горках, визуального осмотра ходовой части вагонов, неразрушающего контроля колесных пар и др. ■

Литература:

1. Розенберг, И. Н. Цифровая сортировочная станция / И. Н. Розенберг, А. Н. Шабельников // Железнодорожный транспорт. – 2018. – № 10. – С. 13-17. – EDN YLFXGX.
2. Кудюкин В. В., Кукушкин С. С., Хакиев З. Б. Создание устойчивых и безопасных каналов передачи информации для управления робототехническими комплексами // Труды АО «НИИАС»: Сб. ст. М., 2021. С. 209–215.
3. Долгий А. И., Долгий И. Д., Ковалев С. М. Многоцелевое проектирование нечетких диагностических моделей на основе мультиагентных технологий // Вестн. РГУПС. 2019. № 4 (76). С. 81–92.
4. The Internet of Things: Sizing up the opportunity New York // McKinsey & Company: [сайт]. 2014. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/the-internet-of-things-sizing-up-the-opportunity> (дата обращения 12.12.2021).

5. Кудюкин В. В., Дудоров Е. А., Вуколов А. В., Котова К. А. Роботизация как элемент цифровой трансформации // Железнодорожный транспорт. 2022. № 5. С. 19–23.
6. Пат. RU 2700 208 C1 Российская Федерация, МПК В 61G 7/04. Устройство для автоматического расцепления вагонов движущихся поездов / Панин Ю. А., Матях Д. И.; заявитель и патентообладатель Акционерное общество Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава (АО «ВНИКТИ»). № 2018140628; заявл. 19.11.18; опубл. 13.09.2019. 11 с.
7. Kotova K., Dudorov E., Kudyukin V. Manipulator Control System for Railroad Transport Coupling and Braking System Maintenance // Int. Rus. Automation Conf. (RusAutoCon). 2021. С. 601–605. URL: <https://www.sciencegate.app/app/document/download/10.1109/rusautocon52004.2021.9537477> (дата обращения 30.11.2021). DOI: 10.1109/RusAutoCon52004.2021.9537477.
8. Вагоны доверяют роботу // Гудок. 2021. 18 марта. Вып. № 44 (27138). URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1556735&archive=2021.03.18> (дата обращения 30.11.2021).



Общероссийская общественная организация
**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА –
В ЦИФРАХ**

Академия включает
47 РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЯ



СОСТАВ ОО «РАТ» В 2023 ГОДУ

> 680 УЧЕНЫХ-ТРАНСПОРТНИКОВ:

170 ДОКТОРОВ НАУК

510 КАНДИДАТОВ НАУК

260 ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ РАТ



ДАТА ОСНОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
ТРАНСПОРТА:

26 июня 1991 года

www.rosacademtrans.ru

Использование принципов бионики для транспортных инноваций: фундаментальная экономическая основа технических решений



А. В. Кудрявцева,
канд. экон. наук,
научный сотрудник
Объединенного ученого
совета ОАО «РЖД»,
доцент Российского уни-
верситета транспорта
РУТ (МИИТ)



Д. А. Мачерет,
д-р экон. наук,
первый заместитель
председателя
Объединенного ученого
совета ОАО «РЖД»,
профессор РУТ (МИИТ)

Одно из продуктивных инновационных направлений в развитии транспортных систем – бионика. При оценке социально-экономических перспектив проектов, использующих этот подход, необходимо учитывать их эффективность и соответствие важнейшим вызовам времени.

Всю свою историю человек изучал природу и учился у нее. «От животных мы путем подражания научились важнейшим делам. Мы ученики паука в ткацком и портняжных ремеслах, ученики ласточки в построении жилищ» [1]. Идея использования знаний о живой природе для решения инженерных задач принадлежит Леонардо да Винчи, который пытался построить летательный аппарат с машущими крыльями, как у птиц, — орнитоптер. Однако только на стыке биологии, кибернетики, электроники и ряда новых (для середины XX века) наук родилась бионика, изучающая биологические системы с целью применения полученных знаний для решения инженерных задач [2].

Бионика — прикладная наука о применении в технических устройствах

и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы. В англоязычной и переводной литературе чаще употребляется термин биомиметика (от др.-греч. βίος «жизнь» + μίμησις «подражание») в значении «подход к созданию технологических устройств, при котором идея и основные элементы устройства заимствуются из живой природы».

Бионика подтверждает, что многие человеческие изобретения имеют аналоги в живой природе. Так, застежка-молния была сделана по образцу строения пера птицы. Бородки пера различных порядков, оснащенные крючками, обеспечивают надежное сцепление. Еще одним удачным примером бионики является широко распространенная текстильная застежка-липучка, прототипом которой стали плоды репейника, цеплявшиеся за шерсть собаки швейцарского инженера Жоржа де Местрала. Изучая хрусталик глаза, арабские ученые пришли к мысли о создании линз. В области физики в основу принципов учения об электричестве было положено исследование животного электричества. В XVIII веке Луиджи Гальвани проводил опыты с лапкой лягушки, которые привели к созданию гальванических элементов — химических источников электрической энергии [3].

Различают три основных типа бионики:

- теоретическую (использует математические модели и процессы);
- биологическую (изучает процессы в биологических системах);



Рис. 1. Новая конструкция мостовых опор – гибридный скользящий-качающийся мост

• техническую (применяет достижения теоретической бионики для решения инженерных задач).

Достижения бионики используются для усовершенствования уже существующих приборов, строительных конструкций, а также создания принципиально новых технологий и устройств. Бионика тесно связана с биологией, физикой, химией, кибернетикой и инженерными науками: электроникой, навигацией, связью, протезированием (конечностей и органов человека и других живых существ), морским делом и другими. По мере развития бионики как науки она получила особо широкое распространение в архитектуре (стиль био-тек), медицине, биокомпьютеринге (квазибиологической парадигме)¹, биоинженерии и др.

В нашей стране как общая (техническая), так и архитектурная бионика начали развиваться в 1960 году в НИИ теории, истории архитектуры и строительной техники. Первой публикацией в СССР на тему архитектурной бионики можно считать статью Ю. С. Лебедева и В. В. Зефельда 1962 года «Конструктивные структуры в архитектуре и в растительном мире». «Принципы бионики неоднократно применялись в архитектуре, к примеру, при создании таких сооружений, как Эйфелева башня, прототипом которой послужила структура бедренной кости, и храм Святого Семейства в Барселоне (архитектор Антонио Гауди)» [4]. Среди самых инновационных бионических сооружений в мире можно отметить ботанический сад «Эдем» в Великобритании и небоскреб «Вертикальный город» высотой в 1,2 километра в Китае, строительство которого начнется в этом году. В России самый известный пример использования бионики — Останкинская телебашня. Ее прообразом стала перевернутая лилия.

С современным развитием мира расширяется и сфера применения бионики. Цифровизация становится движущей силой новой промышленной революции [5]. Переформатирование отраслевых видов деятельности хозяйствующих субъектов можно наблюдать в секторах беспроводного сетевого взаимодействия, информационно-аналитическом сопровождении проектов, роботизации на платформах дата-центров. Одним из приоритетных направлений переформатирования отраслевых видов

деятельности под влиянием цифровых технологий является сектор бионики, стратегическая задача которого — адаптировать законы гармонического развития окружающей среды для технических цепочек хозяйствующих субъектов [6].

Применение бионики на транспорте

Существует немало примеров транспортных инноваций, основанных на принципах бионики, которые заслуживают систематизации и научного осмысления. В работах [7, 8] отмечено, что требуют поддержки инновации в рамках нового направления «бионика», которые могут касаться использования не только свойств конкретных объектов живой природы, но и механизмов взаимодействия между ними, таких, например, как симбиоз, могущий служить основой гармонизации взаимодействия различных транспортных систем и технологий. В связи с этим целесообразно рассмотреть примеры таких инноваций в транспортной отрасли.

Говоря о транспортной инфраструктуре, следует отметить, что примеров бионики пока не так много и все они в большей степени связаны с архитектурной бионикой, рассматривающей возможности, заложенные в живой природе, которые можно использовать в решении проблем формообразования, технического обеспечения, красоты и гармонии архитектурных форм [9, 10]. Наиболее яркие примеры применения бионического подхода в транспортной инфраструктуре — строительство мостов.

Например, инженеры Техасского университета A&M провели серию тестов новой конструкции мостовых опор, созданной по экспериментальной технологии. Ее рабочее название — «гибридный скользящий-качающийся мост», идею для нее почерпнули в строении человеческих конечностей. Две кости в суставе неразрывно скреплены друг с другом, но при этом могут смещаться на довольно значительные расстояния и под разными углами, чтобы компенсировать нагрузки.

Автор исследования доктор Петрос Сидерис предложил концепцию опор, которые частично деформируются при колебаниях, но эти смещения легко обратимы по аналогии со связками в теле человека: при нормальной работе они держат нагрузку, при перегрузке растягиваются, но их можно исцелить и вернуть конечности прежние свойства, не заменяя ее целиком (рис. 1).

Инженеры целенаправленно разрушили первую конструкцию на имитато-

ре землетрясения, починили ее, а затем разрушили вновь. Оценивались эксплуатационные качества до и после того, как проходило повторное разрушение, насколько хорош был ремонт, какие затраты нужны, а от чего можно отказаться. Общий вывод — ремонтпригодность скользяще-качающегося моста в несколько раз выше, чем у неподвижных монолитных конструкций, да и нагрузку он держит гораздо лучше.

Минус такой конструкции состоит в гораздо большей стоимости за счет применения относительно сложных механизмов при сооружении опоры вместо простой заливки бетона. Оценки показывают, что первоначальные затраты окупятся за счет быстрого и дешевого ремонта в том случае, когда поврежденный землетрясением мост будет введен в строй в кратчайшие сроки [11]. Таким образом, данная конструкция моста подходит прежде всего для сейсмоопасных регионов.

С развитием малообслуживаемых и безлюдных технологий все больше примеров бионики появляется в области беспилотных летательных аппаратов. Речь идет о крошечных легких летающих роботах, живыми прототипами конструкции которых являются насекомые. За редкими исключениями все такие роботы летают за счет энергии, поступающей через тончайшие электрические провода, что существенно ограничивает возможность практического использования подобных устройств. Этого недостатка полностью лишен новый робот, по внешнему виду практически не отличающийся от своих предшественников (рис. 2). Единственное и самое важное исключение — что этот летательный аппарат получает необходимую энергию при помощи беспроводной радиочастотной технологии.

Созданный специалистами Центральной лаборатории компании Toyota, летающий робот имеет шесть крыльев, приводимых в действие единым пьезоэлектрическим приводом, электронный блок и дипольную антенну на диапазон 5 ГГц, которая превращает энергию радиоволн в электричество. Эта антенна и остальная электроника обеспечивают наилучшее соотношение получаемой мощности и массы системы.

Ключевой проблемой, с которой сталкиваются разработчики миниатюрной техники, является нагрев некоторых компонентов, вызванный неизбежными потерями энергии при ее преобразовании. Для преодоления этой сложности

¹ *Биокомпьютеринг* (или квазибиологическая парадигма) — биологическое направление в искусственном интеллекте, сосредоточенное на разработке и использовании компьютеров, которые функционируют как живые организмы или содержат биологические компоненты, так называемые биокомпьютеры.

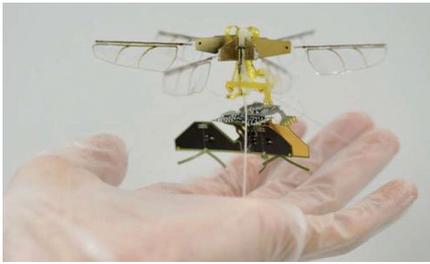


Рис. 2. Робот-насекомое, не нуждающийся в батарее и проводном подключении

японские исследователи оптимизировали электронную схему робота и расположили основные тепловыделяющие компоненты на максимально возможном удалении друг от друга, давая возможность теплу максимально эффективно рассеиваться в окружающей среде. «Нашим основным достижением является разработка схемы, элементы которой весят менее одного грамма, способной принять и обработать более одного ватта мощности, передаваемой через расстояние при помощи направленных радиоволн, — отмечают исследователи. — При помощи такой же технологии могут быть приведены в действие не только летающие роботы, но и другие устройства, нуждающиеся в немалом количестве энергии» [12].

Во время тестовых испытаний системы беспроводной передачи энергии японские исследователи сумели поднять в воздух летающего робота, который завис на месте и продержался неограниченное время.

Летающий робот весит всего 1,8 грамма, это минимум в 25 раз легче, чем другие подобные устройства с системой беспроводной радиочастотной передачи энергии. За счет малых габаритов такой робот сможет действовать в условиях крайне ограниченного пространства, к примеру, внутри трубопроводов, выскливая трещины и дефекты [12].

Ярким примером применения бионики на железнодорожном транспорте являются японские поезда Синкансэн.

Когда Япония стала первой страной, запустившей движение скоростных поез-

здов, ее жители гордились и радовались. Кроме тех людей, которые жили рядом с железнодорожными тоннелями. Выезд поездов из тоннеля сопровождался сильным звуковым ударом, разносившимся далеко вокруг. Поскольку население не переставало жаловаться, в 1997 году руководство компании Синкансэн попросило инженера Эйдзи Накацу решить акустическую проблему. Накацу помогло его хобби: инженер был страстным натуралистом и членом Японского общества любителей диких птиц. Он заинтересовался способностью зимородков нырять на большой скорости, входя в воду почти без всплеска. Накацу предположил, что ключом к тайне зимородка стала форма его длинного клюва, и предложил провести испытания моделей поездов с разной формой оконечностей. Оказалось, что нос, наиболее похожий на обводы головы птицы, действительно создает наименее резкий звуковой фронт (рис. 3).

Появившиеся в 1999 году новые поезда серии 700 удивили всех необычной формой. Начиная с них, все составы линии Синкансэн стали выглядеть подобным образом.

Эта форма оказалась выгодной и с точки зрения аэродинамики. Благодаря ей удалось увеличить скорость на изгибах пути и сократить время движения по маршруту [13].

Еще один показательный пример бионического подхода на железнодорожном транспорте Японии — поезда-невидимки с зеркальной оболочкой, которые смогут сливаться с окружающей средой (рис. 4).

Такой дизайн был создан специально, чтобы поезда сливались с окружающим пейзажем, по контрасту с яркими составами, которые сейчас передвигаются по японским железным дорогам. Внутри новые поезда будут комфортабельными, купе там сравнивают с настоящими гостиницами.

Если дизайн окажется популярным, то эти поезда могут стать стандартными и вытеснить прочие составы, чтобы тех-

ника не отвлекала от гор и лугов вокруг железных дорог [14].

Использование бионики в других сферах, важных для транспорта

Представляет интерес использование бионики и в других сферах, смежных с транспортной, таких как материаловедение и нанотехнологии.

Так, ученые из Бристольского университета раскрыли механизм маскировки мотыльков от летучих мышей. Мыши выслеживают добычу при помощи биологического эхолоота, посылая и улавливая отраженные от насекомых сигналы. Некоторые мотыльки могут слышать этот звук и уклоняться, а другие в ходе эволюции получили защитное покрытие, которое гасит сигналы летучих мышей (рис. 5).

Английские ученые сделали срезы крыльев умерщвленных глухих китайских дубовых шелкопрядов (*Antheraea pernyi*), чтобы добыть особые звукопоглощающие чешуйки. Исследование показало, что они способны на 85–87 % поглощать энергию звуковой волны. Чешуйки имеют толщину в одну пятидесятую от длины волны, которую они поглощают — это очень легкий, практически невесомый материал. Чешуйки поглощают волны в широком диапазоне длин и частот, приходящие под разными углами [15]. Использование принципов бионики позволило бы создать уникальное звукоизолирующее покрытие для жилых помещений, которое не потребует возведения громоздких конструкций. Это весьма перспективный подход для обеспечения защиты от шума, генерируемого транспортными объектами.

Одним из самых полезных и широко используемых материалов в современном мире, в том числе в транспортной отрасли, является стекло. Его главный недостаток — хрупкость. Ученым из университета МакГилла (McGill University) удалось создать новый тип практически небьющегося стекла, которое имеет высокий показатель прозрачности и обладает при этом высокой механической



Рис. 3. Обвод головы зимородка и форма оконечности поезда Синкансэн



Рис. 4. Японский поезд-невидимка с зеркальной оболочкой



Рис. 5. Мотылек *Antheraea pernyi*

прочностью и твердостью. Прототипом структуры нового стекла стали внутренние оболочки раковин моллюсков, материал которых известен под названием перламутр (рис. 6).

Микроструктура перламутра напоминает кирпичную кладку, в которой жесткие пластинки карбоната кальция упорядочены и скреплены мягкими и эластичными биополимерами. Такая структура сама по себе обладает высокой прочностью, а наличие эластичных связующих материалов не дает распространяться возникающим микротрещинам. Средняя прочность нового материала в три раза превышает прочность обычного стекла, а прочность на излом — в пять раз.

Сейчас ученые разрабатывают метод производства нового вида ударопрочного и небьющегося стекла, который будет масштабируемым и приемлемым для массового производства [16].

Одной из самых перспективных областей исследования являются нанотехнологии и наноструктуры. Бионический подход также применяется и при работе с наноразмерными текстурами. Например, исследователи из Королевского колледжа Лондона разработали новый способ изготовления материалов со сложными наноразмерными текстурами на поверхности, вдохновившись природой (рис. 7). Разные узоры могут быть важны, например, при создании противомикробных поверхностей или для скольжения кораблей по воде с меньшим трением.

Команда исследователей начала с минерально-органического полимера под на-



Рис. 6. Оболочка раковины моллюсков — перламутр

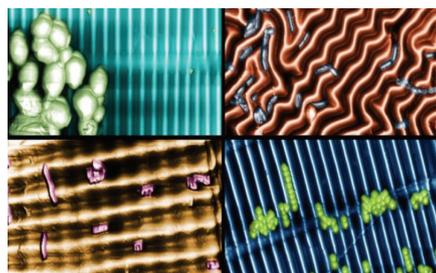


Рис. 7. Сложные наноразмерные текстуры

званием полидиметилсилоксан. Растяжение и сжатие тонкой пленки этого материала разными способами позволило создать множество наноразмерных и микромасштабных узоров, включая волны, рябь и шипы.

Например, шиповатая структура была вдохновлена текстурой крыльев насекомых, таких как цикады и стрекозы, обладающей природными антибактериальными свойствами. Имитируя их, можно создавать антибактериальные поверхности или покрытия для дверных ручек и всего, что необходимо регулярно стерилизовать. Это было бы важным оружием в борьбе с устойчивыми бактериями, в том числе на транспорте.

В другой структуре используются горизонтальные гребни, напоминающие по текстуре кожу акулы. Гребни уменьшают сопротивление воды, помогая животным плыть, и это может оказаться полезным для корпусов кораблей [17].

Экономический аспект

Социально-экономическую перспективность (потенциальную эффективность) предложений, основанных на использовании бионики, как и других транспортных инноваций, необходимо оценивать исходя из их влияния на ключевые показатели эффективности транспортной системы и соответствия важнейшим социально-экономическим вызовам [18, 19], а также сравнивать ее технико-экономические параметры с таковыми у эксплуатируемых аналогов [20].

Для оценки эффективности инвестиций в реализацию инновационных транспортных проектов или закупку инновационного подвижного состава и других технических средств следует использовать принятые методологические подходы и методический инструментарий [21] с учетом специфики инновационных проектов [22].

Рассматривая экономический аспект использования бионики для технических инноваций, нужно обратить внимание, что такой подход соответствует фундаментальному положению экономической теории и социальной философии о том, что созданное эволюцией может превосходить результаты человеческой изобретательности [23]. Обычно в качестве примеров рассматривается возникновение в ходе социальной эволюции спонтанных порядков — общественных институтов, которые не могли бы быть созданы в результате сознательной человеческой деятельности, а представляют собой «результат накопительных проб и ошибок, сумму опыта, воплощенного в инструментах и институтах, доказавших

свое превосходство» [24, с. 86]. Важнейшими для человеческого общества спонтанными порядками являются язык [23, 25], обеспечивающий социальную коммуникацию, и деньги [23, 26], обеспечивающие коммуникацию экономическую.

В отличие от общества и природы, техника обычно рассматривалась как сфера рациональной человеческой деятельности, в которой на основе инженерных расчетов и экспериментов обеспечивается наилучший результат. Перспективные примеры использования бионики свидетельствуют о том, что и в технических решениях результаты биологической эволюции могут превосходить человеческую изобретательность или, во всяком случае, существенно ее подкреплять и стимулировать. При этом следует отметить, что развитие техники, направляемое рациональными решениями, в целом тоже носит эволюционный характер. Это хорошо проявляется на транспорте [27, 28].

Эволюционный характер технического развития связан с закономерностями инновационной деятельности, в которой макроизобретения определяют кардинальные изменения долгосрочных траекторий развития техники, а дополняющие их микроусовершенствования позволяют постепенно вывести характеристики технических средств на качественно более высокий уровень и обеспечить кардинальное повышение их экономической эффективности [29, 30].

Макроизобретения являются основой радикальных, «подрывных» инноваций (эпохальных и базисных), а на микроусовершенствованиях базируются «поддерживающие» инновации (улучшающие, микроинновации) [31]. Именно то обстоятельство, что за каждой «подрывной» инновацией тянется цепочка «поддерживающих», обеспечивает высокую экономическую эффективность инновационно ориентированного развития и превращает его в основу современного экономического роста и повышения человеческого благосостояния.

При этом, хотя отдельные изобретения и инновационные разработки являются результатом целенаправленной человеческой деятельности, основанной на творческом замысле и научных оценках, инновационное развитие техники и технологий в целом так же, как биологическое и социальное, носит эволюционный характер и реализуется методом проб и ошибок. Наиболее успешное внедрение и распространение ожидает те инновации, которые в большей степени отвечают потребностям

пользователей и генерируют более значительные экономические эффекты.

Заключение

Таким образом, использование бионики для транспортных инноваций соответствует парадигме эволюционного развития как живой природы, так и техники, и дает возможность в ряде случаев находить более эффективные решения, чем это позволяет человеческая изобретательность сама по себе.

При этом следует отметить схожесть принципов бионики с одним из фундаментальных положений экономической теории — об эффективности порядков, возникающих не в результате человеческого замысла, а благодаря эволюционному развитию.

Следовательно, справедлив вывод о том, что использование принципов бионики в рамках инновационно ориентированного развития транспорта опирается на фундаментальную экономическую основу и может рассматриваться как одно из его важных направлений. 

Литература

1. Виц Б. Б. Демокрит. М.: Мысль, 1979. 212 с.
2. Логвинов В. От «зеленого строительства» к природоинтегрированной архитектуре. Принцип использования форм. Ч. 2 // Проект Байкал. 2018. Т. 15, № 55. С. 156–163.
3. Скурлатова М. В. Бионика как связь природы и техники // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). С. 1283–1289. URL: <https://moluch.ru/archive/90/18343> (дата обращения 06.02.2023).
4. Боровков А. И., Марусева В. М., Рябов Ю. А., Щербина Л. А. Бионический дизайн. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2015. 92 с.
5. Шваб К. Четвертая промышленная революция / пер. с англ. М.: Э, 2017. 208 с.
6. Бургонов О. В., Голубецкая Н. П. Перестроение отраслевых видов деятельности хозяйствующих субъектов в цифровой экономике // Индустрия 5.0, цифровая экономика и интеллектуальные экосистемы (ЭКОПРОМ-2021): Сб. тр. IV Всерос. (нац.) науч.-практич. конф. и XIX сетевой конф. с междунар. участием. СПб., 2021. С. 138–141.
7. Мачерет Д. А., Измайкова А. В. «Экологический императив» и инновационное развитие транспорта // Мир транспорта. 2016. Т. 14, № 5. С. 20–31.
8. Мачерет Д. А., Измайкова А. В. Экономическая роль инноваций в долгос-

- рочном развитии железнодорожного транспорта. М.: МИИТ, 2016. 162 с.
9. Лебедев Ю. С., Рабинович В. И., Положай Е. Д. и др. Архитектурная бионика / под ред. Ю. С. Лебедева. М.: Стройиздат, 1990. 269 с.
10. Овчинников И. И., Караханян А. Б., Овчинникова И. Г. Бионический подход к проектированию мостовых сооружений. Ч. 1: Особенности бионического подхода применительно к строительным конструкциям // Транспортные сооружения: Интернет-журнал. 2019. Т. 6, № 2. DOI: 10.15862/17SATS219. URL: <https://t-s.today/PDF/17SATS219.pdf>.
11. Инженеры создали гибридный мост по образу человеческого сустава // BuildingNECH. URL: <https://building-tech.org/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0/ynzheneri-sozdaly-gybrydniy-most-po-obrazu-chelovecheskogo-sustava> (дата обращения 03.07.2023).
12. В Японии создали робота-насекомого, не нуждающегося в батарее и проводном подключении // Атомная энергия 2.0: научно-деловой портал. URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/12/28/120668> (дата обращения 03.07.2023).
13. Назаров Р. Почему у японского поезда-пули такой удивительный нос // TechInsider. URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/1591601-rochemu-u-yaponskogo-poezda-pulitakoi-udivitelnyi-nos> (дата обращения 03.07.2023).
14. Поезд-невидимка сливается с окружающей средой // TechInsider. URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/236988-poezd-nevidimka-sli-vaetsya-s-okruzhayushchey-sredoy> (дата обращения 03.07.2023).
15. Мартыненко М. Крылья мотыльков помогут создать идеальную звукоизоляцию // Техкульт. URL: <https://www.techcult.ru/science/10989-krylya-motylkov> (дата обращения 03.07.2023).
16. Хижняк Н. Ученые придумали небьющееся стекло на основе структуры панциря моллюсков // Hi-News.ru. URL: <https://hi-news.ru/technology/uchenye-prividumali-nebyushheesya-steklo-na-osnove-struktury-pancirya-mollyuskov.html> (дата обращения 03.07.2023).
17. Нанотекстуры, вдохновленные природой, уничтожают бактерии и помогают кораблям рассекать воду // Наука сегодня: [Портал]. URL: <https://sciencetoday.ru/technology/nanotechnologies/>

- nanotekstury-vдохновlennye-prirodoy-unichtozhayut-bakterii-i-pomogayut-korablyam-rassekat-vodu (дата обращения 03.07.2023).
18. Измайкова А. В. Экономическая оценка перспективных инновационных проектов в сфере железнодорожного транспорта // Экономика железных дорог. 2015. № 12. С. 44–54.
19. Кудрявцева А. В. Методология оценки социально-экономической перспективности транспортных инноваций // Экономика железных дорог. 2017. № 4. С. 62–68.
20. Титова Т. С., Бороненко Ю. П., Покровская О. Д. Оценка инновационности новых грузовых вагонов // Транспорт РФ. 2022. № 3 (100). С. 23–38.
21. Терешина Н. П., Подсорин В. А. Экономическая оценка инвестиций. М.: УМЦ ЖДТ, 2016. 272 с.
22. Мачерет Д. А., Кудрявцева А. В. Об оценке эффективности инвестиций в инновационные проекты // Экономика железных дорог. 2016. № 12. С. 21–26.
23. Хайек Ф. А. фон. Пагубная самонадеянность. Ошибки социализма / пер. с англ. М.: Новости, Catalaxu, 1992. 304 с.
24. Хайек Ф. А. фон. Конституция свободы / пер. с англ. М.: Новое изд-во, 2018. 528 с.
25. Ковалёв А. В. Язык как спонтанный порядок: частный случай // Вопросы теоретической экономики. 2019. № 2(5). С. 92–103.
26. Менгер К. Избранные работы / пер. с нем. М.: Территория будущего, 2005. 496 с.
27. Сотников Е. А. История и перспективы мирового и российского железнодорожного транспорта (1800–2100 гг.). М.: Интекст, 2005. 112 с.
28. Разуваев А. Д. Экономическая оценка создания, эволюции и стратегического развития транспортной инфраструктуры (на примере железнодорожного транспорта): моногр. М.: Прометей, 2021. 286 с.
29. Аллен Р. С. Британская промышленная революция в глобальной картине мира / пер. с англ. М.: Изд-во Ин-та Гайдара, 2012. 448 с.
30. Мачерет Д. А., Измайкова А. В. Значение научных изобретений для железнодорожного транспорта: экономический аспект // Вестник ВНИИЖТ. 2014. № 3. С. 34–38.
31. Измайкова А. В. Классификация инноваций на железнодорожном транспорте и инвестиционный фактор их реализации // Вестник ВНИИЖТ. 2015. № 3. С. 35–41.

Методы расчета маршрутной сети пассажирских поездов с учетом предпочтений пассажиров



Ю. О. Пазойский,
д-р техн. наук,
профессор кафедры
«Железнодорожные
станции и транспортные
узлы» Российского
университета
транспорта (РУТ) МИИТ)

Повышение требований пассажиров к сервису перевозок, а также усиление конкуренции железных дорог с другими видами транспорта влияют на спрос в сегменте пассажирских перевозок дальнего следования. Их качественная организация предполагает обеспечение беспересадочного сообщения для пассажиров, мощных корреспонденций пассажиропотоков и потребного количества поездов с учетом не только освоения расчетного пассажиропотока, но и предпочтений пассажиров по выбору поездов.



М. Ю. Савельев,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Железнодорожные
станции
и транспортные узлы»
РУТ (МИИТ)

Основными факторами, влияющими на выбор поездов пассажирами, являются время в пути следования, стоимость проезда, удобство расписания (время отправления и прибытия), цель и комфортабельность поездки и др. Каждый поезд с точки зрения пассажиров имеет свои преимущества и недостатки [1, 2].



Е. А. Середов,
канд. техн. наук,
ассистент кафедры
«Железнодорожные
станции
и транспортные узлы»
РУТ (МИИТ)

При этом один и тот же поезд может оказаться наиболее предпочтительным для пассажиров, но наименее прибыльным для компании-перевозчика. Однако даже при организации движения поездов на направлениях с высоким спросом доход перевозчика может уменьшиться ввиду оттока части пассажиропотока на другие виды транспорта из-за отсутствия предпочтительных поездов для пассажиров.

Следует отметить, что при учете этих факторов потребуется обработка множества данных, часть из которых может содержать размытые и неточные формулировки от пассажиров, поэтому для перевода поступающей от них информации к формату нечеткой базы знаний целесообразно использовать теорию нечетких множеств [3].

При этом оценку пассажирских поездов в соответствии с предпочтениями пассажиров можно охарактеризовать двумя значениями: «истина» или «ложь», которые для удобства выбираются из отрезка (0, 1). Значению «истина» соответствует число 1, значению «ложь» — 0.

В том случае, если универсальное множество [4] состоит из конечного количества элементов $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, нечеткое множество представляется в виде

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \text{ или } \tilde{A} = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1}, \frac{\mu_A(x_2)}{x_2}, \dots, \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} \right\}. \quad (1)$$

В случае непрерывного множества X используют обозначение вида

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \frac{\mu_A(x)}{x}, \quad (2)$$

где символы \sum и \int в формулах (1) и (2) означают совокупность пар $\mu_A(x)$ и x .

В определении значения предпочтительного поезда применены функции принадлежности ($\mu_A(x)$), которые приписывают каждому элементу $x \in X$ степень его принадлежности к нечеткому множеству. При этом возможны три случая:

- 1) $\mu_A(x)=1$ — полная принадлежность элемента x к множеству;
- 2) $0 < \mu_A(x) < 1$ — частичная принадлежность элемента x к множеству;
- 3) $\mu_A(x)=0$ — отсутствие принадлежности элемента x к множеству.

Аналитическое представление в виде простой математической функции [5] упрощают формализацию нечеткой поступающей информации. Функции принадлежности позволяют аналитически характеризовать слабо формализуемую информацию от пассажиров. Примером такой информации является утверждение «почти предпочтительный поезд для пассажиров». В связи с этим описание пассажирских поездов расчетного участка железной дороги требует формализации поступающей информации от пассажиров, т. е. получение значений лингвистических переменных.

Пример построенных функций принадлежности лингвистической переменной «вероятность выбора поезда пассажирами» со значениями переменной, характери-



Рис. 1. График функций принадлежности лингвистических оценок вероятности выбора поезда пассажирами

зующей увеличение вероятности выбора поезда пассажирами (выраженное в процентах) в зависимости от его расписания движения, представлен на рис. 1. Лингвистические оценки, которыми пассажиры характеризуют поезда, следующие: «высокая», «выше средней», «ниже средней», «низкая».

Для оптимального решения конкретных задач требуется сравнить варианты, которые обладают признаками, определяющими степень соответствия цели [6] (рис. 2).

Приведение поступающей от пассажиров информации к формату нечеткой базы знаний, а также ее выход в виде конкретного числового значения категории обеспечивается функциями принадлежности.

Эксперименты с построением функций принадлежности показали, что при использовании в сравнительных вариантах альтернатив треугольных нечетких чисел [7], предусматривающих замену экспертных оценок нечеткими числами с оценками значимости (рис. 3), можно на этапе извлечения эвристических знаний экспертов учесть нечеткость в ответах и получить более точное и адекватное отражение экспертной информации в описании качественных факторов, характеризующих пассажирские поезда.

Полученные значения функции принадлежности позволяют установить поезда всех назначений в порядке предпочтения для пассажиров. В этом случае условие зависимости количества поездов от максимального учета предпочтений будет иметь вид

$$\mu_1(x_1)\chi + \mu_2(x_2)\chi + \dots + \mu_{\varphi}(x_j)\chi = \chi, \quad (3)$$

где: $\mu_{\varphi}(x_j)$ — оценка поезда j -го поездного назначения, $\sum \mu_{\varphi}(x_j) = 1$;
 x_j — количество поездов j -го назначения, $x_j \geq 0$; $\sum_{j=1}^j x_j = \chi$;
 χ — суммарное число поездов.

Следует принять во внимание, что максимальный учет предпочтений пассажиров по выбору поездов повлечет за собой организацию движения большого количества поездов, таким образом увеличатся эксплуатационные затраты, связанные с их формированием. С другой стороны, минимальный учет предпочтений пассажиров по выбору поездов будет способствовать оттоку части пассажиропотока на другие виды транспорта

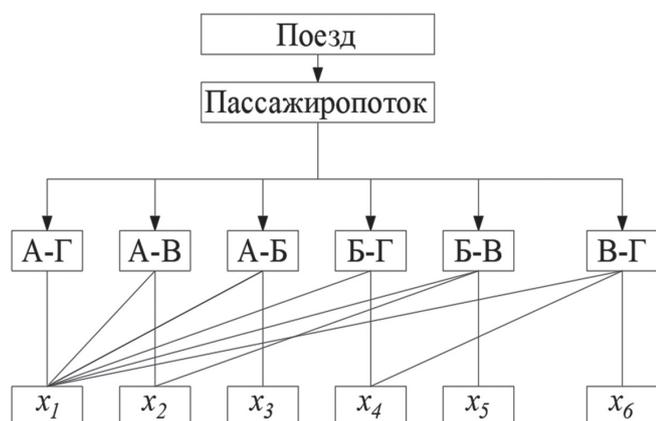


Рис. 2. Пример альтернативных вариантов выбора пассажирских поездов

из-за отсутствия предпочтительных поездок, как следствие, уменьшится доход перевозчика. В связи с этим требуется найти компромиссное решение, устанавливающее допустимую зависимость количества поездов j -го поездного назначения от общего количества с учетом предпочтений пассажиров. Данное решение примет следующий вид (условие учета предпочтений пассажиров):

$$x_j \approx \mu_{\varphi}(x_j)\chi. \quad (4)$$

Для оценки важности факторов используется метод экспертных оценок, который основан на выработке обобщенного мнения экспертов — специалистов в области эксплуатации железнодорожного транспорта.

При расчете параметров маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования совместно с учетом предпочтений пассажиров также учитываются следующие основные условия.

Обеспечение беспересадочного сообщения пассажиров. Данное условие должно устанавливать равенство между величиной корреспонденции пассажиропотока и общим количеством пассажиров данной корреспонденции, следующих в поездах различных назначений без пересадки в пути следования:

$$P_i = \sum_{j=1}^j \delta_{ij} y_{ij}; \quad \forall i, \quad (5)$$

где P_i — величина i -й корреспонденции пассажиропотока (чел.);
 y_{ij} — количество пассажиров i -й корреспонденции пассажиропотока, следующих в поездах j -го назначения (чел.); $y_{ij} \geq 0$;

$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если маршрут } i\text{-й корреспонденции пассажиропотока} \\ & \text{входит в маршрут } j\text{-го назначения;} \\ 0 & \text{в ином случае.} \end{cases}$

Освоение корреспонденций пассажиропотоков. Данное условие должно устанавливать неравенство, согласно которому суммарная вместимость поездов на участках их следования должна быть больше или равна общему числу пассажиров, которые могут следовать в этих поездах без пересадки:

$$\delta_{ik} a_j x_j \geq \sum_{i=1}^I \delta_{ijk} y_{ij}; \quad \forall i, \forall k, \quad (6)$$

где a_j — вместимость поездов j -го поездного назначения;
 I — общее число струй пассажиропотоков;

$\delta_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{если поезд } j\text{-го назначения} \\ & \text{следует по } k\text{-му участку;} \\ 0 & \text{в ином случае.} \end{cases}$

Условие освоения густоты пассажиропотоков будет иметь вид:

$$\sum_{i=1}^j \delta_{ik} a_i x_j \geq \Gamma_k, \quad \forall k, \quad (7)$$



Рис. 3. Графическое изображение треугольных нечетких чисел оценок значимости объекта исследования

где $\delta_{ik} = \begin{cases} 1, \text{ если маршрут } j\text{-го поездного назначения} \\ \text{ следует по } k\text{-му участку железной дороги;} \\ 0 \text{ в ином случае.} \end{cases}$

Γ_k — густота пассажиропотока на участке железной дороги,

$$\Gamma_k = \sum_{i=1}^j \delta_{ik} \Pi_i, \forall k, \quad (8)$$

где $\delta_{ik} = \begin{cases} 1, \text{ если } i\text{-й пассажиропоток} \\ \text{ следует по } k\text{-му участку железной дороги;} \\ 0 \text{ в ином случае.} \end{cases}$

Оптимальным вариантом определения количества пассажирских поездов на расчетном участке железной дороги будет считаться вариант с минимумом суммарных эксплуатационных затрат перевозчика от организации сообщения:

$$F = \sum_{i=1}^l E_j x_j \rightarrow \min, \quad (9)$$

где E_j — эксплуатационные затраты, приходящиеся на один поезд j -го назначения, включающие в себя расходы на поездную и вагонную составляющие [8].

Определено потребное число поездов на участке железной дороги с учетом и без учета предпочтений пассажиров по выбору поездов при условии выполнения требований по обеспечению беспересадочного сообщения по исходным данным, представленным на рис. 4.

Сравнительные результаты определения потребного количества поездов без учета и с учетом предпочтений пассажиров показывают, что в первом случае потребуется организация движения 9 поездов с эксплуатационными затратами 89000

условных единиц, а во втором — 11 поездов с эксплуатационными затратами 105 000 условных единиц.

Результаты показывают, что учет предпочтений пассажиров повлечет за собой организацию большого числа поездов, таким образом увеличатся затраты на перевозку. Однако при этом увеличится спрос на услуги железнодорожного транспорта и часть пассажиропотока не уйдет на альтернативные виды транспорта с сокращением дохода перевозчика.

При определении потребного количества поездов с учетом предпочтений пассажиров 77,62 % пассажиров будут следовать в поездах согласно своим предпочтениям, без учета — только 51,9 %.

Таким образом, при учете предпочтений пассажиров увеличилось число поездов и затраты на их формирование, но отток части пассажиропотока на другие виды транспорта из-за неудовлетворения расписанием движения поездов сократит доход от перевозки. Наиболее выгодным станет вариант без учета предпочтений пассажиров при оттоке не более 47 %, но это маловероятно.

В рамках увеличения доли железнодорожных перевозок в общем объеме пассажирских перевозок разработаны мероприятия, направленные на повышение комфорта пассажиров. Большое внимание уделяется обновлению подвижного состава и развитию программы лояльности для удовлетворения потребностей современного пассажира. Сегодня в развитии пассажирских перевозок лидирующее место занимают инновации. В цифровой формат переводятся сервисы для пассажиров, интеллектуальное управление производственными процессами.

Оснащенность подвижного состава, условия следования поездов и объем предоставляемых услуг непосредственно влияют на стоимость поездки и, соответственно, на структуру пассажиропотока. В связи с этим математические модели расчета маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования с учетом предпочтений пассажиров должны учитывать следующие условия.

Распределение величины пассажиропотока по поездам, в состав которых входят вагоны наиболее предпочтительных типов для i -й корреспонденции пассажиропотока:

$$\Pi_{iq} = \sum_{j=1}^J \sum_{v=q-\alpha}^{q+\alpha} \delta_{ijv} y_{ijqv}, \forall i; \forall q, \quad (10)$$

где Π_{iq} — число пассажиров i -й корреспонденции пассажиропотока, для которых вагоны q -го типа являются предпочтительными;

y_{ijqv} — число пассажиров i -й корреспонденции пассажиропотока, следующих в поездах j -го назначения, для которых вагоны q -го типа считаются предпочтительными, но следующих в вагонах v -го типа в связи с отсутствием мест в вагонах q -го типа;

где $\delta_{ijv} = \begin{cases} 1, \text{ если маршрут } i\text{-й корреспонденции пассажиропотока входит} \\ \text{ в маршрут } j\text{-го назначения, а в его составе есть вагоны } v\text{-го типа;} \\ 0 \text{ в ином случае.} \end{cases}$

При этом следует учитывать, что не во всех случаях пассажир способен приобрести билет в вагонах v -го типа, так как он может не соответствовать его требованиям. В связи с этим вводится ограничение:

$$(q - \alpha \leq v \leq q + \alpha'), \quad (11)$$

где α и α' определяется для каждого полигона отдельно из-за индивидуальных условий эксплуатации;

Обеспечение потребности пассажиров на места в вагонах разных типов:

$$\sum_{j=1}^J y_{ijq} \geq \omega_i \Pi_{iq}, \forall i; \forall q; \quad (12)$$

где ω_i — коэффициент, определяющий заданный уровень обеспечения спроса для i -го пассажиропотока, $\omega_i = 0-1$;

Обеспечение потребного количества мест в составах поездов для пассажиров, следующих в вагонах, которые не являются для них предпочтительными:

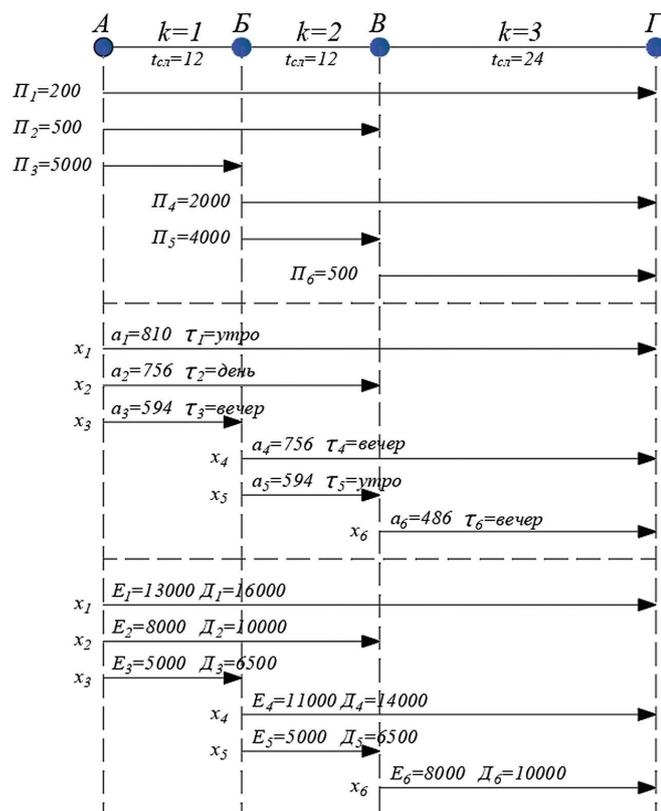


Рис. 4. Расчетный участок железной дороги: Π_i — мощность струй пассажиропотоков, пасс./сут.; x_j — количество поездов j -го назначения; E_j — стоимостная оценка поездов, условные единицы (у. е.); τ_j — период отправления поездов (утро; день; вечер; ночь); — вместимость поездов j -го поездного назначения; t_{ca} — время следования поездов по участкам, ч; D_j — доходная составляющая с поезда j -го назначения при 100%-ном использовании вместимости подвижного состава, у. е.

Сравнительные результаты формирования маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования

Поездное назначение	Пример 1					Пример 2				
	Число поездов	Схема состава поезда			Кэф. исп. вмест-ти	Число поездов	Схема состава поезда			Кэф. исп. вмест-ти
		П	Л	К			П	Л	К	
x_1	4	10	1	7	0,79	4	5	4	9	0,88
x_2	2	8	2	8	1,00	2	11	0	7	1,00
x_3	2	7	2	5	1,00	2	4	2	12	0,98
x_4	2	8	2	8	0,98	1	18	0	0	0,96
x_5	1	7	2	5	0,92	2	3	0	15	0,98
x_6	0	5	2	5	–	0	0	0	0	–
Итого	11	93	18	75	0,91	11	74	20	104	0,95
Значение целевой функции, у. е.	31271,46					42693, 17				

$$\sum_{i=1}^I \sum_{q=1}^Q \delta_{ijk} y_{ijqv} \leq \delta_{jk} m_{jv} a_v x_j; \quad \forall j, v, k \quad (13)$$

где m_{jv} – количество вагонов v -го типа в составе поезда j -го назначения;

a_v – количество мест в вагоне v -го типа;

Q – общее количество категорий вагонов.

Критерием для выбора наилучшего варианта формирования маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования принимается разница между доходом (выручка от продажи билетов на поезда) и эксплуатационными расходами.

Целевая функция будет иметь вид

$$F = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^b \sum_{v=1}^Q \sum_{q=1}^Q D_{iv} y_{ijqv} - \sum_{j=1}^b E_j x_j \rightarrow \max, \quad (14)$$

где D_{iv} – стоимость проезда пассажира i -й корреспонденции пассажиропотока в вагоне v -го типа;

$\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^b \sum_{v=1}^Q \sum_{q=1}^Q D_{iv} y_{ijqv}$ – выручка от продажи билетов на поезда;

$\sum E_j x_j$ – эксплуатационные расходы.

Расчет маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования при незадаанных схемах составов поездов требует установления следующих дополнительных условий.

Освоение пассажиропотоков для участка расчетной сети:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{q=1}^Q \delta_{ijk} y_{ijqv} \leq \delta_{jk} a_v h_{jv}; \quad \forall j, v, k, \quad (15)$$

где h_{jv} – число вагонов v -го типа j -го поездного назначения.

Для определения незадаанных схем составов пассажирских поездов требуется установить соответствие между максимально возможным количеством вагонов определенного поездного назначения и общим количеством вагонов различных типов данного назначения:

$$(m_j^{max} - Q) x_j \geq \sum_{v=1}^Q h_{jv}; \quad \forall j, \quad (16)$$

где m_j^{max} – максимальное число вагонов в составе поезда j -го назначения;

$(m_j^{max} - Q)$ – максимальное число вагонов в составе поезда с учетом погрешности округления числа вагонов до целого [9].

Схема состава поезда определяется по формуле

$$m_{jh} = \frac{h_{jv}}{x_j}; \quad \forall j; \forall v; m_{jv} \in Z. \quad (17)$$

Как уже отмечалось, критерием для выбора наилучшего варианта формирования маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования принимается разница между выручкой от продажи билетов и эксплуатационными расходами, которые в данном случае представлены поездной ($C_j x_j$) и вагонной ($c_v h_{jv}$) составляющими.

Целевая функция будет иметь вид

$$F = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^b \sum_{v=1}^Q \sum_{q=1}^Q D_{iv} y_{ijqv} - \sum_{j=1}^b C_j x_j - \sum_{j=1}^b \sum_{v=1}^Q c_{jv} h_{jv} \rightarrow \max, \quad (18)$$

где C_j – эксплуатационные расходы на поездную составляющую, приходящиеся на один поезд j -го назначения;

C_{jv} – эксплуатационные расходы на вагонную составляющую, приходящиеся на вагон v -го типа j -го назначения [10].

Сравнительные результаты вариантов формирования маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования при заданных (пример 1) и незадаанных (пример 2) схемах составов поездов представлены в *таблице*.

Результаты формирования маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования в рассмотренных примерах показывают необходимость учета факторов, влияющих на выбор поездов пассажирами, и определения схем составов поездов в соответствии со структурой пассажиропотока, так как прибыль от перевозки увеличится более чем на 36 %, а показатели использования подвижного состава улучшатся, поскольку населенность поездов увеличится на 4,4 %. ■

Литература

1. Середов Е. А. Формирование маршрутной сети пассажирских поездов с учетом предпочтений пассажиров // Экономика железных дорог. 2021. № 11. С. 34–43.
2. Пазойский Ю. О., Савельев М. Ю., Середов Е. А. Использование методов теории нечетких множеств для освоения пассажиропотока // Фёдор Петрович Кочнев – выдающийся организатор транспортного образования и науки в России. Тр. междунар. науч.-практич. конф. / отв. ред. А. Ф. Бородин; сост. Р. А. Ефимов. М., 2021. С. 328–332.
3. Carmona P., Castro J. L., Zurita J. M. Commutativity as prior knowledge in fuzzy modeling // Fuzzy Set Syst. 2005. Vol. 152. P. 565–585.
4. Аверкин А. Н., Батыршин И. З., Блишун А. Ф. и др. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / под ред. Д. А. Поспелова. М.: Наука, 1986. 312 с.
5. Конышева Л. К., Назаров Д. М. Основы теории нечетких множеств: учеб. пособие. СПб.: Питер, 2011. 192 с.
6. Борисов А. Н., Крумберг О. А., Федоров И. П. Принятие решения на основе нечетких моделей: примеры использования. Рига: Зинатне, 1990. 184 с.
7. Бахусова Е. В. Элементы теории нечетких множеств: учеб.-метод. пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. 116 с.
8. Пазойский Ю. О., Савельев М. Ю., Сидраков А. А. и др. Железнодорожные пассажирские перевозки (избранные главы): учеб. пособие. М.: РУТ (МИИТ), 2020. 407 с.
9. Савельев М. Ю. Выбор оптимальных параметров системы освоения потоков пассажиров, багажа и грузобагажа на сети железных дорог российской федерации: дисс. ... канд. тех. наук. М., 2015. 169 с.
10. Панова О. Н. План формирования пассажирских поездов при условии удовлетворения спроса на категории мест: дисс. ... канд. техн. наук. М., 2001. 174 с.

Оценка уровня концентрации на рынке услуг операторов железнодорожного подвижного состава



Ф. И. Хусаинов,
канд. экон. наук,
эксперт Института
экономики и регулирова-
ния инфраструктурных
отраслей НИУ ВШЭ



А. А. Алексанова,
экономист

Важнейшим элементом железнодорожных грузовых перевозок является рынок услуг операторов подвижного состава. В настоящее время он выглядит вполне сформированным, со сложившимися устойчивыми группами участников.

Помимо «чистых» операторов, предоставляющих вагоны под погрузку, существуют, как известно, также грузовладельцы и лизинговые компании, имеющие собственный подвижной состав, которые им не управляют, а сдают в аренду. Кроме того, на рынке действуют так называемые экзитивные операторы, которые специализируются на обслуживании

какого-то одного (или нескольких) грузоотправителей, находящихся в одном холдинге с такой операторской компанией.

По состоянию на конец 2021 года из общего парка вагонов российской принадлежности 1,2 млн единиц примерно 10 % находилось в оперировании у АО «Федеральная грузовая компания», еще некоторое количество — у других дочерних компаний ОАО «РЖД», а также у него самого (общий, или инвентарный, парк вагонов, используемый для перевозок между собственными предприятиями или своих нужд ОАО «РЖД»).

С точки зрения структуры собственности основная часть вагонов российской принадлежности (88 %, по данным официального отчета ф. 9д-4) находится в оперировании независимых компаний, не являющихся участниками холдинга «РЖД»¹.

В табл. 1 и на рис. 1 приведен TOP-20 операторов от компании «INFO-Line Аналитика», ранжированных по показателю погрузки, а в табл. 2 и на рис. 2 — аналогичный перечень, ранжированный по показателю грузооборота (в порядке убывания по данным за 2021 г.)².

Статья написана на основе материалов выпускной квалификационной работы выпускницы бакалавриата РОАТ РУТ (МИИТ) Алексановой А. А., выполненной под научным руководством к.э.н. Хусаинова Ф. И. на кафедре «Экономика и финансы» РОАТ РУТ (МИИТ) в 2022 г.

¹ Количество вагонов в собственности и в оперировании не одинаково. Например, доля ФГК как собственника составляет, по данным отчета ф. 9д-4, только 7 % от всего парка вагонов РФ, а доля ФГК как оператора — примерно 10 %.

² Авторы выражают благодарность компании «INFO-Line Аналитика» и лично генеральному директору Михаилу Бурмистрову за любезно предоставленные данные Обзора «INFOLine Rail Russia top» [1], использованные в табл. 1 и 2 и рис. 1 и 2 настоящей статьи.

Таблица 1.
Объем перевозок грузов крупнейшими компаниями — операторами в 2018–2021 гг., млн т

Компания	Объем перевозок по годам, млн т			
	2018	2019	2020	2021
Первая грузовая компания, ПАО	173,1	164,4	169,6	160,7
Федеральная грузовая компания, АО	163,5	152,1	121,7	123,1
НефтеТрансСервис, АО	92,2	91,8	90,4	96,5
НТК, АО	70,7	78,2	84,1	92,5
Globaltrans Investment PLC (НПК)	88,5	91,6	88,9	85,8
Модум-Транс, ООО	23,9	46,6	69,2	82,8
Трансойл, ООО	74,1	68,3	68,7	75,6
РТК, ГК	58,9	56,1	59,2	59,3
ГК Новотранс, ООО	34,3	32,1	37,8	36,3
Уголь-Транс, АО	-	-	17,1	33,2
Атлант, ООО	24,5	21,2	29,6	31,9
Трансконтейнер, ПАО	15,7	16,5	23,9	26,7
Газпромтранс, ООО	25,6	25,3	25,3	26,1
RAILGO	11,4	16,6	15,6	22,6
Первый промышленный оператор, ООО	6,5	16,5	17,3	20,4
ЛУКОЙЛ-Транс, ООО	10,7	14,6	14,0	16,0
Мечел-транс, ООО	14,8	14,0	16,3	14,9
Евросиб СПБ-ТС, ЗАО	11,8	10,8	10,4	10,6
ТТК, АО	9,8	11,1	10,6	10,1
НХТК, ООО	-	9,1	8,0	7,5

Источник: [1]

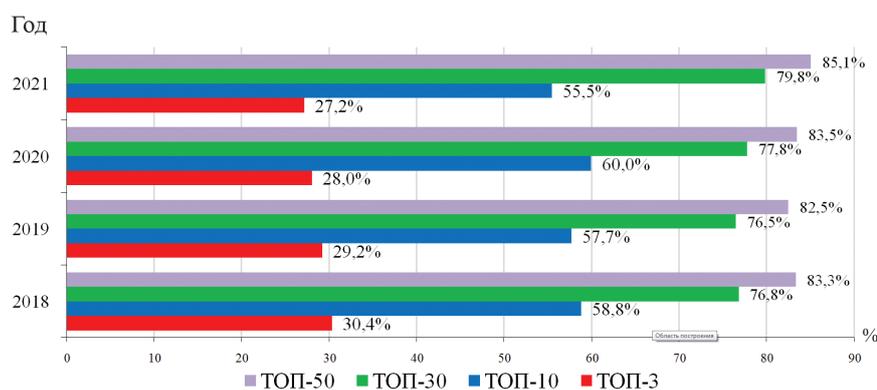


Рис. 1. Доля крупнейших операторов в объеме перевозок в 2018–2021 гг., %

Таблица 2. Грузооборот крупнейших компаний – операторов подвижного состава в 2018–2021 гг., млн т

Компания	Грузооборот по годам, млрд т-км			
	2018	2019	2020	2021
Первая грузовая компания, ПАО	289,2	272,2	289,4	280,2
Федеральная грузовая компания, АО	348,2	328,3	267,1	253,4
Модум-Транс, ООО	83,3	162,9	219,4	242,9
НТК, АО	156,4	173,8	192,7	186,3
НефтеТрансСервис, АО	180,0	186,9	169,6	172,8
Globaltrans Investment PLC (НПК)	146,2	147,1	150,3	141,1
Уголь-Транс, АО	-	-	66,4	126,3
Трансойл, ООО	119,3	108,2	115,7	120,0
РТК, ГК	96,1	90,7	99,4	103,5
Атлант, ООО	47,9	44,1	82,5	87,2
ГК Новотранс, ООО	145,1	129,1	100,9	84,9
Трансконтейнер, ПАО	59,0	61,1	71,0	80,2
Газпромтранс, ООО	50,8	50,8	50,3	52,1
Мечел-транс, ООО	33,7	32,4	32,7	29,5
RAILGO	13,8	22,5	19,4	27,1
Евросиб СПб-ТС, ЗАО	25,1	27,5	24,8	25,2
ТГК, АО	23,0	23,1	22,9	21,4
ЛУКОЙЛ-транс, ООО	14,4	20,2	19,7	20,3
Первый промышленный оператор, ООО	3,9	17,2	16,2	20,0
НХТК, ООО	-	19,7	16,1	14,3

Источник: [1]

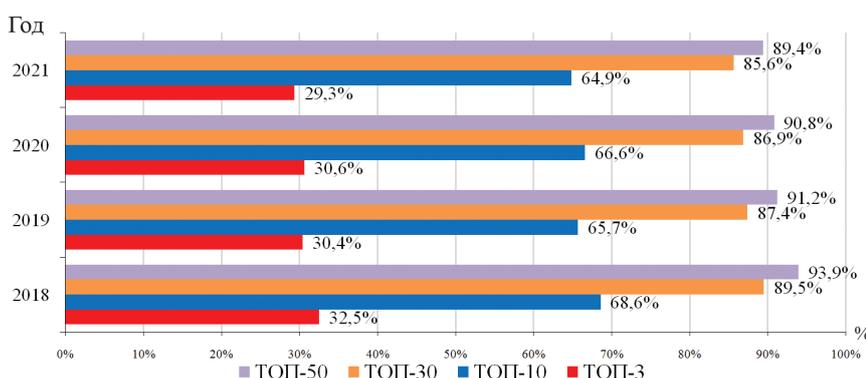


Рис. 2. Доля крупнейших операторов подвижного состава в грузообороте в 2018–2021 гг., %

На долю ТОП-3 операторов в 2021 году пришлось 27,2 % погрузки, что на 0,8 п. п. больше, чем в 2020 г. На ТОП-30–79,9 %, что на 2 п. п. больше.

По грузообороту на долю ТОП-3 операторов в 2021 году пришлось 29,3 %, что на 1,3 п. п. меньше, чем в 2020 году. На ТОП-30–85,6 %, что на 1,3 п. п. меньше. При этом доля ТОП-10 тоже сократилась — на 1,7 п. п., до 64,9 %.

В табл. 3 представлены доли операторов грузовых вагонов в общем парке грузовых вагонов в Российской Федерации (по данным ОАО «РЖД»)¹ по состоянию на декабрь 2021 года.

На ТОП-4 крупнейших операторов приходится 29,5 % всего парка вагонов, на ТОП-10–54,5 %, на ТОП-20–69,4 % и на ТОП-30–76,2 %.

В табл. 3 использована группировка по холдингам (за исключением группы компаний РЖД), а не по отдельным операторам, поскольку с точки зрения возможностей координации на рынке холдинг может рассматриваться как одна компания. То есть в данном случае, например в Globaltrans, учтены вагоны Новой перевозочной компании, Балттранссервиса и др. В случае же, если в рамках холдинга есть только одна компания-оператор, будем учитывать только ее парк. Например, в UCL Holding учтены вагоны Первой грузовой компании.

Теоретические представления об измерении конкуренции

Большинство концепций, с помощью которых мы анализируем рынки и уровень концентрации на них, разрабатывались в рамках дисциплины «Теория отраслевых рынков» (Industrial Organization²). Поэтому, прежде чем переходить непосредственно к оценке уровня концентрации (и конкуренции) на рынке услуг операторов железнодорожного подвижного состава, остановимся на некоторых теоретических положениях соответствующих теорий, из которых и вырос существующий инструментарий анализа рынков.

Основоположники теории отраслевых рынков Джо Бейн и Эдвард Мейсон

¹ Необходимо отметить, что данные о вагонных парках компаний немного различаются в разных источниках. Однако для настоящего исследования этими расхождениями можно пренебречь, так как они невелики и на итоговый параметр — сумму квадратов долей по всем компаниям — колебания по отдельным компаниям не сильно влияют.

² Существует несколько вариантов перевода названия дисциплины на русский язык. Помимо наиболее распространенного «теория отраслевых рынков» используют также такие варианты, как «теория организации отрасли», «теория организации промышленности», «экономика отраслевых рынков».

Таблица 3

Доли компаний-операторов подвижного состава в общем парке вагонов в декабре 2021 г.,%

Оператор или холдинг оператора	Доля	ТОП-4	ТОП-10	ТОП-20	ТОП-30
Федеральная грузовая компания	10,1	29,5	54,5	69,4	76,2
UCL Holding (Первая грузовая компания)	8,4				
Модум-Транс (бывшее УВЗ-Логистик)	5,7				
НефтеТрансСервис	5,3				
Globaltrans Investment PLC	5,0				
РусТрансКом	4,8				
ТрансОйл	4,7				
Атлант	3,8				
СУЭК	3,7				
Трансконтейнер, ПАО	2,9				
УТМК, ОАО	2,7				
Газпром (Газпромтранс)	2,3				
Новотранс	2,1				
RAILGO	2,0				
Объединенная вагонная компания	1,1				
Трубная Грузовая Компания	1,0				
Евросиб-СПб	1,0				
РУСАЛ	0,9				
НХТК	0,9				
Мечел-Транс	0,9				
Rail Garant	0,9				
ЛУКОЙЛ (Лукойл-Транс)	0,9				
Роснефть	0,8				
ФосАгро АГ	0,7				
Уралкалий	0,7				
FESCO (Группа «Сумма»)	0,6				
СГ-Транс Холдинг (Вектор Рейл)	0,6				
Транспортные Технологии	0,6				
ЕвроХим»	0,6				
Урал Логистика	0,6				

Источник: РЖД.

предложили парадигму, которую сегодня называют «структура — поведение — результативность», или Гарвардская парадигма. Согласно этой концепции, фундаментальные характеристики отрасли (к которым относятся технология, масштаб выпуска, наличие или отсутствие продуктовой дифференциации, местоположение продавцов и покупателей и т. д.) определяют структуру рынка. Парадигма оказывает воздействие на поведение продавцов и покупателей, наличие и степень их рыночной власти, которая выражается в способности фирм назначать цену выше предельных издержек производства. Поведение компаний, в свою очередь, определяет результативность рынка — величину прибыли продавцов, степень

удовлетворенности спроса продуктовым разнообразием и объемами продаж, степень динамизма рынка [2, 3].

Структура рынка детерминирует поведение фирмы. При этом сама она определяется через такие признаки, как степень концентрации продавцов и покупателей, уровень дифференциации товара, условия входа-выхода с рынка, степень влияния продавцов и покупателей на цену.

В 1960–1970-е годы Чикагская экономическая школа выступила против структуралистского подхода. Известные американские экономисты Джордж Стиглер и Гарольд Демсец критиковали теорию Бейна и Мейсона на основе ранее высказанных идей Э. Чемберлина [4] о том, что конкуренция — это, по сути,

динамический процесс, поэтому статический подход, который демонстрирует структуралистская концепция, не применим или как минимум часто не применим [3].

В этот период в качестве альтернативы появилась теория квазиконкурентных рынков (иногда используется термин «теория состязательной конкуренции») Баумоля, Панзара и Виллига. Она устанавливала связь рыночной структуры и конкуренции с потенциальными возможностями входа-выхода.

Если до этого традиционным было отождествление монопольной власти с высоким уровнем концентрации продавцов на рынке, то после 1970-х годов произошло осознание факта, что рыночная власть устроена сложнее. С одной стороны, монопольная власть может сочетаться с достаточно низкой концентрацией продавцов на рынке — например, когда формально большое число продавцов конечного товара оказывается в зависимости от нескольких крупных поставщиков. С другой стороны, наличие небольшого числа крупных продавцов на рынке — формально высокий уровень концентрации — не обязательно означает большую степень монопольной власти данных фирм (например, наличие недозагруженных резервов мощностей приводит к тому, что может наблюдаться очень сильная конкуренция при формально небольшом числе продавцов). В итоге в 1970-х годах экономисты поняли, что наличие барьеров входа и недозагруженных мощностей могут быть более важными факторами, определяющими степень конкуренции на рынке, чем другие.

Если крупная фирма попытается реализовать свои рыночные преимущества для влияния на рынок, увеличивая, например цену товара, то на рынке с низкими барьерами входа произойдет следующее: чрезмерно высокая цена создаст условия для получения повышенной прибыли и привлечет новые фирмы в отрасль. Они создадут конкурентное производство, предложение товара в отрасли возрастет, что приведет к падению цены, прибыли и объемов продаж старой фирмы.

Поэтому, чтобы не терять рынок, старая фирма вынуждена придерживаться такой цены, которая не способна привлечь в отрасль новых конкурентов, т. е. уровня конкурентной (или приближающейся к таковой) цены. Таким образом, для крупной фирмы, действующей в условиях квазиконкурентного рынка,

оказывается невозможным проводить эффективную монопольную политику.

Это очень важный момент: оказалось, чтобы цены были минимальными, совершенная конкуренция не обязательна. Достаточно таких квазиконкурентных рынков, чтобы ценообразование участников приближало цены к уровню, который сложился бы на рынке «настоящей» совершенной конкуренции.

Квазиконкурентный рынок обеспечивает эффективный выпуск в отрасли и отсутствие рыночной власти у какого-либо действующего на нем экономического агента. В такой ситуации прямолинейное применение «гарвардской парадигмы» выглядело уже как слишком сильное упрощение.

Итак, к концу 1970-х годов в экономической науке сложилось представление, что, несмотря на небольшое количество крупных фирм в отрасли, их взаимодействие характеризуется отсутствием сокращения выпуска и роста цены (монопольных эффектов). То есть данная структура отрасли сама по себе не свидетельствует о том, что она монополизирована, хотя формальные показатели могут дать довольно высокий уровень концентрации.

В этих условиях изменились акценты антимонопольной политики. Ее общей целью стало снижение и по возможности устранение входных барьеров, чтобы рынки приобретали квазиконкурентный характер. Идеал совершенной конкуренции как сверхзадача государства сменился попытками стимулировать работающую конкуренцию в отраслях.

Однако оказалось, что теории Чикагской школы, хотя и приводили к более глубокому пониманию функционирования рынка, имели один существенный недостаток. Дело в том, что для проведения антимонопольной политики нужны простые методы, с помощью которых можно давать оценку степени монополизации в относительно оперативном режиме, а сложные и тонкие теории оказались недостаточно операциональными.

Немного упрощая можно сказать, что в этих условиях возник компромисс между потребностью в глубоком понимании, что давала Чикагская школа, и простым измерением, что позволяли делать инструменты, которые «выросли» из парадигмы «структура — поведение — результативность».

Важнейшими инструментами, которые породила Гарвардская парадигма, стали показатели измерения уровня концентрации на рынке. А поскольку соглас-

Таблица 4
Классификация рынков в зависимости от значений индекса концентрации и индекса Херфиндаля–Хиршмана

Показатель	Концентрация		
	низкая	средняя	высокая
Индекс концентрации CR-3	менее 45 %	45–70 %	более 70 %
Индекс Херфиндаля–Хиршмана (НИИ)	менее 1000	1000–2000	2000–10000

Источник: [3].

но этой концепции концентрация была принята в качестве параметра конкуренции, эти инструменты стали главными способами оценки уровня конкуренции.

В принципе для измерения уровня концентрации существует много разных показателей, но сегодня у исследователей и антимонопольных органов традиционно наиболее популярны два: индекс концентрации и индекс Херфиндаля–Хиршмана [5] (табл. 4). Например, антимонопольное ведомство США с 1980-х годов регулярно публикует значения этих показателей концентрации по различным отраслям для мониторинга уровня конкуренции в них. Вкратце напомним смысл этих показателей.

Индекс концентрации (сокращенно его обозначают CR — concentration ratio) представляет собой совокупную долю крупнейших игроков рынка, как правило, трех (CR-3) либо четырех (CR-4). Это наиболее простой индекс, и в прошлом именно его использовали чаще всего для оценки концентрации, но одним из его недостатков является то, что он практически не учитывает неравномерность долей между крупнейшими выбранными компаниями. Однако именно неравномерность распределения долей рынка (наряду с количеством участников) является одной из важнейших характеристик концентрации.

Еще один недостаток индекса концентрации — что среди экономистов нет согласия по поводу того, долю скольких компаний нужно учитывать. Одни считают, что трех, другие — четырех, а некоторые полагают, что шести или даже восьми.

Чтобы преодолеть эти недостатки, в 1945 году Альберт Хиршман предложил другой индекс, усовершенствованный в 1950 году Оррисом Херфиндалем. Он получил название индекс Херфиндаля–Хиршмана (НИИ). Он представляет собой сумму квадратов долей рынка всех продавцов, и при одном продавце (то есть в случае монополии) равен 10000 ($100 \times 100 = 10000$), а в состоянии, более близком к совершенной конкуренции, стремится к нулю [2, 3, 5].

П. Самуэльсон и В. Нордхаус в 18-м издании своего знаменитого учебника отмечают: «Многие экономисты полагают, что традиционные коэффициенты концентрации не отражают адекватно рыночную силу. Альтернативным показателем, который точнее отражает роль доминирующих фирм, является индекс Херфиндаля–Хиршмана» [6].

С этой точкой зрения согласен и О. Шай, подчеркивающий, что именно детище Херфиндаля и Хиршмана считается наиболее предпочтительным индикатором концентрированности при регулировании рынков [7]. В соответствии со значениями, которые принимает НИИ, рынки принято классифицировать так: при значениях от 2000 до 10000 концентрация высокая, от 1000 до 2000 — средняя, меньше 1000 — низкая [2, 3, 5, 8]. Впрочем, существуют и работы, в которых предлагается градация по степени концентрации на основе НИИ, отличающаяся от общепринятой [9].

Особенности измерения уровня концентрации на рынке операторов подвижного состава связаны с тем, что в парке одного из них могут оказаться вагоны разных собственников, например, нескольких лизинговых компаний, и наоборот — парк лизинговой компании, как правило, не находится в аренде у одного оператора, а распределен среди множества компаний, арендующих эти вагоны и конкурирующих друг с другом.

Таким образом, предметом анализа должен быть парк не только и не столько в собственности, но и находящийся в оперировании у разных компаний. То есть сумма тех вагонов, которыми они владеют, и тех, которые взяты в относительно долгосрочную аренду и лизинг у других собственников, в совокупности и представляет собой парк, которым компания управляет [10, 11].

Для характеристики уровня рыночной конкуренции между операторами необходимы данные о долях рынка. Эта доля может быть исчислена в пересчете как на объем перевозок (или даже на грузооборот, хотя с теоретической точки зрения

Таблица 5
Индекс концентрации и Херфиндаля–Хиршмана для отдельных сегментов рынка услуг операторов подвижного состава в России

Рынок	CR3		CR4		ННИ	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
Все рода ПС	27	24	32	30	411	375
Полувагоны	44	42	53	50	901	865
Крытые	48	57	53	62	1166	1549
Цистерны	49	47	55	55	1042	952
Платформы*	43	34	48	38	787	672
Зерновозы	68	64	73	69	3078	2685

*Без учета фитинговых.

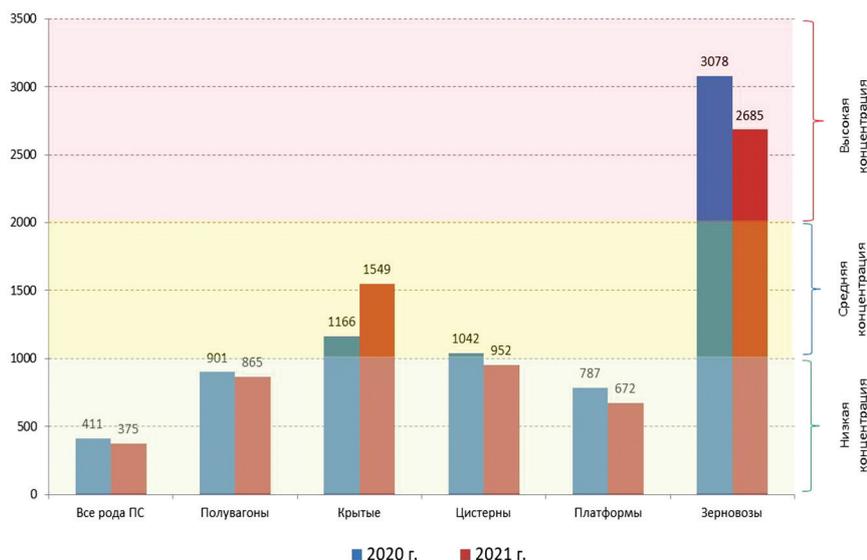


Рис. 3. Концентрация по индексу Херфиндаля–Хиршмана в отдельных сегментах рынка услуг операторов подвижного состава в России в 2020 и 2021 гг.

это предмет дискуссии), так и на количество вагонов. Поскольку основной услугой оператора является подача подвижного состава под погрузку, будем использовать доли операторов в общем количестве грузовых вагонов в РФ.

В принципе уровень концентрации на рынке операторов можно измерять по разным параметрам, таким как выручка (в рублях), объем перевозок (в тоннах), грузооборот (в тонно-километрах) или парк вагонов (измеряемый по количеству вагонов в собственности или в управлении). Но поскольку из перечисленных наиболее доступна информация о парке вагонов, в настоящей работе величина концентрации будет измерена именно по этому показателю.

Поскольку рынок предоставления подвижного состава состоит из различных сегментов, которые можно рассматривать как отдельные рынки, наряду с оценкой общего уровня концентрации (в целом, по всем родам подвижного состава) необходимо также оценить уровень кон-

центрации отдельно для самых крупных сегментов рынка (по родам подвижного состава — полувагонам, крытым, цистернам, платформам¹ и зерновозам).

Оценка уровня концентрации по итогам 2020–2021 гг.

Для расчета индекса Херфиндаля–Хиршмана и индекса концентрации воспользуемся данными Главного вычислительного центра РЖД об общем парке грузовых вагонов, находящихся в управлении компаний-операторов. При расчетах применительно к 2020–2021 годам использовались данные вагонного парка на декабрь соответствующего года. Результаты для массива данных за 2020 и 2021 годы приведены в табл. 5.

Здесь необходимо сделать еще одну важную оговорку. При оценке уровня концентрации на отдельных рынках,

¹ Здесь речь идет об универсальных платформах. Перевозки на фитинговых платформах (то есть контейнерные) оставлены за скобками настоящей статьи.

границы которых определены через рода подвижного состава, мы несколько упрощаем картину. Мы исходим из допущения, согласно которому это полностью самостоятельные (изолированные) рынки. Но, строго говоря, это не всегда верно.

Так, предприятие, которое отгружает цемент навалом, предъявляет спрос на рынке цементовозов, но, инвестируя в установку по тарированию цемента в мешки, оно может отгружать цемент в крытых вагонах [10, 11]. Границы рынков для многих (хотя и не всех) грузов зачастую более проницаемы, чем это принято думать (о сложностях с определением границ рынков см. [12]), а следовательно, реальный уровень конкуренции может быть выше, чем та оценка, которую мы получаем на основании оценки концентрации с помощью индекса Херфиндаля–Хиршмана.

Отметим, что аналогичные измерители применяются и на европейских железных дорогах, только вместо группировки по операторам используется группировка по перевозчикам [13], поскольку на европейских железных дорогах принята модель конкуренции перевозчиков [14, 15].

Данные расчета индекса Херфиндаля–Хиршмана (из табл. 4) можно графически представить таким образом, чтобы визуализировать (см. рис. 3), сделать более наглядным уровень концентрации на рынках нескольких родов подвижного состава.

Близкие оценки уровня концентрации мы получаем также, анализируя индексы CR. Конечно, оценки по разным индексам могут немного не совпадать, например, рынок зерновозов по CR-3 мы должны классифицировать как среднего уровня концентрации, а по индексу Херфиндаля–Хиршмана — с высокой концентрацией. Но в целом по всем остальным родам оценки, полученные с помощью различных индексов, совпадают. Например, рынок полувагонов и платформ можно оценить как конкурентный (с низкой концентрацией) и по ННИ (не превышает 1000), и по CR-3 (менее 45 %).

Для оценки долгосрочной тенденции уровня концентрации на рынке операторов необходимо рассмотреть более продолжительный период. Совместив данные за 2011–2019 годы, полученные Ф. И. Хусаиновым², и результаты совмест-

² См. Хусаинов Ф. И. Оценка уровня конкуренции на рынке услуг операторов железнодорожного подвижного состава // Доклад на 23-м заседании открытого межвузовского научно-практического семинара «Экономика железнодорожного транспорта» в НИУ Высшая школа экономики, 15.12.2020 г. URL: <https://ur.hse.ru/news/458411946.html>.

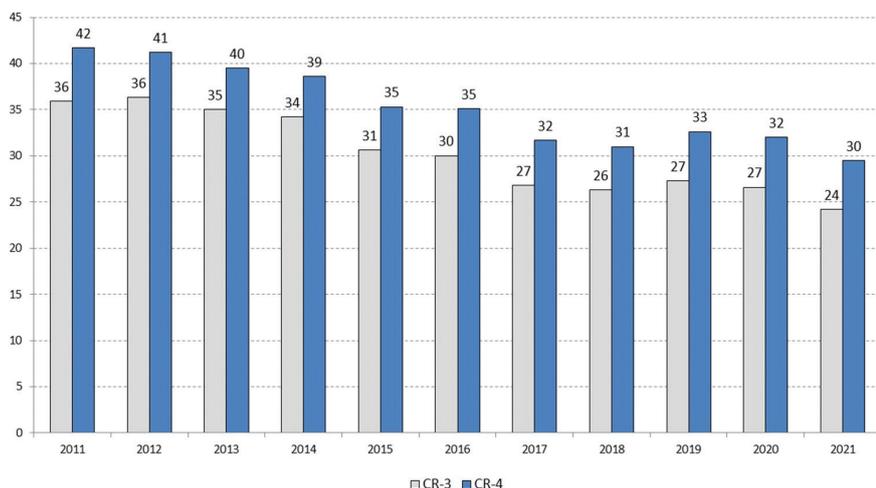


Рис. 4. Динамика индекса концентрации (CR) для рынка предоставления подвижного состава (по данным о парке вагонов в оперировании) в 2011–2021 гг.

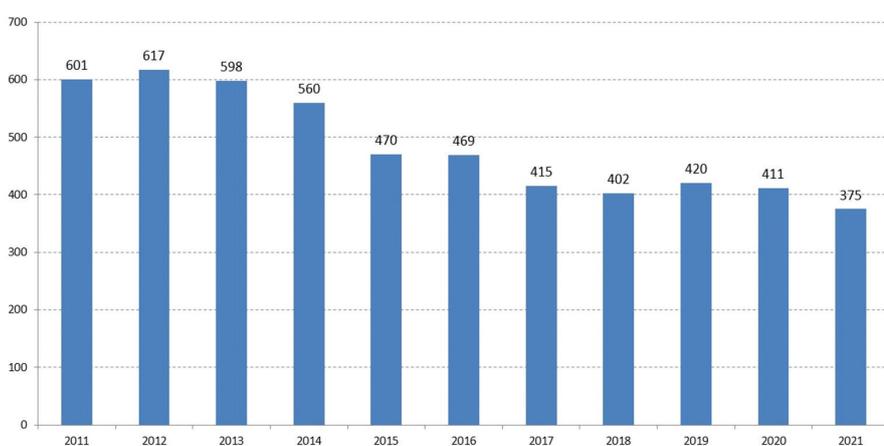


Рис. 5. Динамика Индекса Херфиндаля–Хиршмана (HNI) для рынка предоставления подвижного состава (по данным о парке вагонов в оперировании) в 2011–2021 гг.

ных расчетов авторов за 2020–2021 годы, получим результаты, представленные на рис. 4 и 5.

Таким образом, если рассматривать многолетнюю динамику этих показателей, можно увидеть, что уровень концентрации в долгосрочной перспективе снижается, а уровень конкуренции постоянно повышается.

По итогам расчетов индексов концентрации можно сделать выводы:

- в 2021 году рынок услуг операторов подвижного состава характеризовался низким уровнем концентрации, в данном случае это означает, что его можно признать конкурентным;
- в целом уровень конкурентности (если рассматривать его как величину, обратную уровню концентрации) рынка операторов имеет тенденцию к повышению (а уровень концентрации, соответственно, — к понижению) с 2011 по 2021 год.

Кроме того, из данных об уровне концентрации следует дополнительный

вывод: если рынок операторских услуг вполне конкурентен, то предложения о государственном регулировании ценообразования на нем лишены оснований, о чем, в частности, говорит и экс-заместитель руководителя ФАС России А. Н. Голомолзин в [16].

В свете изложенного отметим, что инструменты для оценки концентрации рынка, описанные выше, и расчеты, сделанные в настоящей статье, позволяют регулярно наблюдать за динамикой уровня концентрации на рынке услуг операторов подвижного состава и делать выводы о состоянии на нем конкуренции.

Также необходимо иметь в виду ограничения, с которыми мы сталкиваемся при интерпретации результатов расчета тех или иных индексов при оценке конкуренции. Но даже с учетом этих ограничений индекс Херфиндаля–Хиршмана пока остается наиболее надежным измерителем уровня концентрации на рынке, принятым в экономической науке и в практике антимонопольных ведомств. ■

Литература

1. INFOLine Rail Russia top: Обзор операторов железнодорожного подвижного состава за 4 квартал 2021 г./INFOLine-Аналитика, 2022. 30 с.
2. Авдашева С. Б., Розанова Н. М. Теория организации отраслевых рынков. М.: Магистр, 1998. 320 с.
3. Розанова Н. М. Теория отраслевых рынков. 2-е изд. М.: Юрайт, 2014. 795 с.
4. Чемберлин Э. Теория монополистической конкуренции / пер. с англ.; под ред. Ю. Я. Ольевича. М.: Экономика, 1996. 351 с.
5. Князева И. В. Антимонопольная политика в России. 5-е изд., перераб. М.: Омега-Л, 2011. 493 с.
6. Самуэльсон П. Самуэльсон П. Э., Нордхаус В. Д. Экономика / пер. с англ. 18-е изд. М.: Вильямс, 2017. 1360 с.
7. Шай О. Организация отраслевых рынков. Теория и ее применение / пер. с англ. М.: Изд-во ВШЭ, 2014. 503 с.
8. Джуха В. М., Курицын А. В., Штапова И. С. Экономика отраслевых рынков. М.: Кнорус, 2014. 288 с.
9. Рой Л. В., Третьяк В. П. Анализ отраслевых рынков. М.: Проспект, 2016. 448 с.
10. Хусаинов Ф. И. Оценка уровня конкуренции на рынке услуг операторов железнодорожного подвижного состава в 2019 году // Экономика железных дорог. 2019. № 9. С. 56–67.
11. Хусаинов Ф. И. Можно ли измерить конкуренцию? // РЖД-Партнер. 2019. № 18. С. 46–49.
12. Хусаинов Ф. И. Экономическая статистика железнодорожного транспорта. Очерки. М.: Наука, 2016. 100 с. URL: <https://publications.hse.ru/books/250435989>.
13. Хусаинов Ф. И. Экономические предпосылки и результаты приватизации и либерализации на зарубежных железных дорогах // Бюл. трансп. информации. 2006. № 2. С. 18–28.
14. Голомолзин А. Н., Горлинский А. И., Давыдов Г. Е., Реутов Е. В. Положение железнодорожного транспорта в социально-экономической системе и перспективы реформирования рынков железнодорожных перевозок в странах ЕС и в некоторых странах ОЭСР и СНГ // Бюл. трансп. информации. 2014. № 9. С. 11–18.
15. Хусаинов Ф. И. К вопросу о возможности функционирования частных железнодорожных перевозчиков // Бюл. трансп. информации. 2017. № 11. С. 9–17. URL: <https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/248144673.pdf>.
16. Голомолзин А. Н. О конкуренции и регулировании: теория, история, практика, перспективы. М.: РФ-Пресс, 2021. 176 с.

Моделирование международных транспортных коридоров



П.А. Козлов,
д-р техн. наук,
президент
научно-
производственного
холдинга «СТРАТЕГ»



В.С. Колокольников,
д-р техн. наук,
заместитель директора
ООО «Аналитические
и управляющие системы
на транспорте
„Транспортный
алгоритм“»



Н.А. Тушин,
д-р техн. наук профессор
кафедры «Управление
эксплуатационной
работой» Уральского
государственного
университета путей
сообщения (УрГУПС)

Международные транспортные коридоры имеют большое значение для нашей страны. Они позволяют использовать выгодное географическое положение России с ее огромной территорией. Мощные грузопотоки по МТК «Восток–Запад», «Север–Юг» и другим послужат укреплению международных экономических связей и принесут большие доходы для экономики и транспортной инфраструктуры. Однако развитие полигонов таких размеров потребует значительных инвестиций.

Для достижения максимальных параметров коридоров при планируемых затратах полигоны должны быть выстроены гармонично. Функциональные свойства всех участков и станций должны быть согласованными. Появление узких мест структуры или технологии приведет к неэффективному использованию инвестиций, планируемые пропускная способность или скорость пропуска потока не будут достигнуты. Причем, как будет показано ниже, эти два параметра не связаны однозначно. При одной и той же пропускной способности может быть разная скорость пропуска потока.

Проблемой является то, что до последнего времени не существовало корректного метода расчета больших полигонов. В ряде публикаций [1, 4–6] было убедительно показано, что для сложных транспортных систем единственным корректным методом является имитационное моделирование. Но этот метод развивался в основном для расчета станций, и модели строились подробные — вплоть до каждого пути и стрелки.

Полигон из нескольких сотен станций затруднительно моделировать так подробно, но, как оказалось, и не нужно. Здесь не важно определить, какая именно стрелка в горловине создает проблемы. Достаточно знать реальную пропускную способность всей горловины и не является ли она узким местом. То есть достаточно построить укрупненную модель, где минимальными элементами будут парк, горловина, сортировочная система и т. п. Необходима технология укрупненного моделирования полигонов, которая достаточно объективно отображала бы реальность. Такая технология была разработана, создана имитационная система для укрупненного моделирования больших полигонов [8–10].

Технология макромоделирования полигонов

Исследования показали, что методы расчета железнодорожных систем в официальных инструкциях построены на ряде ошибочных теоретических подходов. Применительно к полигонам применяется такой подход:

- станция и участок рассматриваются как каналы обслуживания;
- их пропускная способность рассчитывается по отдельности;
- минимальная из них и будет пропускной способностью комплекса «участок — станция».

На самом деле нельзя рассматривать эти два объекта изолированно. При взаимодействии свойства обоих существенно меняются. В настоящее время из-за недостаточной емкости парков приема на технических станциях грузовые поезда задерживаются на промежуточных. То есть характер работы участка значительно меняется.

Кроме того, в ряде исследований [5, 6] было доказано, что нельзя рассматривать любой канал в отрыве от предстоящего ему бункера (резервных путей). В бункере происходит преобразование случайного потока в управляемый, и от степени этого преобразования (т. е. от размеров бункера) напрямую зависит возможная степень ис-

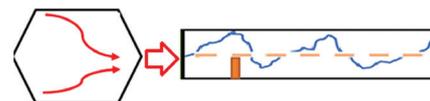


Рис. 1. Слабое преобразование потока при небольшом бункере

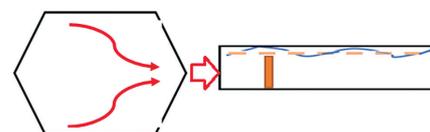


Рис. 2. Преобразование потока в большом бункере

пользования потенциальной пропускной способности канала. Если бункер маленький, преобразование потока будет недостаточным, и он пойдет в канал почти случайным (рис. 1). Использование потенциальной пропускной способности будет неполным.

Если бункер большой, то случайный разброс в потоке существенно сужается, использование потенциальной пропускной способности будет более полным (рис. 2).

Таким образом, при одной и той же потенциальной пропускной способности ее реальная величина будет разной при разных бункерах. То есть минимальным расчетным элементом во всех случаях является комплекс «бункер–канал», дуплекс. Значит, и станция, и участок также являются дуплексами [9, 10]. Бункером здесь могут быть резервные пути и технических станций (концентрированный бункер), и промежуточных (распределенный бункер). В реальности, как уже отмечалось, поезда действительно стоят на промежуточных станциях из-за недостатка путей приема на технических.

Для макро моделирования разработаны способы укрупненного представления горловин, парков, станций в целом и участков [8]. Правомерность используемых подходов проверяется сравнительными экспериментами на подробных и укрупненных моделях. Рассмотрим некоторые примеры.

Технология укрупненного моделирования горловин

Горловину в этом случае представляет множество не стрелок, а структурных каналов. Под структурным каналом понимается группа стрелок, которая обеспечивает одно независимое параллельное передвижение. Множество каналов значительно меньше, чем множество стрелок. На рис. 3 представлена схема горловины из 44 стрелок, где можно выделить лишь 4 структурных канала. Больше параллельных передвижений сформировать нельзя.

При передвижении (приеме или отправлении поезда и др.) занимается один или несколько каналов. Экспериментами на подробных моделях с однотипными горловинами определяется средняя вероятность использования той или иной группы каналов. При работе модели занятость конкретной группы формируется с помощью случайных чисел. Эксперименты на подробных моделях и макро моделях доказали правомерность такого подхода. Совпадение таких параметров, как пропускная способность горловины и задержки из-за нее, практически полное

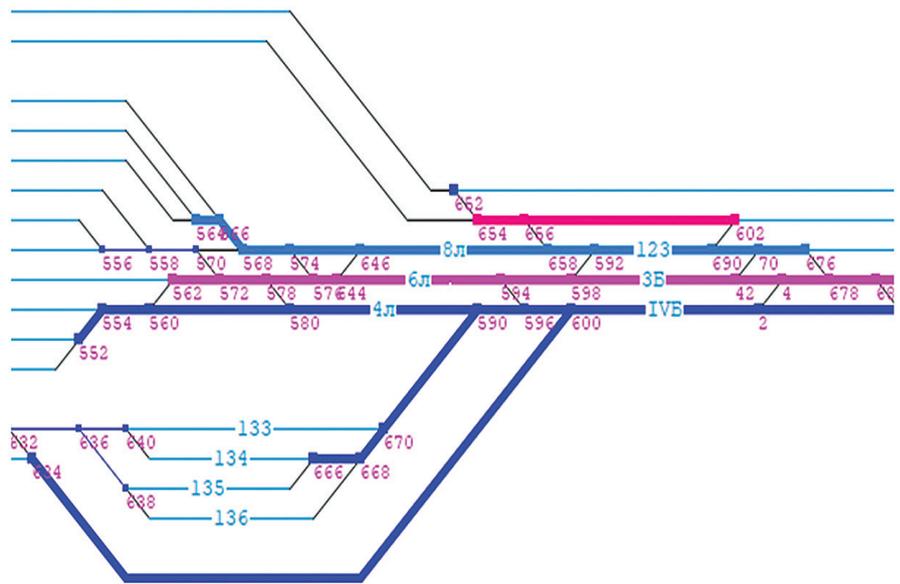


Рис. 3. Схема горловины с 44 стрелками и 4 структурными каналами



Рис. 4. Расчет задержек в горловинах на подробных и укрупненных моделях

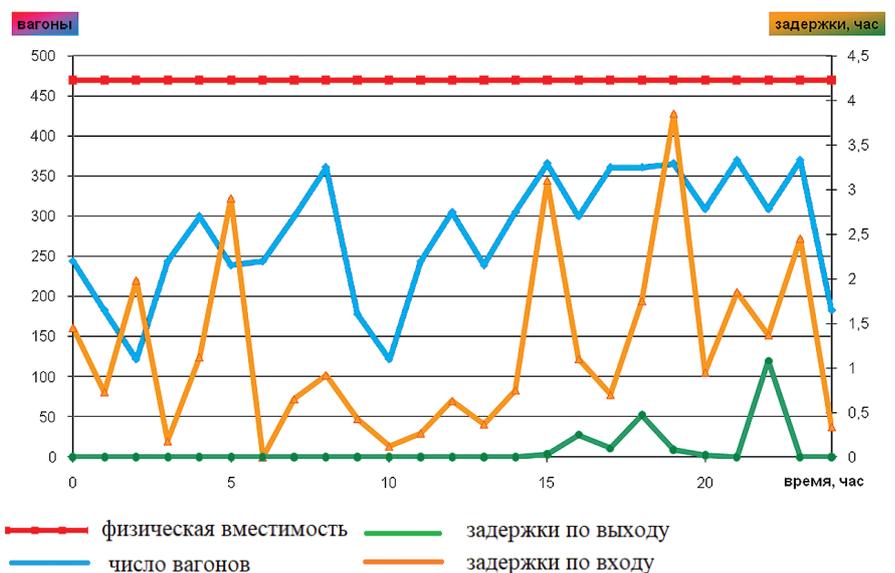


Рис. 5. Вагоны и задержки в транзитном парке ст. Карымская

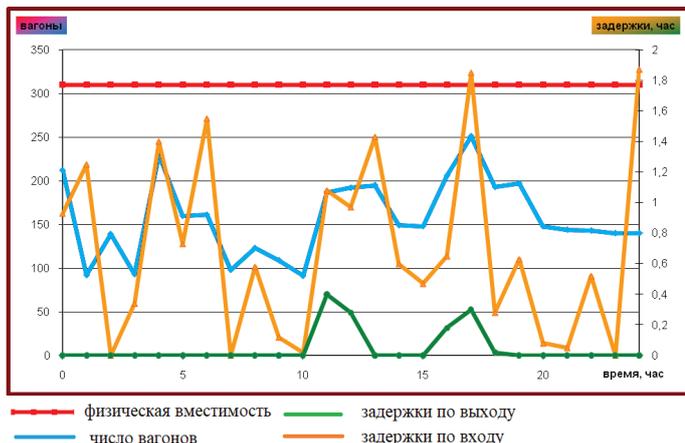


Рис. 6. Вагоны и задержки в четном парке приема ст. Дема

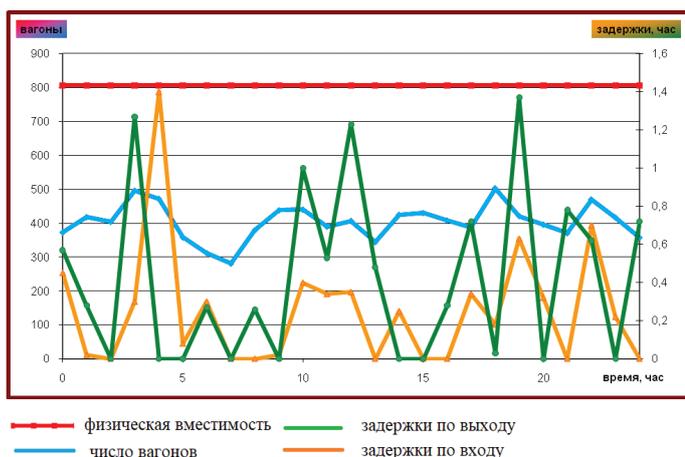


Рис. 7. Вагоны и задержки в парке формирования ст. Дема

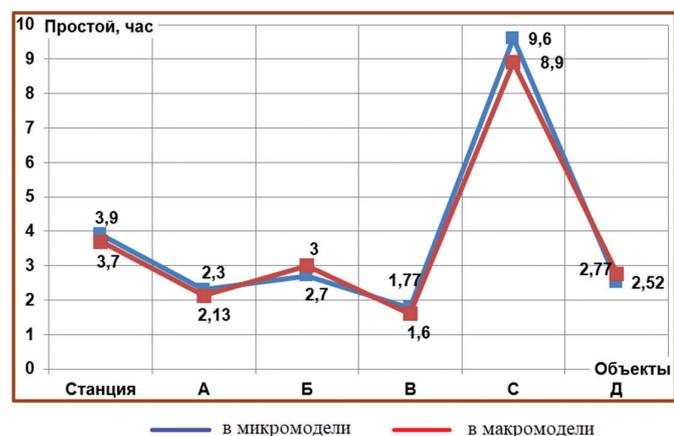


Рис. 8. Время нахождения вагонов в парках

(рис. 4). А ведь именно эти параметры нужны при укрупненном моделировании.

Технология укрупненного моделирования парков

Здесь в качестве параметра используется не суммарная вместимость всех путей, а предельная функциональная емкость парка. Она характеризует такую его загрузку, при которой задержки из-за его занятости становятся недопустимыми. Соотношение суммарной вместимости

и предельной функциональной емкости для однотипных парков определяются экспериментами на подробных моделях. Для примера рассмотрим транзитный парк станции Карымская (рис. 5).

Физическая вместимость составляет 470 вагонов. Но при заполнении в 350 вагонов возникают задержки, которые можно считать недопустимыми. Следовательно, функциональная емкость 350 вагонов.

Другой пример — парк приема станции Дема (рис. 6).

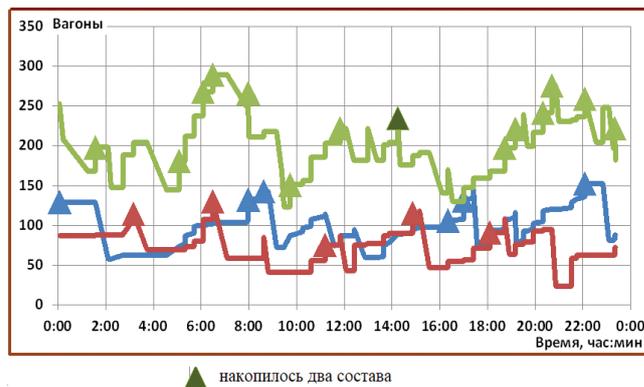


Рис. 9. Динамика накопления составов в сортировочном парке за сутки

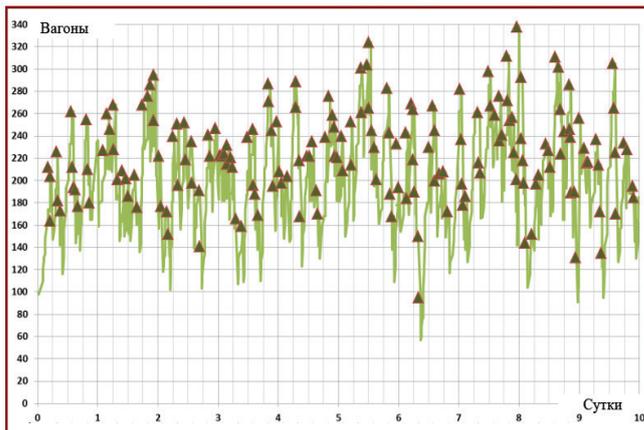


Рис. 10. Накопление составов в четном направлении за 10 суток (ст. Дема)

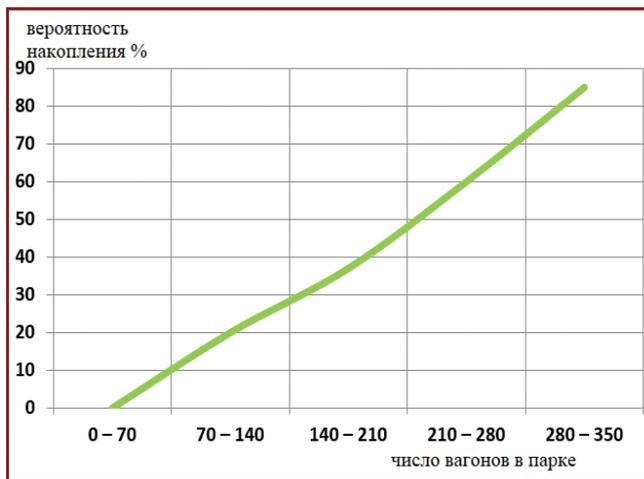


Рис. 11. Вероятность накопления составов

Здесь функциональную емкость можно принять в 200 вагонов.

Рассмотрим парк формирования станции Дема (рис. 7).

По уровню задержек за функциональную емкость можно принять загрузку в 450 вагонов. В укрупненной модели парк можно загрузить только на функциональную емкость. Потом идет отказ и задержка. Имитационными экспериментами на двух типах моделей подтверждена корректность такого подхода (рис. 8).

Вероятность накопления в четном направлении (ст. Дема)

Количество вагонов в парке формирования	Количество операций	Количество накопленных составов	Вероятность накопления
0–70	1	0	0
70–140	20	4	0,2
140–210	166	62	0,37
210–280	154	93	0,6
280–350	20	17	0,85
350–420	–	–	–

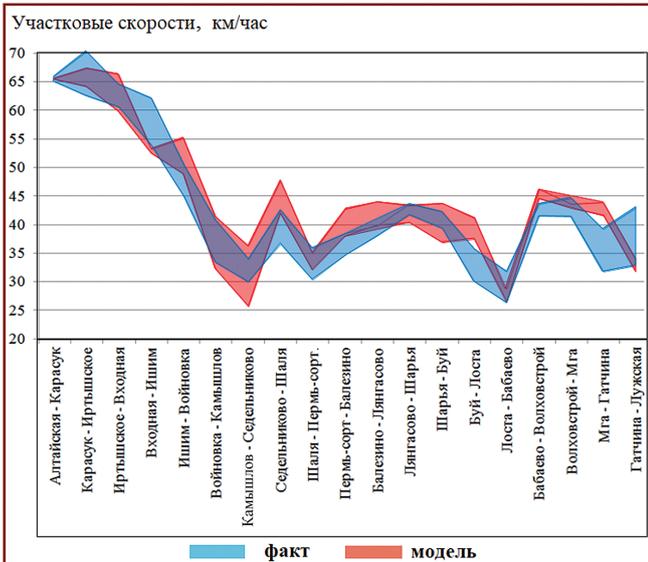


Рис. 12. Участковые скорости на полигоне

Укрупненное отображение сортировочного парка

В макромодели сортировочного парка отображается вероятность накопления готовых составов в зависимости от его заполнения. Эксперименты проводятся на подробных моделях. При этом вычисляется вероятность появления одного, двух и более составов (рис. 9).

Для получения устойчивых результатов динамика рассматривается не за одни сутки, а за более длинный период, обычно 50 суток (рис. 10).

Получается зависимость вероятности накопления готовых составов от заполнения парка (см. таблицу, рис. 11).

Процесс накопления составов реализуется с помощью случайных чисел. Участки также моделируются укрупненно. Технология довольно простая, поэтому этот материал опускается.

Имитационная система для макро моделирования

Для моделирования больших полигонов была создана имитационная система ИМЕТРА [11]. В ней реализована технология макро моделирования. Система используется с 2015 года. Построены модели нескольких полигонов, в том числе полигона Кузбасс — транспортный узел Усть-Луга, включающий 230 станций. Система прошла государственную регистрацию и используется в Институте экономики и развития транспорта.

Система ИМЕТРА прошла экспертную проверку на достоверность в основном сравнением рассчитанных параметров с показателями реальной работы. Совпадение достаточно полное. Вот, например, как соотносятся рассчитанные и реальные участковые скорости на исследуемом полигоне (рис. 12).

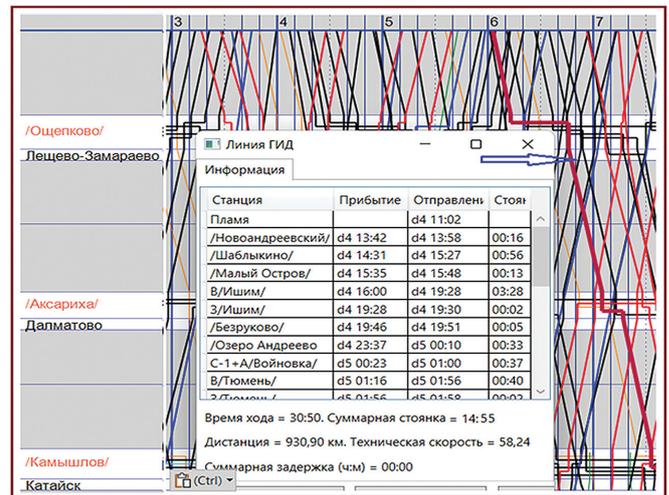


Рис. 13. График движения поездов (вырезка)

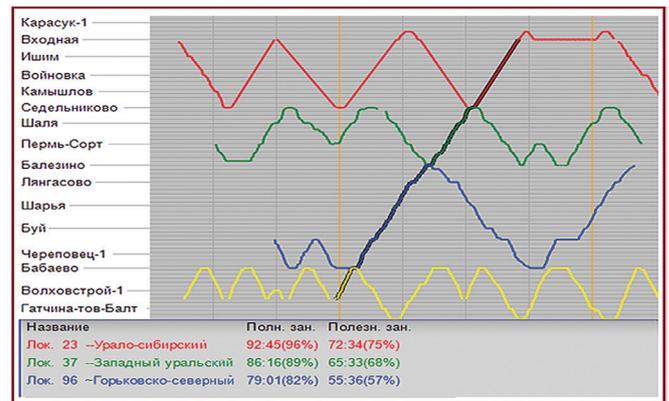


Рис. 14. Обслуживание ниток графика локомотивами

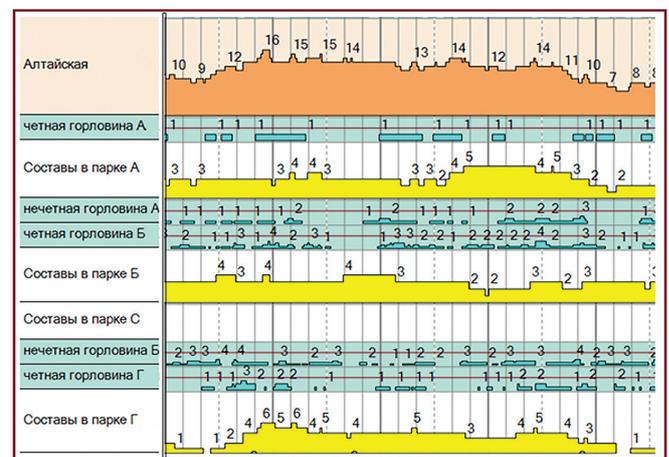


Рис. 15. Динамика работы парков и горловин на технических станциях

Маршрутная скорость по дорогам, км/ч

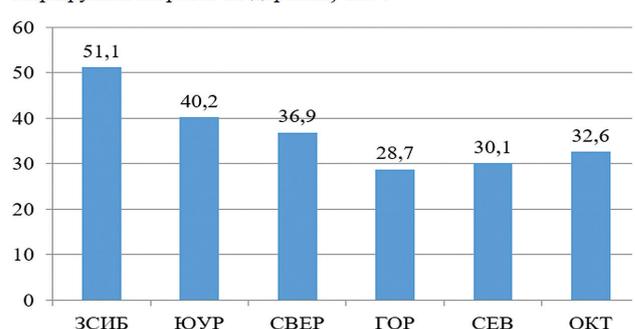


Рис. 16. Реализованная маршрутная скорость по дорогам на полигоне

Участок	Техническая (неч.)	Техническая (чет.)	Участковая (неч.)	Участковая (чет.)
Алтайская - Карасук	67,81	73,96	65,58	70,15
Карасук - Иртышское	73,17	71,68	68,09	70,71
Иртышское - Входная	74,55	67,56	60,87	64,85
Входная - Ишим	64,56	68,08	53,25	55,72
Ишим - Войновка	64,25	66,01	54,50	52,53
Войновка - Камышлов	55,04	58,39	44,56	45,20
Камышлов - Седельник	43,58	46,07	29,21	38,66
Седельниково - Шала	54,90	55,73	45,87	48,38
Шала - Пермь-сорт	50,56	52,80	37,72	45,75
Пермь-сорт - Балезино	47,03	56,51	41,80	48,72
Балезино - Лянгасово	55,66	56,12	47,66	47,94

Рис. 17. Техническая и участковая скорость по участкам

подпроцесс	графически	в сутки	кол-во	на операцию
НЕЧ- 71 ваг		1191:51	7091,6	0:10
ЧЕТ - 71 ваг		1124:51	7405,6	0:09
НЕЧ- 66 ваг		914:57	5068,7	0:10
ЧЕТ - 66 ваг		315:49	1756,6	0:10
ЧЕТ-58 ваг		297:00	1382,1	0:12
ЧЕТ-100 ваг		250:40	1587,1	0:09
НЕЧ-58 ваг		235:18	837,4	0:16
НЕЧ-100 ваг		57:21	266,9	0:12
НЕЧ- 85 ваг		51:48	275	0:11
локомотивы резервом		13:20	44,9	0:17
ЧЕТ пригород		0:18	32	0:01
НЕЧ пассажир		0:15	25	0:01
НЕЧ пригород		0:04	20	0:01
ЧЕТ пассажир		0:00	0	0:00

Рис. 18. Задержки поездов на полигоне

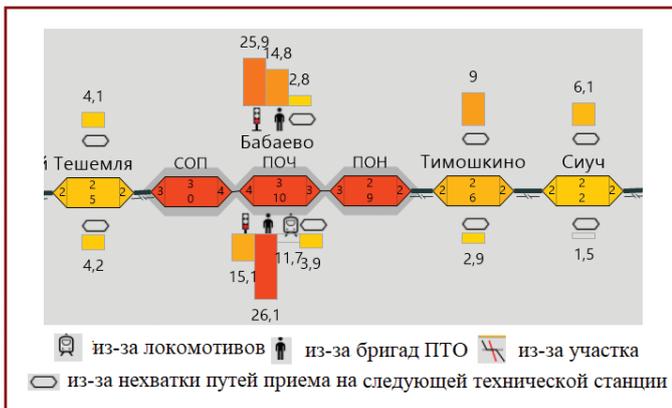


Рис. 19. Задержки поездов на станциях с указанием причины

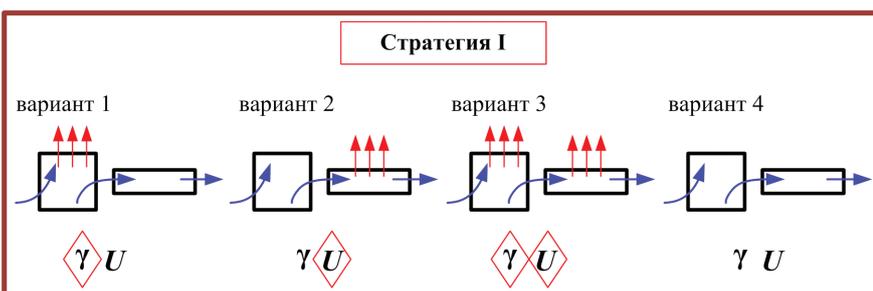


Рис. 20. Схема стратегии оптимизации I

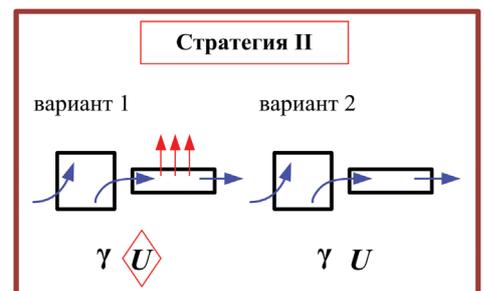


Рис. 21. Схема стратегии оптимизации II

ИМТЕРА выдает достаточно широкий набор количественных и качественных показателей работы полигона: прибыло, убыло поездов и вагонов по границам полигона и по станциям, нахождение поездов и вагонов на станциях, использование локомотивов и бригад ПТО и др. Некоторые виды результатов по рассматриваемому полигону приведены ниже. Выдается исполненный график движения поездов (рис. 13).

Если правой кнопкой мыши выделить нитку графика, по ней выдается информация о движении поезда на всем маршруте (рис. 13). По каждой нитке графика можно проследить, с какими локомотивами следуют поезда (рис. 14).

Выдается динамика работы технических станций (рис. 15). Здесь состояние парков показано в составах, но можно увидеть и в вагонах. Динамика горловин в наличии свободных структурных каналов. Если нет ни одного, горловина полностью занята.

Модель выдает реализованную маршрутную скорость по дорогам, техническую и участковую скорость по участкам (рис. 16, 17).

Подробно исследуются задержки и узкие места полигона, в том числе суммарные задержки поездов разного типа (рис. 18).

Кроме того, непосредственно на схеме полигона выдаются задержки поездов с указанием их причин: из-за локомотивов, бригад ПТО, занятости участка, нехватки путей приема на технических станциях (рис. 19).

Структурно-функциональная оптимизация полигона

Можно сформулировать три структурно-функциональных стратегии оптимизации полигонов со своими критериями и ограничениями. Важное положение: во всех стратегиях полигон должен иметь гармонично построенную структуру. То есть структурные и функциональные параметры станций и участков должны быть гармонично согласованы. По сути, реальные пропускные способности всех структурных элементов должны быть равны $\forall i U_i = const$

где U_i — потенциальная пропускная способность i -го канала;

γ_i — коэффициент полезного использования i -го канала.

Коэффициент характеризует возможности бункера по преобразованию потока из случайного (неудобного для канала) в управляемый (удобный). Стратегии развития полигона могут быть различными. Можно выделить три по критериям:

- максимальная пропускная способность при заданных инвестициях (везде вместо инвестиций могут рассматриваться суммарные приведенные затраты);
- максимальная скорость потока при заданных инвестициях;

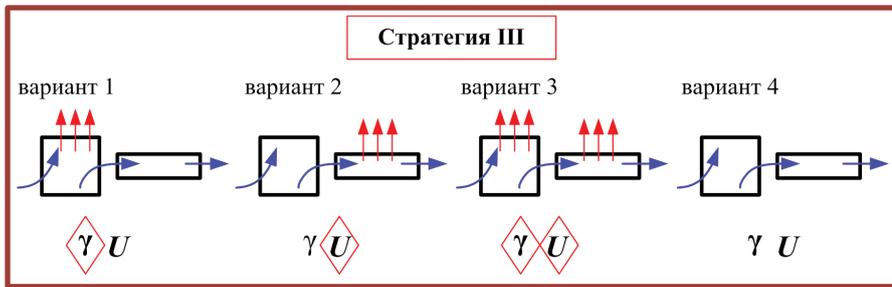


Рис. 22. Схема стратегии оптимизации III

• минимум инвестиций при заданной пропускной способности полигона.

Стратегия I. Критерий — максимальная пропускная способность. Ограничение — заданные инвестиции. Как было показано выше, пропускную способность дуплекса можно увеличить двумя способами: посредством пропускной способности канала и емкости бункера. То есть где-то на полигоне будут увеличиваться пропускная способность каналов (U), где-то — емкость бункеров (γ) (рис. 20).

Увеличение емкости бункера — это строительство новых путей, а параметры канала можно изменять различными способами. Конечно, развязка в разных уровнях резко увеличит пропускную способность горловины. Но это дорого. При этом пропускная способность горки может возрасти за счет дополнительного локомотива, парка — благодаря добавлению бригады ПТО. Проектировщик будет выбирать решения. Но узких мест на полигоне быть не должно.

Стратегия II. Критерий — максимальная скорость пропуска потока. Ограничение — выделяемые инвестиции. Здесь растет пропускная способность только каналов (рис. 21), так как увеличение емкости бункеров, конечно, увеличивает пропускную способность, но замедляет продвижение потоков.

Стратегия III. Критерий — минимум инвестиций. Ограничение — заданная пропускная способность.

В этом случае развиваться могут и каналы, и бункеры. Проектировщик будет выбирать менее дорогие решения (рис. 22).

Для всесторонней структурно-функциональной оценки выбранного варианта во всех случаях должна использоваться имитационная система. Другого равноценного аппарата нет. Технология моделирования полигонов с помощью имитационной системы ИМЕТРА утверждена в ОАО «РЖД» [11]. Система прошла государственную регистрацию (рис. 23).



Рис. 23. Государственная регистрация имитационной системы ИМЕТРА

Литература

1. Козлов П. А. Транспортные системы: теория, моделирование, расчет, оптимизация. М.: Открытые системы, 2022. 324 с.
2. Инструкция по расчету пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД». Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 04.03.2022 г. № 545/р в редакции распоряжения от 16.12.2022 г. № 3340/р.
3. Проектирование железнодорожных станций и узлов: справ. и метод. руководство / под ред. А. М. Козлова, К. Г. Гусевой. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1981. 594 с.
4. Козлов П. А. О методах расчета систем железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. 2014. № 12. С. 28–32.
5. Козлов П. А., Козлова В. П., Пархоменко А. А. Построение методов расчета железнодорожных станций на основе системного подхода // Наука и техника транспорта. 2021. № 2. С. 75–80.
6. Козлов П. А., Козлова В. П., Пархоменко А. А. О методах расчета систем железнодорожного транспорта // Транспорт: наука, техника, управление. Науч.-информ. сб. 2021. № 12. С. 33–36.
7. Козлов П. А., Козлова В. П., Кол С. Н. Технология исследования больших полигонов железных дорог на имитационных моделях // Транспорт: наука, техника, управление. Науч.-информ. сб. 2021. № 4. С. 55–58.
8. Козлов П. А., Колокольников В. С. Макроструктурный подход в исследовании железнодорожных станций // Транспорт Урала. 2017. № 2. С. 3–7.
9. Козлов П. А., Осокин О. В., Колокольников В. С. Исследование проектов развития железнодорожных станций и полигонов с помощью имитационного моделирования // Железнодорожный транспорт. 2018. № 6. С. 12–16.
10. Козлов П. А., Колокольников В. С., Тушин Н. А., Тимухина Е. Н. Моделирование больших полигонов железнодорожного транспорта // Matec web of conf. 2018.
11. Методика проведения исследований проектов развития железнодорожных станций и линий с определением «узких мест», влияния на пропускные и перерабатывающие способности, рациональной технологии и прогнозируемых эксплуатационных показателей с использованием аппарата математического моделирования. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 09.01.2018 г. № 2/р.

Экспериментальные исследования нагруженности рельсов в кривых участках пути



В. С. Коссов,
д-р техн. наук, генеральный директор АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»)



О. Г. Краснов,
заведующий отделом пути и специального подвижного состава отделения динамики, прочности и инфраструктуры АО «ВНИКТИ»



О. К. Богданов,
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник АО «ВНИКТИ»



Т. Ю. Некрасова,
инженер I категории АО «ВНИКТИ»

Максимальная скорость движения поезда в кривой зависит от центробежных сил во взаимодействии подвижного состава и пути, которые в свою очередь определяют устойчивость локомотива и вагонов против опрокидывания и поперечную нагрузку на путь. При этом с повышением скоростей возникает существенный разрыв в скоростях движения грузовых и пассажирских поездов, поэтому приходится ограничивать непогашенное центробежное ускорение в кривой возвышением наружного рельса.

Для совершенствования системы устройства и содержания кривых участков пути на стадиях проектирования и эксплуатации для минимизации расстройств и износов верхнего строения пути, связанных с совмещенным (грузовым и пассажирским) движением поездов, установлена двухуровневая система определения разрешенных скоростей движения на основе конструктивных скоростей, нормативов непогашенных ускорений, показателей взаимодействия пути и подвижного состава. Она определяется на основе тяговых расчетов с учетом состояния инфраструктуры железнодорожного транспорта в соответствии с распоряжением ОАО «РЖД» от 20 декабря 2021 года № 2897/р [1].

Для определения влияния уровней непогашенных ускорений на величину нагруженности рельсов в кривых малого радиуса специалисты АО «ВНИКТИ» провели комплекс экспериментальных исследований, результаты которых изложены в настоящей статье.

Для установления фактического силового воздействия эксплуатируемого подвижного состава на рельсы проведены испытания в условиях горно-перевального участка Слюдянской дистанции пути Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры [2].

Характеристики кривой, на которой проводились замеры силового воздействия, представлены в таблице.

Суточный пакет поездов на участке составил: грузовых — 79–85, пассажирских — 6, моторвагонных — 2.

Характеристики кривой R = 298 м протяженностью 506 м на спуске 16,4 %

Показатель	Значение показателя	
Перегон	Ангасолка–Слюдянка-2	
Местоположение кривой, км, ПК	5300 км ПК6–5301 км ПК2	
Радиус кривой, м	298	
Протяженность кривой / круговой части, м	506 / 325	
Возвышение наружного рельса, мм	105	
Продольный профиль пути,‰: уклоны / средневзвешенный уклон круговой части кривой	Спуск: 15,3–17,3 / 16,4	
Ширина колеи с учетом износа, мм	1533,3–1535,7	
Установленные скорости движения поездов в кривой, пасс. / груз., км/ч	70 / 60	
Местоположение рельса	Наружный	Внутренний
тип рельса	Р65	
производитель рельса	АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	
категория	ДТ350	ДТ370ИК
пропущенный тоннаж на дату исследований, млн т брутто	42,5	158,6
Путь	бесстыковой	
Шпалы	железобетонные 1-го срока службы эпюра 2000 шт. на 1 км пути	
Тип промежуточного рельсового скрепления	ЖБР-65ПШМ	

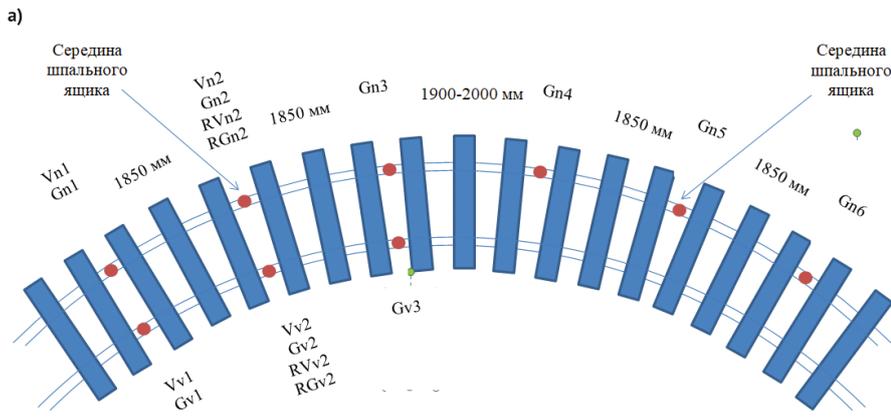


Рис. 1. Общий вид измерительного участка и его элементов: а) схема расстановки измерительного оборудования по участку: V_n, G_n – вертикальные / боковые силы на наружном рельсе, V_v, G_v – вертикальные / боковые силы на внутреннем рельсе, RV_n, RV_v – вертикальный прогиб наружного / внутреннего рельса, RG_n, RG_v – боковое отжатие головки наружного / внутреннего рельса; б) общий вид установки датчиков во 2-м испытательном сечении

Измерительный участок был заложен в середине круговой части кривой [2]. Тензодатчики наклеены в соответствии с действующим на тот момент ГОСТ 55050 [3] по методу Шлюмпфа. В первых трех сечениях — на наружный и внутренний рельс напротив друг друга, в следующих трех — только на наружный рельс. Расстояние между датчиками было принято в основном равным базе тележки грузового вагона — 1850 мм. Схема оборудования измерительного участка и общий вид установки датчиков во втором испытательном сечении представлены на рис. 1.

Тарировка тензометрических схем для измерений вертикальных сил F_v осуществлялась по вертикальной нагрузке на рельс от колес локомотивов, боковых сил F_b — в соответствии с действующим на тот момент ГОСТ Р 55050 [3] путем нагружения измерительного сечения рельса горизонтальной силой в середине головки рельса от 0 до 50 кН (рис. 2).

Запись замеров производилась измерительно-вычислительным комплексом МИС-026, обработка результатов — программой WinПОС.

Из многообразия вагонов подвижного состава, проходящих по участку, для анализа были выбраны грузовые составы с полувагонами. Движение обеспечивали локомотивы ЗЭС5К в голове поезда и локомотивы-толкачи в хвосте.

Скорость движения поездов, сформированных из полувагонов, изменялась в диапазоне 49,9–58,3 км/ч.

В составах с полувагонами находились в основном вагоны с осевой нагрузкой 230 кН. Анализ проведен только для полувагонов по данным, зарегистрированным датчиками во 2-м измерительном сечении.

На рис. 3 представлен фрагмент записи осциллограммы боковых сил, воз-

действующих на наружный и внутренний рельс от колес полувагонов.

На наружном рельсе четко выделяются боковые силы от набегающих колес каждой тележки и незначительные по величине силы от колес 2-й и 4-й осей.

На внутреннем рельсе наиболее значимы боковые силы от колес 2-й и 4-й осей тележек, направленные внутрь колеи и по величине соизмеримые с боковыми силами от набегающих колес.

На рис. 4 представлены совмещенные гистограммы боковых и вертикальных сил от всех колес полувагонов с осевой нагрузкой 230 кН, действующих на наружный и внутренний рельсы.

Гистограммы боковых сил на обоих рельсах являются двухмодальными: четко выделяются две моды, образованные от воздействия колес 1-й и 3-й осей и колес 2-й и 4-й осей. На наружном рельсе боковые силы от незначительной части



Рис. 2. Общий вид устройства для тарировки измерительных трактов при регистрации боковых сил

колес 2-й и 4-й колесных пар направлены внутрь колеи, на внутреннем рельсе практически все боковые силы от колес 2-й и 4-й осей направлены внутрь колеи.

Колеса 1-й и 3-й колесных пар взаимодействуют поверхностью катания и гребнями с боковой гранью головки наружного рельса с углом набегания, а колеса 2-й и 4-й оси совершают поперечные перемещения под углом, близким к 90° по отношению направления движения, формируя боковые силы за счет сил трения между колесами и рельсом.

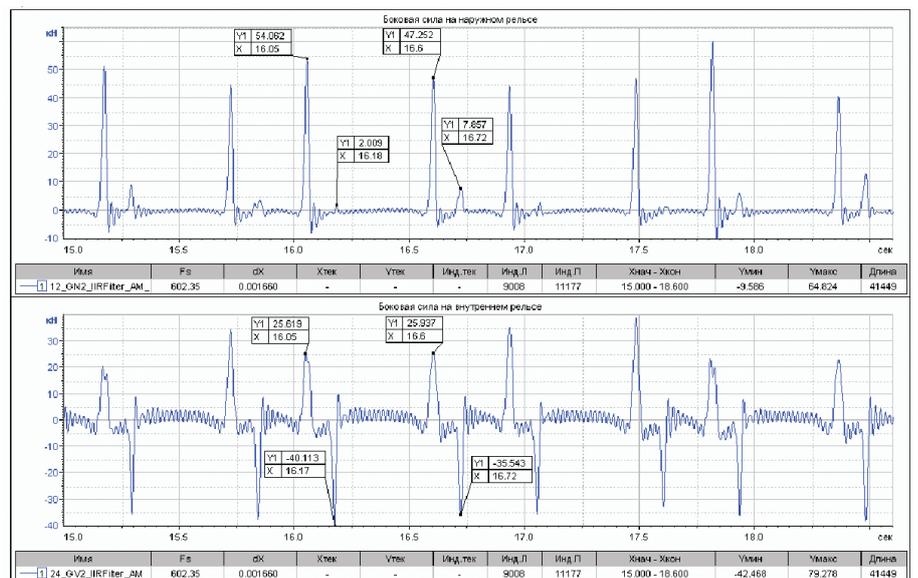


Рис. 3. Фрагмент осциллограммы боковых сил, воздействующих на наружный и внутренний рельс от колес полувагонов с осевыми нагрузками 230 кН

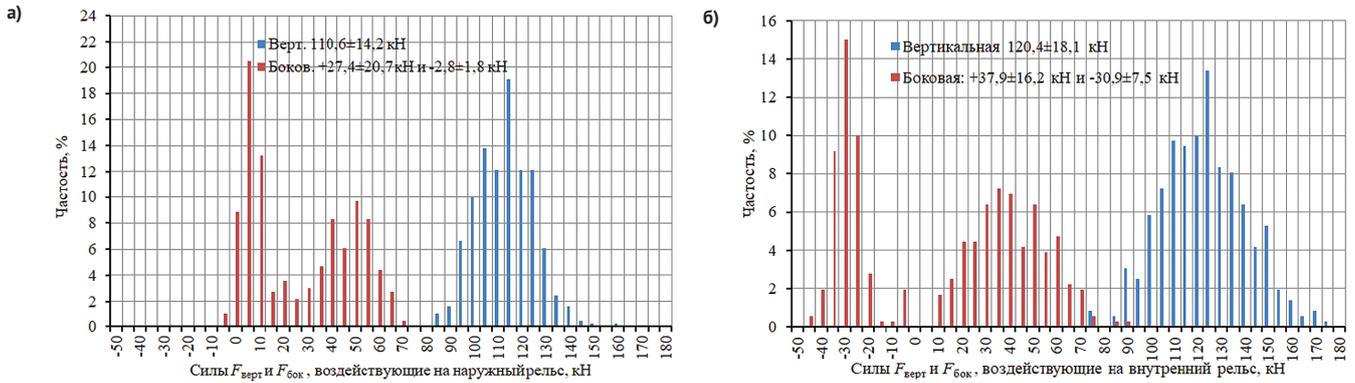


Рис. 4. Вертикальные $F_{\text{верт}}$ и боковые $F_{\text{бок}}$ силы, воздействующие на наружный (а) и внутренний (б) рельсы от груженых полувагонов с осевыми нагрузками 230 кН

Колеса 1-й и 3-й колесных пар вагонов, контактируя с головкой наружного рельса, отжимают его наружу рельсовой колеи. 57,9 % всех колес, прокатываемых по внутреннему рельсу, воздействуют на него со средним боковым усилием 39,5 кН, направленным наружу рельсовой колеи, а остальные 42,1 % колес воздействуют со средним боковым усилием 31,0 кН, направленным внутрь колеи. При этом дорожка качения от колес 1-й и 3-й осей расположена ближе к внутренней рабочей грани наружного рельса, а дорожка, формируемая колесами 2-й и 4-й колесных пар, — к внешней нерабочей грани внутреннего рельса (рис. 5а).

На головку внутреннего рельса по ближней к рабочей боковой грани дорожке качения воздействуют боковые нагрузки от колес 1-й и 3-й колесных пар, максимальные значения которых достигают величин 60–70 кН, направленные наружу рельсовой колеи. По дальней дорожке качения, где прокатываются колеса 2-й и 4-й колесных пар, на рельс воздействует боковая нагрузка величиной до 40–45 кН, но направлена она внутрь рельсовой колеи (рис. 5б).

На дорожках качения формируется упрочненный слой с более высокой твердостью. Эпюра распределения твердости поперек поверхности катания имеет W-образный вид. Такое распределение твердости приводит к возникновению и развитию контактно-усталостных дефектов в рельсе.

Анализ силового воздействия на наружный и внутренний рельс от колес грузовых вагонов показал, что:

- набегающие колеса обеих тележек (1-й и 3-й оси) полувагона в круговом участке пути воздействуют на наружный и внутренний рельсы с близкими по величине боковыми силами 37,6–47,0 кН;
- боковые силы, воздействующие на рельсы от колес 2-й и 4-й осей обеих тележек, имеют знакопеременный

характер, а боковые силы от более 80 % колес, проходящих по участку и воздействующих на внутренний рельс, направлены внутрь колеи;

- боковая нагрузка воздействует на внутренний рельс по двум дорожкам качения, ближняя к рабочей грани рельса дорожка формируется боковыми силами, направленными наружу рельсовой колеи, а дальняя — боковыми силами, направленными внутрь.

При движении колесной пары по рельсам боковые силы, создаваемые колесами, расположенными на одной оси, взаимосвязаны и взаимозависимы. С увеличением боковой силы на наружном рельсе прямо пропорционально увеличивается

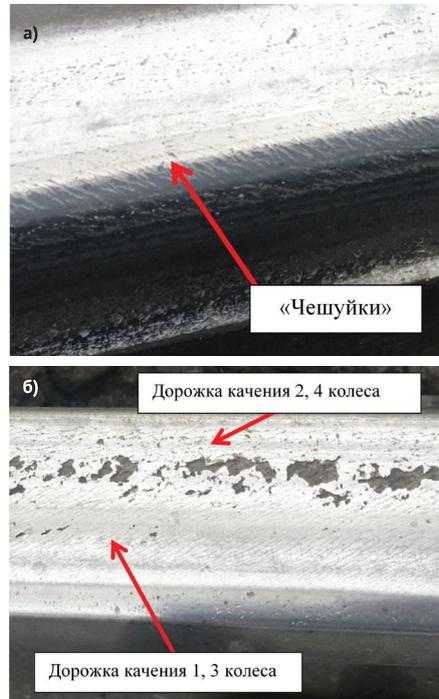


Рис. 5. Общий вид головки наружного и внутреннего рельса: а) боковая рабочая поверхность головки наружного рельса в виде чешуек после пропуска 42,5 млн т брутто; б) дорожки качения на внутреннем рельсе с контактно-усталостными дефектами после пропуска 158,6 млн т брутто

и боковая сила от колес этой же колесной пары на внутренний рельс.

Таким образом, анализ силовой нагруженности внутреннего рельса показал следующее.

1. Из-за нереализованных скоростей движения и динамических колебаний вагонов на поверхности катания внутреннего рельса возникают вертикальные силы до 160–175 кН, боковые до 60–70 кН, что определяет высокие уровни эквивалентных напряжений на поверхности катания внутреннего рельса.

2. Боковые силы, формирующие касательные напряжения на поверхности головки внутреннего рельса, носят знакопеременный характер. Причем от всех колес 1-й и 3-й осей боковые силы направлены наружу рельсовой колеи и составляют $F_{\text{бок}} = 41,5$ кН, а боковые силы от 2-й и 4-й колесных пар — внутрь колеи с $F_{\text{бок}} = 31,1$ кН.

3. На дорожках поверхности катания внутреннего рельса формируется упрочненный слой с более высокой твердостью. Эпюра распределения твердости поперек поверхности катания имеет W-образный вид. Т

Литература

1. Руководство по определению превышения наружного рельса в кривой на основе двухуровневой системы скоростей. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 20.12.2021 г. № 2897/р. 34 с.
2. Краснов О. Г., Акашев М. Г., Колтунов В. Ю. Силовые факторы, действующие на путь от разных типов подвижного состава в условиях горно-перевального участка // Наука-1520 ВНИИЖТ: Загляни за горизонт: Сб. материалов науч.-практ. конф. АО «ВНИИЖТ». М.: АО «ВНИИЖТ», 2021. С. 110–115.
3. ГОСТ Р 55050–2012. Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.

Воздействие сил бокового ветра на контейнеры с двухэтажным расположением



Ю. П. Бороненко,
д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I» (ПГУПС)



Б. О. Поляков,
канд. техн. наук, инженер-испытатель I категории АО «Научно-внедренческий центр «Вагоны»



Е. Я. Полякова,
инженер технической поддержки ООО «КБ 2.0»

Одной из проблем, влияющих на безопасность передвижения, является воздействие бокового ветра при эксплуатации контейнерных платформ. При комбинировании неблагоприятных условий, таких как сила и направление бокового ветра, местность движения вагона, степень загруженности и расположение контейнера, возможно как повреждение фитингов, так и падение контейнера.

Благодаря таким свойствам контейнеров, как универсальность использования, простота погрузки и возможность перемещения различными видами транспорта, они активно эксплуатируются на железнодорожных путях, однако такая унификация приводит к появлению слабых мест конструкции. В частности, ненадежно соединение контейнера и рамы вагона [1].

По всему миру в местах с увеличенной ветровой нагрузкой регистрируются случаи падения контейнеров или схода железнодорожного подвижного состава (рис. 1) [2–4].

Для предотвращения таких случаев необходимо провести расчеты, вклю-

чающие в себя параметры подвижного состава, контейнеров, а также условия их эксплуатации. На основе этих расчетов можно устанавливать режимы движения, позволяющие свести к минимуму возникновение опасного сочетания нагрузок.

Силы, действующие на контейнер

При движении поезда на контейнер действует несколько сил (рис. 2). Те из них, которые действуют на части подвижного состава без учета внешних факторов, определяются аналитически по формулам, описанным в нормативных документах.

Однако оценка воздействия бокового ветра приведена для общих усредненных случаев и прилагается без учета геометрии подвижного состава, а также пиковых значений при порывах ветра.

Условие устойчивости определяется следующими выражениями:

- в соответствии с нормами РЖД РФ:

$$n = \frac{Q \cdot b^0}{F(h^0 - h^s) + W(h - h^y)} > 1,25,$$

где h^s – высота поперечного упора от пола вагона;

- в соответствии с фактическими силами:

$$n = \frac{Q \cdot L_Q}{W_r \cdot L_{W_r} + W_b \cdot L_{W_b} + W_{s1} \cdot L_{W_{s1}} + W_{s2} \cdot L_{W_{s2}}} > 1,25.$$

Методы определения основных сил, действующих на контейнер при движении поезда, приведены в табл. 1.

Объекты исследования

Для проведения CFD-расчетов были разработаны твердотельные модели вагонов-платформ и контейнеров. При моделировании учитывались основные геометрические особенности выбранных

Таблица 1. Силы, действующие на поперечное сечение контейнера

Сила	Место воздействия	Определение силы
Сила тяжести Q	К центру масс контейнера	mg
Подъемные силы W_r, W_b	К крыше и днищу соответственно	CFD-расчеты
Боковые силы W_{s1}, W_{s2}	К боковым стенам с наветренной и подветренной сторон соответственно	CFD-расчеты



Рис. 1. Результаты воздействия бокового ветра: падение контейнера (Россия, Амурская область, 2016 г.) (слева); сход подвижного состава (США, 2019 г.) (справа)

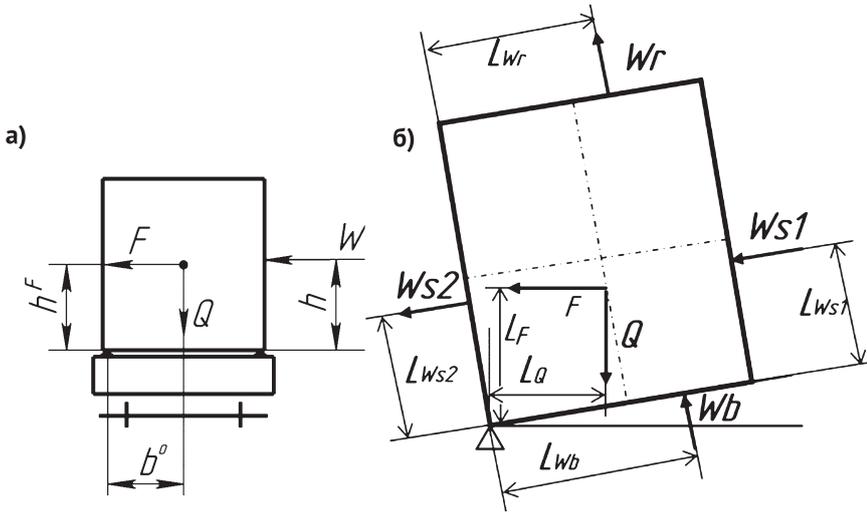


Рис. 2. Расчетные схемы для определения устойчивости контейнера:

а) в соответствии с нормами РЖД РФ: Q – сила тяжести; b^0 – расстояние до центра тяжести; F – центробежная сила; h^f – расстояние до точки приложения центробежной силы; W – сила ветра; h – расстояние до точки приложения силы ветра;

б) фактические силы: Q – сила тяжести; W_r – подъемная сила на крыше; W_b – подъемная сила на днище; W_{s1}, W_{s2} – боковые силы; L_{wb} – расстояние до точки приложения подъемной силы на днище; L_{ws1}, L_{ws2} – расстояния до точки приложения боковых сил; L_q – расстояние до точки приложения силы тяжести

Таблица 2. Принятое значение скорости воздуха в зависимости от уровня ветра

Уровень ветра	Диапазон скорости ветра, м/с	Средняя скорость (принято в расчетах), м/с
4 – умеренный	5,5–7,9	6,7
5 – свежий	8,0–10,7	9,4
6 – сильный	10,8–13,8	12,3
7 – крепкий	13,9–17,1	15,5
8 – очень крепкий	17,2–20,7	19,0
9 – шторм	20,8–24,4	22,6
10 – сильный шторм	24,5–28,4	26,5
11 – жестокий шторм	28,5–32,6	30,6
12 – ураган	32,7 и более	32,7

моделей и расположение контейнеров. Для уменьшения машинного времени расчета мелкие детали (поручни, лестницы и т. д.) были исключены из расчета или заменены на геометрические примитивы. При этом сохранена геометрия частей поезда, непосредственно участвующая в образовании сил опрокидывания.

Варианты расчета учитывали одинаковые условия (плотность воздуха, параметры турбулентности, размеры расчетной области). В качестве основного входного параметра применялось расположение контейнеров и скорость ветра в соответствии со шкалой Бофорта (табл. 2).

В качестве примера одноэтажной перевозки была выбрана платформа для перевозки крупнотоннажных контейнеров, модель 13–6903 (рис. 3).

Для оценки воздействия бокового ветра выбраны следующие варианты расположения контейнеров: два 40-футовых, один 40-футовый и в качестве дополнения – один 48-футовый (рис. 4).

Для определения воздействия ветра на контейнер при двухэтажном варианте перевозки в качестве объекта исследований была выбрана платформа для перевозки 48-футовых контейнеров в 2 этажа Class GWG52B (рис. 5).

Для оценки воздействия бокового ветра выбраны следующие варианты расположения контейнеров: два 40-футовых; один 40-футовый и один 48-футовый; один 40-футовый и один 53-футовый (рис. 6).

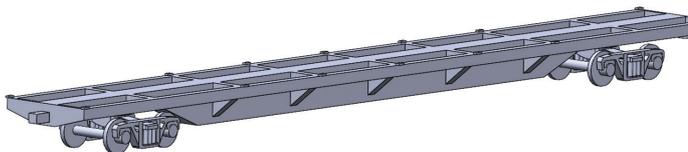


Рис. 3. Платформа модели 13–6903

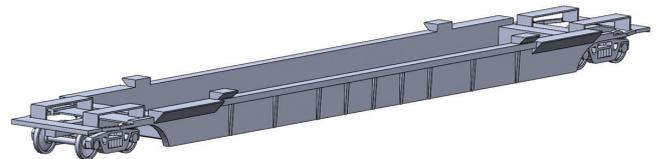


Рис. 5. Платформа Class GWG52B

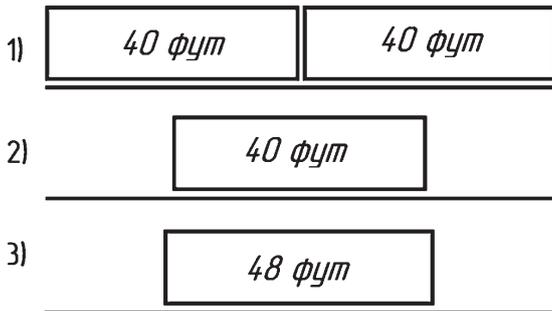


Рис. 4. Схемы расположения контейнеров при расчетах

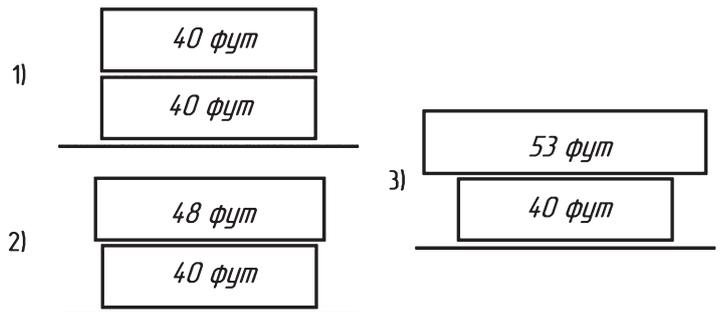


Рис. 6. Схемы расположения контейнеров при расчетах

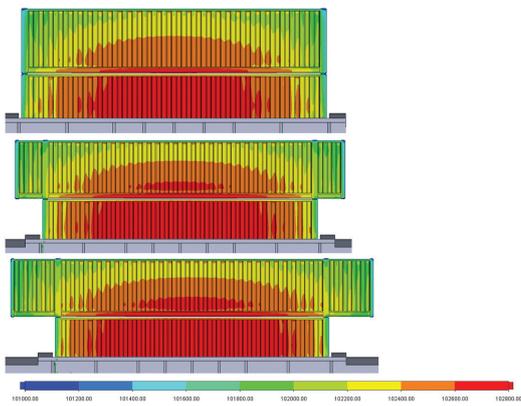


Рис. 7. Распределение давления на стенках контейнеров

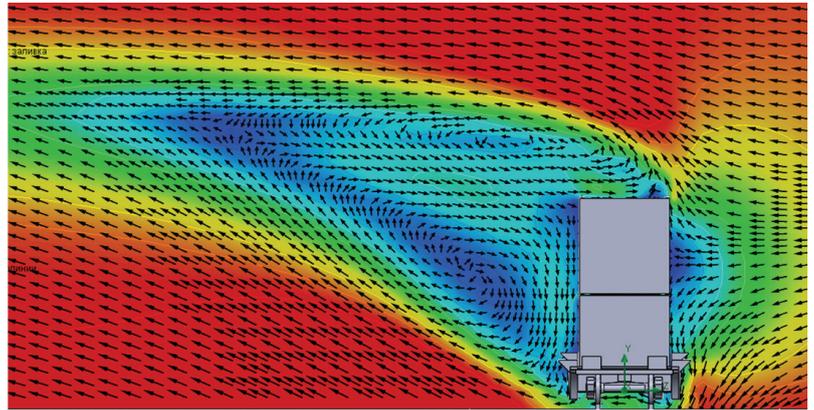


Рис. 8. Траектории и скорости потоков воздуха в среднем сечении

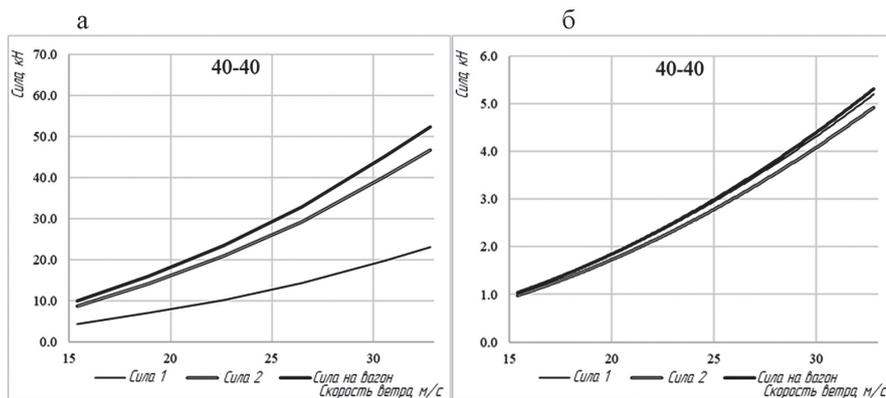


Рис. 9. Зависимость боковой (а) и подъемной (б) сил от скорости ветра для вагона с конфигурацией контейнеров 40 фут – 40 фут

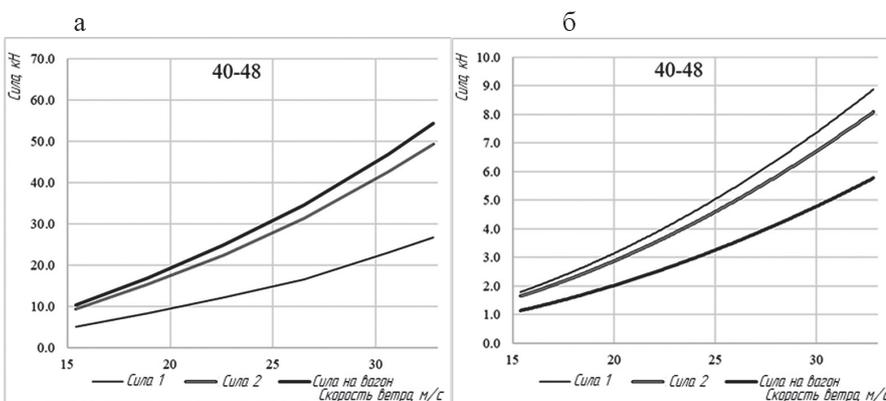


Рис. 10. Зависимость боковой (а) и подъемной (б) сил от скорости ветра для вагона с конфигурацией контейнеров 40 фут – 48 фут

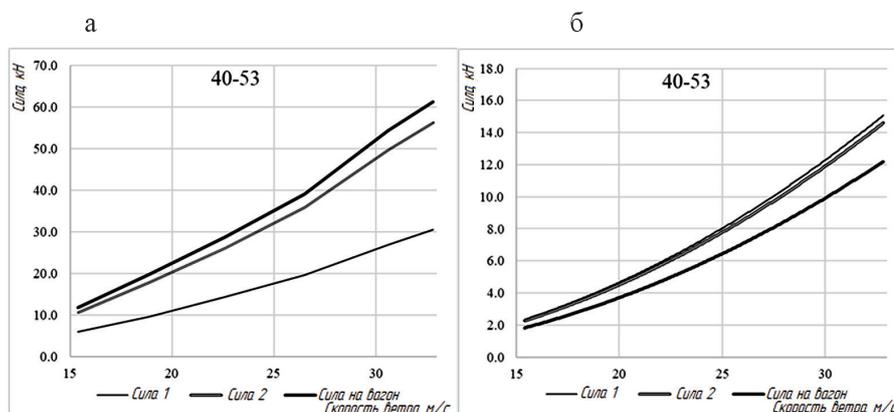


Рис. 11. Зависимость боковой (а) и подъемной (б) сил от скорости ветра для вагона с конфигурацией контейнеров 40 фут – 53 фут

Результаты расчетов

В качестве наихудшего случая представлены расчеты воздействия бокового ветра, перпендикулярного направлению движения поезда. На рис. 7 и 8 представлены картины распределения скорости потоков и давления в пространстве вокруг контейнеров, а также на стенках контейнеров.

Картини распределения давления в пристеночном слое у контейнеров представлены для уровня ветра 7 – крепкий. При увеличении размера верхнего контейнера поле повышенного давления увеличивается также и на нижнем. Таким образом, общая сила воздействия ветра на контейнеры возрастает быстрее, чем площадь боковой поверхности.

Эпюры траекторий и скоростей потоков воздуха представлены для уровня ветра 9 – шторм контейнеров в 40 фут (нижний) и 53 фут (верхний). При увеличении скорости ветра общая конфигурация траекторий потоков не изменяется. На наветренной стороне воздушный поток расщепляется: одна часть направлена в подвагонное пространство, другая обгибает контейнер и с высокой скоростью проходит над вагоном, образуя зону отрицательного давления с подветренной стороны.

В качестве выходных параметров расчетов были выбраны сила воздействия бокового ветра на контейнеры и сила воздействия бокового ветра на вагон. Результаты представлены на рис. 9–11. На иллюстрациях Сила 1 – сила, приходящаяся на верхний контейнер; Сила 2 – на два контейнера.

Оценка воздействия бокового ветра на опрокидывание контейнеров

При оценке опрокидывания контейнеров и вагонов не принималось во внимание уменьшение вертикальной силы,

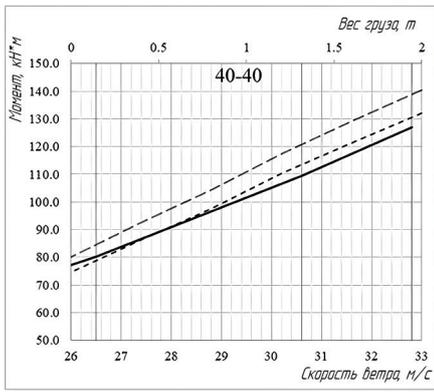


Рис. 12. Момент опрокидывания двух контейнеров и моменты, противодействующие опрокидыванию для вагона с конфигурацией контейнеров 40 фут – 40 фут

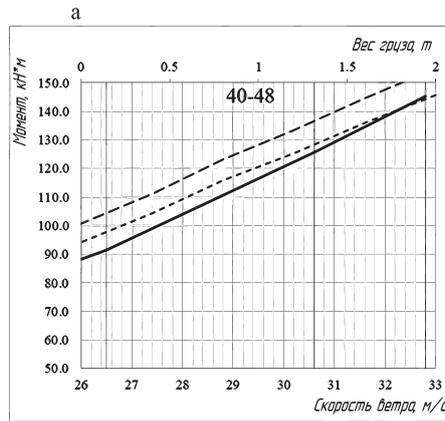


Рис. 13. Момент опрокидывания двух контейнеров и моменты, противодействующие опрокидыванию для вагона с конфигурацией контейнеров 40 фут – 48 фут (а) и 40 фут – 53 фут (б)

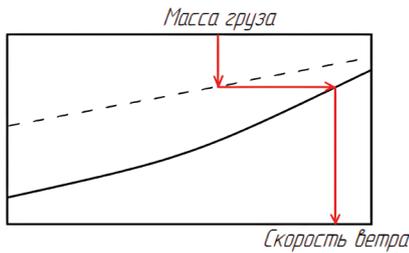
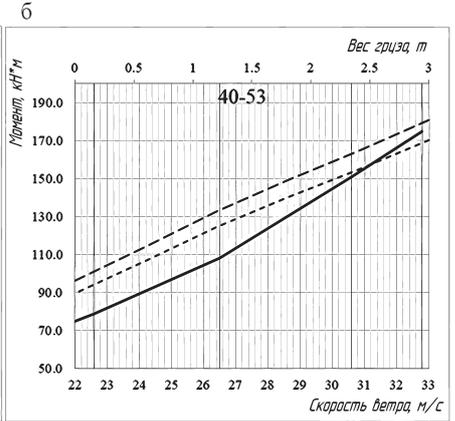


Рис. 14. Схема определения скорости ветра, при которой происходит опрокидывание

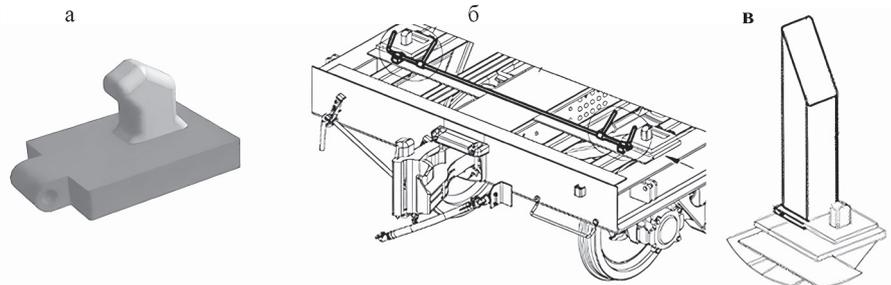


Рис. 15. Способы закрепления контейнера на платформе с помощью: а) фитингов; б) торсионного вала; в) стоек

действующей на вагон от возникновения сил инерции при проезде неровностей.

Для определения возможности опрокидывания контейнера были рассчитаны моменты от воздействия силы тяжести и центробежной силы, действующей в кривой (наихудший случай) и проведено сравнение с моментами, возникающими при действии бокового ветра. Результаты представлены на рис. 12, 13. На графиках сплошной линией показан

момент опрокидывания двух контейнеров от воздействия бокового ветра, пунктирными — моменты, противодействующие опрокидыванию для контейнера с малым количеством груза (верхняя — для стоящего вагона или движущегося по прямому пути; нижняя — для вагона, движущегося в кривой с максимальным непогашенным ускорением $0,7 \text{ м/с}^2$).

По верхней оси абсцисс выбирается количество груза в контейнерах, по пун-

ктирной линии определяется соответствующее значение момента, противодействующего опрокидыванию, затем на сплошную линию опускается перпендикуляр, и по нижней оси абсцисс определяется скорость ветра, при которой происходит опрокидывание (рис. 14).

Рекомендации

Для предотвращения опрокидывания контейнеров необходимо использовать

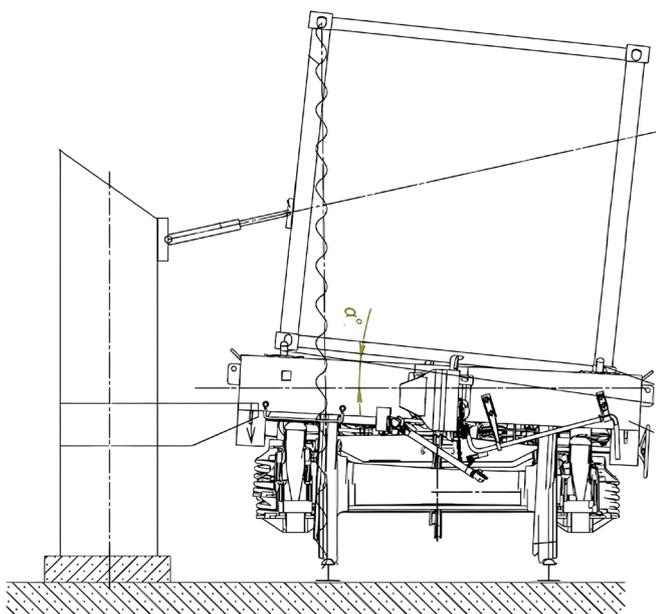


Рис. 16. Испытания контейнера: схема приложения испытательной нагрузки (слева); натурные испытания (справа)

фитинги (рис. 15а) с закреплением нижнего контейнера к вагону-платформе при перемещении торсионного вала (рис. 15б) или стоек (рис. 15в) [5–7].

При движении поезда с порожними контейнерами с уровнем бокового ветра более 9 — шторм необходимо понижать скорость движения в кривых.

Предлагается проводить натурные испытания вновь разрабатываемых вагонов с имитацией воздействия фактических сил на контейнер при движении (рис. 16).

Выводы

Таким образом, разработаны трехмерные модели вагонов-платформ и контейнеров различных размеров; проведены расчеты по воздействию бокового ветра на вагоны с различным расположением контейнеров; разработан график для определения зависимости веса груза в контейнерах на возможность опрокидывания при воздействии бокового ветра.

Выявлено, что при одноэтажном расположении контейнеров возможно опрокидывание контейнера с грузом малого веса при уровне ветра 12 — ураган. Возможность опрокидывания контейнерной

платформы с двухэтажным расположением контейнеров:

- для всех схем расположения контейнеров 40 фут — 40 фут и 40 фут — 48 фут при уровне ветра 10 — сильный шторм возможно опрокидывание двух порожних контейнеров или с грузом малого веса;

- для схемы расположения контейнеров 40 фут — 53 фут возможно опрокидывание двух порожних контейнеров при движении в кривой с максимальным непогашенным ускорением 0,7 м/с² при уровне ветра 9 — шторм. ■

Литература

1. Сычев В. П., Речкин И. И., Сычев П. В., Бондаренко С. А. Технические требования к устранению причин опрокидывания порожних контейнеров при движении платформ в составе поезда // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. 2019. Т. 15, № 15. С. 50–56.
2. Думинова А. С., Зиновьев А. В. Устойчивость железнодорожных контейнеров от опрокидывания при ветровой нагрузке // Сб. материалов Всерос. молодежной науч.-практ. конф. «Современная механика

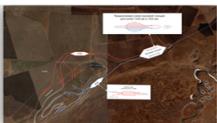
в цифровую эпоху: проблемы и перспективы». Оренбург, 2022. С. 174–178.

3. Попов В. Г., Матешева А. В., Сухов Ф. И., Боландова Ю. К. Условия опрокидывания порожних контейнеров под воздействием ветровых нагрузок // Мир транспорта. 2019. Т. 17, № 6 (85). С. 50–61.
4. Налабордин Д. Г., Иванова Т. В., Петровых В. А. Оценка устойчивости крупнотоннажных порожних контейнеров на железнодорожной платформе в экстремальных погодных условиях // Транспортная инфраструктура сибирского региона. 2018. Т. 2. С. 308–315.
5. Бороненко Ю. П., Даукуша А. С. Выбор конструктивных решений устройств крепления контейнеров и съемных кузовов на железнодорожных платформах // Транспорт РФ. 2017. № 3 (70). С. 29–32.
6. Назаров О. Н., Письменный Е. А. Фитинговые упоры вагонов-платформ. Типовая методика испытаний. Утв. Ассоциацией ИЦЖТ 21 декабря 2017 г.
7. Исследование причин опрокидывания порожних контейнеров с платформ при движении в составе поезда: отчет о НИР (промежуточный): ВНИИЖТ; рук. М. М. Гоник, исполн. С. И. Дубинский [и др.]. М., 2017 г. 136 с.

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА



Основные направления деятельности



Разработка концепций, технико-экономических обоснований строительства объектов транспортной инфраструктуры



Проведение комплексных научно-исследовательских работ



Научно-техническая, экспертная и методическая поддержка проектов строительства и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры



Разработка предложений по повышению перерабатывающей способности станций, разработка имитационной модели



Разработка нормативно-технических документов и научно-технических обоснований (СП, ГОСТ, СТУ, СТО)



Разработка комплексных схем организации улично-дорожной сети



Разработка схем транспортного планирования и комплексных планов развития транспортной инфраструктуры регионов

Павел А. Иванкин, президент Национального исследовательского центра перевозок и инфраструктуры,

Ольга В. Ефимова, д-р экон. наук, заведующая кафедрой «Экономика, организация производства и менеджмент» Российского университета транспорта (РУТ) (МИИТ),

Илья П. Потапов, исполнительный директор Российской академии транспорта.

Саморегулирование на рынке контейнерной доставки // Транспорт Российской Федерации. — 2023. — № 1–2 (104–105). — С. 3–5.

Развитие российского сегмента контейнерной доставки актуализировало тему организации саморегулирования. Формирование рынка контейнерной доставки требует введения термина «профессиональный участник рынка». Необходимо создание саморегулируемой организации, в полномочия которой должно входить наделение юридических лиц данным статусом. Саморегулируемая организация обеспечивает наделение статусом, контроль за соблюдением юридическими лицами условий статуса, лишение его, формирование единой технической политики, разработку сквозных технологических решений и др.

Ключевые слова: контейнерные перевозки, саморегулирование, профессиональный участник рынка.

Контактная информация: ivankin@nicpi.ru

Владимир Е. Андреев, начальник департамента технической политики ОАО «РЖД»,

Александр В. Пронкин, заместитель начальника департамента технической политики ОАО «РЖД»,

Александр И. Долгий, канд. техн. наук, генеральный директор АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (НИИАС),

Ефим Н. Розенберг, д-р техн. наук, первый заместитель генерального директора АО «НИИАС».

Развитие технологий интегрального регулирования движения поездов: итоги и перспективы // Транспорт Российской Федерации. — 2023. — № 1–2 (104–105). — С. 6–12.

Приведены результаты работ по созданию комплекса инновационных технологий интервального регулирования движения поездов, предназначенных для решения одной из ключевых проблем на российских железных дорогах — повышения их пропускной способности на существующей инфраструктуре за счет наукоемких решений без дополнительного строительства новых путей. Представлены разработанные технико-технологические решения и аппаратно-программные средства, реализующие технологии «виртуальная сцепка» и «движение с подвижным блок-участком», созданные для управления поездопотоками с минимальными интервалами при условии соблюдения требований к безопасности движения. Описан уникальный комплекс цифрового имитационного моделирования станций и участков железных дорог, позволяющий радикально улучшить качество проектных работ, обоснование и реализацию инвестиционных проектов. Приведены результаты испытаний и подконтрольной эксплуатации внедренных технологий на примере Восточного полигона сети ОАО «РЖД», а также достигнутые при этом социально-экономические эффекты.

Ключевые слова: интервальное регулирование, управление движением поездов, безопасность движения, виртуальная сцепка, подвижные блок-участки, имитационное моделирование, устройства локомотивной безопасности и автоведения, средства цифровой радиосвязи.

Контактная информация: nik-sazonov@yandex.ru

Владимир В. Кудюкин, заместитель генерального директора АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (НИИАС).

Роботизация как необходимый элемент повышения эффективности процесса железнодорожных перевозок // Транспорт Российской Федерации. — 2023. — № 1–2 (104–105). — С. 13–16.

Статья посвящена рассмотрению аспектов повышения эффективности процесса железнодорожных перевозок за счет внедрения инновационных технических средств автоматизации и роботизации работы сортировочных станций. Рассмотрены варианты реализации робототехнического комплекса для автономного выполнения работ по отпуску автоматических тормозов грузовых вагонов в парке приема сортировочных станций и расцепке вагонов на сортировочных горках. Показаны первые результаты испытаний экспериментального образца робототехнического комплекса. Сделан вывод об эффективности и перспективах внедрения робототехнических комплексов для решения задач снижения производственного травматизма, сокращения времени простоя подвижного состава на сортировочных станциях, а также улучшения качества технического обслуживания подвижного состава.

Ключевые слова: цифровая трансформация железных дорог, цифровая железнодорожная станция, робототехнический комплекс, роботизация, повышение эффективности процесса перевозок.

Контактная информация: v.kudukin@vniias.ru

Анастасия В. Кудрявцева, канд. экон. наук, научный сотрудник Объединенного ученого совета ОАО «РЖД», доцент Российской Федерации транспорта (РУТ) (МИИТ),

Дмитрий А. Мачерет, д-р экон. наук, первый заместитель председателя Объединенного ученого совета ОАО «РЖД», профессор РУТ (МИИТ).

Использование принципов бионики для транспортных инноваций: фундаментальная экономическая основа технических решений // Транспорт Российской Федерации. — 2023. — № 1–2 (104–105). — С. 17–21.

Рассмотрено использование принципов бионики в рамках инновационно ориентированного развития транспорта. Раскрыта суть бионики, кратко охарактеризовано ее развитие. Приведены примеры использования принципов бионики для транспортных инноваций, а также для инноваций в других важных для транспорта сферах, таких как разработка новых материалов и нанотехнологии. Сфокусировано внимание на экономическом аспекте инноваций, основанных на принципах бионики. Сделан вывод о том, что использование принципов бионики в рамках инновационно ориентированного развития транспорта опирается на фундаментальную экономическую основу и может рассматриваться как одно из его важных направлений.

Ключевые слова: бионика, транспорт, инновации, эффективность, эволюционное развитие.

Контактная информация: macheretda@rambler.ru

Юрий О. Пазойский, д-р техн. наук, профессор кафедры «Железнодорожные станции и транспортные узлы» Российского университета транспорта (РУТ) (МИИТ),

Максим Ю. Савельев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Железнодорожные станции и транспортные узлы» РУТ (МИИТ),

Евгений А. Середов, канд. техн. наук, ассистент кафедры «Железнодорожные станции и транспортные узлы» РУТ (МИИТ).

Методы расчета маршрутной сети пассажирских поездов с учетом предпочтений пассажиров // Транспорт Российской Федерации. — 2023. — № 1–2 (104–105). — С. 22–25.

Рассмотрены методы расчета маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования с учетом предпочтений пассажиров. Это способствует повышению уровня удовлетворенности спроса пассажиров на перевозки и переходу части пассажиропотока с альтернативных видов транспорта на железнодорожный. В приведенных примерах показано формирование маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования при заданных и незадаваемых схемах составов поездов.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, маршрутная сеть пассажирских поездов дальнего следования, учет предпочтений пассажиров.

Контактная информация: evgeniy.seredov@mail.ru

Фарид И. Хусаинов, канд. экон. наук, эксперт Института экономики и регулирования инфраструктурных отраслей НИУ ВШЭ,

Анастасия А. Александрова, экономист.

Оценка уровня концентрации на рынке услуг операторов железнодорожного подвижного состава // Транспорт Российской Федерации. — 2023. — № 1–2 (104–105). — С. 26–31.

Проанализировано состояние конкуренции на рынке услуг операторов железнодорожного подвижного состава за 2020–2021 гг. Дан обзор теоретических концепций оценки уровня концентрации и ее связи с уровнем конкуренции. Произведена оценка уровня конкуренции с использованием индекса концентрации и индекса Херфиндала–Хиршмана для рынка услуг операторов подвижного состава в целом, а также отдельно для рынков предоставления полувагонов, цистерн, крытых вагонов, платформ и др. Сделан вывод о наличии конкуренции на рынках, рынки сгруппированы по критерию высокой, средней и низкой концентрации продавцов.

Ключевые слова: конкуренция, концентрация, операторы подвижного состава, грузовые железнодорожные перевозки, грузовые вагоны, рынок железнодорожных грузовых перевозок.

Контактная информация: f-husainov@mail.ru

Петр А. Козлов, д-р техн. наук, президент научно-производственного холдинга «СТРАТЕГ»,

Виталий С. Колокольников, д-р техн. наук, заместитель директора ООО «Аналитические и управляющие системы на транспорте «Транспортный алгоритм»,

Николай А. Тушин, д-р техн. наук, профессор кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС).

Моделирование международных транспортных коридоров // Транспорт Российской Федерации. — 2023. — № 1–2 (104–105). — С. 32–37.

Рассматриваются принципы и технология моделирования больших полигонов, включая международные транспортные коридоры. Для полигонов в несколько сотен станций предлагается использовать укрупненное моделирование. Разработана технология укрупненного представления в модели горловин, парков, станций в целом и участков. Особое внимание уделяется укрупненному моделированию сортировочных парков. Сравнительными расчетами на подробных и укрупненных моделях доказываются правомерность использования макро-моделирования. Описывается разработанная имитационная система макро-моделирования полигонов ИМЕТРА, приводятся выдаваемые ей результаты. Упоминается, что система прошла государственную регистрацию, а технология ее использования утверждена в ОАО «РЖД».

Ключевые слова: моделирование, имитационная система, полигон, горловина, парк, станция, участок, бункер, канал.

Контактная информация: VKolokolnikov@usurt.ru

Валерий С. Коссов, д-р техн. наук, генеральный директор АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (ВНИКИТ),

Олег Г. Краснов, д-р техн. наук, заведующий отделом пути и специального подвижного состава отделения динамики, прочности и инфраструктуры АО «ВНИКИТ»,

Олег К. Богданов, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник АО «ВНИКИТ»,

Татьяна Ю. Некрасова, инженер I категории.

Экспериментальные исследования нагруженности рельсов в кривых участках пути // Транспорт Российской Федерации. — 2023. — № 1–2 (104–105). — С. 38–40.

Представлены результаты экспериментальных исследований нагруженности внутреннего рельса в кривом участке пути радиусом 298 м на перегоне Ангасолка–Слюдянка-2 Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД». Кривая расположена на спуске с приведенным уклоном 16,4 ‰. Выполнен статистический анализ вертикальных и боковых сил, действующих на внутренний рельс от наиболее массового подвижного состава — полувагонов. Показано, что из-за случайного разброса силовых факторов, связанного с динамикой взаимодействия подвижного состава и пути, а также нереализованными скоростями движения, на внутренний рельс действуют вертикальные силы до 160–175 кН и боковые силы до 60–70 кН. Хотя часть их невелика, последние могут вызывать прогрессирующую пластическую деформацию на поверхности катания внутреннего рельса. Установлено, что имеются различия в уровнях и зонах контакта от колес 1-й и 3-й колесных пар, 2-й и 4-й колесных пар. На поверхности катания внутреннего рельса формируется две дорожки качения. Ближайшая к рабочей грани формируются колесами 1-й и 3-й колесных пар, вторая, расположенная ближе к наружной нерабочей грани, формируется колесами 2-й и 4-й колесных пар и характеризуется поверхностными выкрашиваниями с повышенной глубиной вырыва металла.

Ключевые слова: кривой участок пути, внутренний рельс, боковые и вертикальные силы, статистические распределения, колесные пары, дорожки качения, контактно-усталостные дефекты.

Контактная информация: onti23@yandex.ru

Юрий П. Бороненко, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),

Борис О. Поляков, канд. техн. наук, инженер-испытатель I категории АО «Научно-внедренческий центр „Вагоны“»,

Екатерина Я. Полякова, инженер технической поддержки ООО «КБ 2.0».

Воздействие сил бокового ветра на контейнеры с двухэтажным расположением // Транспорт Российской Федерации. — 2023. — № 1–2 (104–105). — С. 41–45.

Основной целью исследования является определение нагрузок, возникающих при воздействии бокового ветра на контейнеры, перевозимые на традиционных платформах, а также на контейнеры, перевозимые при работе с тяжеловесным подвижным составом. Разработаны модели традиционной контейнерной платформы, а также контейнерной платформы для двухэтажной перевозки контейнеров, используемой при реализации тяжеловесного движения. Для созданных моделей контейнерных платформ проведены CFD-расчеты по воздействию бокового ветра различной силы на контейнеры. В результате установлено, что при воздействии бокового ветра контейнеры, свободно установленные на фитинги, могут опрокинуться. При движении в кривой и увеличении значения непогашенного ускорения вероятность опрокидывания контейнера увеличивается, что в сочетании с большой скоростью движения может привести к сходу подвижного состава. Дополнительно представлены рекомендации, как с помощью фитингов и иных способов закрепления предотвратить опрокидывание контейнеров.

Ключевые слова: контейнеры, фитинговые платформы, безопасность движения поездов, двухэтажная перевозка контейнеров.

Контактная информация: boris.nvc@yandex.ru

Pavel A. Ivankin, President of the National Research Center for Transportation and Infrastructure,

Olga V. Efimova, PhD in Economics, Head of the «Economics, Production Organization and Management» Department at the Russian University of Transport (RUT) (MIIT),

Пяа Р. Potapov, Executive Director of the Russian Academy of Transport.

Self-regulation in the container shipping market // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 1–2 (104–105). — P. 3–5.

The development of the Russian segment of container shipping has raised the issue of organizing self-regulation. The formation of the container shipping market requires the introduction of the term «professional market participant.» It is necessary to create a self-regulatory organization, which should have the authority to grant legal entities this status. The self-regulatory organization ensures granting of the status, control over compliance with the status conditions by legal entities, revocation of the status, formation of a unified technical policy, development of integrated technological solutions, etc.

Keywords: container transportation, self-regulation, professional market participant.

Contact information: ivankin@nicpi.ru

Vladimir E. Andreev, Head of the Technical Policy Department at JSC Russian Railways,

Alexander V. Pronkin, Deputy Head of the Technical Policy Department at JSC Russian Railways,

Alexander I. Dolgiy, PhD in Engineering, CEO of Scientific Research and Design Institute for Informatization, Automation, and Communication in Railway Transport (NIAS),

Efim N. Rosenberg, DSc in Engineering, First Deputy CEO of NIAS.

Development of integrated train traffic control technologies: results and prospects // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 1–2 (104–105). — P. 6–12.

The article presents the results of the work on creating a complex of innovative technologies for interval train traffic control, aimed at solving one of the key problems on Russian railways — increasing their capacity on existing infrastructure through knowledge-intensive solutions without the need for additional track construction. The article describes the developed technical and technological solutions and hardware-software tools that implement «virtual coupling» and «movement with mobile block sections» technologies, designed for managing train flows with minimal intervals while ensuring traffic safety requirements. A unique complex of digital simulation modeling of railway stations and sections is described, which allows for a radical improvement

in the quality of design work, justification, and implementation of investment projects. The article also presents the results of testing and controlled operation of the implemented technologies using the example of the Eastern Polygon of JSC Russian Railways network, as well as the achieved socio-economic effects.

Keywords: interval train traffic control, train movement management, traffic safety, virtual coupling, mobile block sections, simulation modeling, locomotive safety and automation devices, digital radio communication means.

Contact information: nik-sazonov@yandex.ru

Vladimir V. Kudyukin, Deputy CEO of Scientific Research and Design Institute for Informatization, Automation, and Communication in Railway Transport (NIAS).

Robotization as a necessary element for enhancing the efficiency of railway transportation processes // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 1–2 (104–105). — P. 13–16.

This article examines the aspects of improving the efficiency of railway transportation processes through the implementation of innovative technical automation and robotization tools for sorting stations. Various options for implementing a robotic complex for autonomously releasing automatic brakes of

freight wagons in the marshalling yard and uncoupling wagons on sorting ramps are discussed. The initial results of testing an experimental robotic complex are presented. The article concludes on the effectiveness and prospects of implementing robotic complexes to address issues such as reducing occupational injuries, minimizing the downtime of rolling stock at sorting stations, and improving the quality of technical maintenance for rolling stock.

Keywords: digital transformation of railways, digital railway station, robotic complex, robotization, enhancement of transportation process efficiency.

Contact information: v.kudukin@vniias.ru

Anastasia V. Kudryavtseva, PhD in Economics, Researcher at the Unified Scientific Council of Russian Railways, Associate Professor at the Russian University of Transport (RUT) (MIIT),

Dmitry A. Macheret, PhD in Economics, First Deputy Chairman of the Unified Scientific Council of Russian Railways, Professor at RUT (MIIT).

Using Bionics Principles for Transportation Innovations: Fundamental Economic Basis of Technical Solutions // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 1–2 (104–105). — P. 17–21.

The use of bionics principles in the context of innovation-oriented transportation development is discussed. The essence of bionics is revealed, its development is briefly characterized. Examples of using bionics principles for transportation innovations are provided, as well as for innovations in other important areas for transportation, such as the development of new materials and nanotechnology. Attention is focused on the economic aspect of innovations based on bionics principles. It is concluded that the use of bionics principles in the context of innovation-oriented transportation development is based on a fundamental economic foundation and can be considered as one of its important directions.

Keywords: bionics, transportation, innovation, efficiency, evolutionary development.

Contact information: macheretda@rambler.ru

Yuri O. Pazoyskiy, DSc in Engineering, Professor of the Department of «Railway Stations and Transport Hubs» at the Russian University of Transport (RUT) (MIIT),

Maxim Yu. Saveliev, PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of «Railway Stations and Transport Hubs» at RUT (MIIT),

Evgeny A. Seredov, PhD in Engineering, Assistant of the Department of «Railway Stations and Transport Hubs» at RUT (MIIT).

Methods for Calculating the Route Network of Long-Distance Passenger Trains Taking into Account Passenger Preferences // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 1–2 (104–105). — P. 22–25.

The methods for calculating the route network of long-distance passenger trains taking into account passenger preferences are discussed. This contributes to increasing the level of passenger demand satisfaction for transportation and transitioning a portion of passenger flow from alternative modes of transportation to railways. The provided examples demonstrate the formation of the route network of long-distance passenger trains with specified and unspecified train composition schemes.

Keywords: passenger transportation, route network of long-distance passenger trains, accounting for passenger preferences.

Contact information: evgeniy.seredov@mail.ru

Farid I. Khusainov, PhD in Economics, Expert at the Institute of Economics and Infrastructure Regulation, National Research University Higher School of Economics,

Anastasia A. Aleksanova, Economist.

Assessment of the concentration level in the market of services provided by railway rolling stock operators // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 1–2 (104–105). — P. 26–31.

The state of competition in the market of services provided by railway rolling stock operators for the years 2020–2021 has been analyzed. An overview of theoretical concepts for assessing the level of concentration and its relationship with the level of competition is provided. The level of competition is evaluated using the concentration index and the Herfindahl-Hirschman index for the market of services provided by rolling stock operators as a whole, as well as separately for the markets of gondola cars, tank cars, covered wagons, platforms, and others. The conclusion is drawn about the existence of competition in these markets, which are grouped based on the criteria of high, medium, and low concentration of sellers.

Keywords: competition, concentration, rolling stock operators, freight railway transportation, freight wagons, market of railway freight transportation.

Contact information: f-husainov@mail.ru

Peter A. Kozlov, Doctor of Engineering Sciences, President of the Scientific and Production Holding «STRATAG»,

Vitaly S. Kolokolnikov, Doctor of Engineering Sciences, Deputy Director of «Transport Algorithm» LLC, Analytical and Control Systems in Transport,

Nikolay A. Tushin, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Operational Management, Ural State University of Railway Transport (URGUPS).

Modeling of International Transport Corridors // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 1–2 (104–105). — P. 32–37.

The principles and technology of modeling large complexes, including international transport corridors, are considered. For complexes with hundreds of stations, an aggregated modeling approach is proposed. A technology for aggregated representation in the model of bottlenecks, yards, stations as a whole, and sections has been developed. Special attention is given to aggregated modeling of classification yards. Comparative calculations on detailed and aggregated models prove the legitimacy of using macro-modeling. The developed macro-modeling simulation system for complexes IMETRA is described, along with the results it produces. It is mentioned that the system has undergone state registration, and its usage technology has been approved by JSC «Russian Railways».

Keywords: modeling, simulation system, complex, bottleneck, yard, station, section, bunker, canal.

Contact information: VKolokolnikov@usurt.ru

Valery S. Kossov, Doctor of Engineering Sciences, CEO of JSC «Scientific Research and Design-Technological Institute of Rolling Stock» (VNIKTI),

Oleg G. Krasnov, Doctor of Engineering Sciences, Head of the Track and Special Rolling Stock Department of the Dynamics, Strength, and Infrastructure Division of JSC «VNIKTI»,

Oleg K. Bogdanov, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher at JSC «VNIKTI»,

Tatiana Y. Nekrasova, Engineer I category.

Experimental Studies of Rail Loading in Curved Track Sections // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 1–2 (104–105). — P. 38–40.

The results of experimental studies on the loading of the inner rail in a curved track section with a radius of 298 meters on the Angasolka–Slyudyanka-2 stretch of the East Siberian Infrastructure Division of JSC «Russian Railways» are presented. The curve is located on a downhill slope with a gradient of 16.4 ‰. A statistical analysis of the vertical and lateral forces acting on the inner rail from the most common rolling stock — hopper cars — is performed. It is shown that due to the random variation of force factors associated with the dynamics of interaction between rolling stock and track, as well as unrealized speeds, vertical forces of up to 160–175 kN and lateral forces of up to 60–70 kN act on the inner rail. Although their frequency is low, the latter can cause progressive plastic deformation on the running surface of the inner rail. Differences in levels and contact zones are established between the 1st and 3rd wheelsets and the 2nd and 4th wheelsets. Two rolling contact fatigue tracks are formed on the running surface of the inner rail. The track closest to the working edge is formed by the 1st and 3rd wheelsets, and the second, located closer to the outer non-working edge, is formed by the 2nd and 4th wheelsets and is characterized by surface flaking with increased metal removal depth.

Keywords: curved track section, inner rail, lateral and vertical forces, statistical distributions, wheelsets, rolling contact fatigue tracks, contact fatigue defects.

Contact information: onti23@yandex.ru

Yuri P. Boronenko, Doctor of Engineering Sciences, Head of the Department of «Freight Cars and Freight Management» at Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU),

Boris O. Polyakov, Candidate of Engineering Sciences, Engineer-Tester I category at JSC «Scientific and Innovative Center «Vagony»»,

Ekaterina Y. Polyakova, Technical Support Engineer at LLC «KB2.0».

Impact of Lateral Wind Forces on Double-Stack Container Transportation // Transport of the Russian Federation. — 2023. — No. 1–2 (104–105). — P. 41–45.

The main objective of this research is to determine the loads that occur when lateral wind forces affect containers transported on traditional platforms, as well as on containers transported when operating heavy rolling stock. Models of both traditional container platforms and container platforms for double-stack container transportation, used in heavy-duty operations, have been developed. Computational fluid dynamics (CFD) simulations were conducted for the created container platform models to assess the impact of lateral wind forces of varying strength on the containers. As a result, it was established that containers loosely placed on fittings can overturn when subjected to lateral wind forces. When moving through curves and with an increase in the value of unbalanced acceleration, the probability of container overturning increases, which, in combination with high train speeds, can lead to derailments. Additional recommendations are provided to prevent container overturning by using locking fittings and other fastening methods.

Keywords: containers, fitting platforms, train movement safety, double-stack container transportation.

Contact information: boris.nvc@yandex.ru



Общероссийская общественная организация

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА В ЦИФРАХ

Академия включает
47 РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЯ



СОСТАВ ОО «РАТ» В 2023 ГОДУ

> 680 УЧЕНЫХ-ТРАНСПОРТНИКОВ:

170 ДОКТОРОВ НАУК

510 КАНДИДАТОВ НАУК

260 ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ РАТ



ДАТА ОСНОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
ТРАНСПОРТА:

26 июня 1991 года

В 2021–2023 годах:

ПРОВЕДЕНО БОЛЕЕ 150 МЕРОПРИЯТИЙ
(В ТОМ ЧИСЛЕ ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦИЙ)

ВЫШЛО В СВЕТ БОЛЕЕ 1000 ПУБЛИКАЦИЙ
И МОНОГРАФИЙ В РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ ИЗДАНИЯХ

БОЛЕЕ 3500 СПЕЦИАЛИСТАМ В ОБЛАСТИ ТРАНСПОРТА
И ТРАНСПОРТНОЙ НАУКИ РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА
ОПЛАТИЛА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
ПО АКТУАЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ ОБУЧЕНИЯ

ЗАПУЩЕНА ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА РАТ

ПРОВЕДЕНЫ 4 КРУПНЫХ ОБЩЕАКАДЕМИЧЕСКИХ
МЕРОПРИЯТИЯ, В Т. Ч. КОНФЕРЕНЦИЯ «РОЛЬ НАУКИ
В ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ТРАНСПОРТА» В РАМКАХ XVI МЕЖДУНАРОДНОГО ФОРУМА
И ВЫСТАВКА «ТРАНСПОРТ РОССИИ — 2022»

ПРИНЯТО 60 ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧЛЕНА,
СОЗДАНО 4 НОВЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЯ.
ТЕРРИТОРИЯ ПРИСУТСТВИЯ РАТ – 47 РЕГИОНОВ

САЙТ И НОВОСТНЫЕ ПОРТАЛЫ АКАДЕМИИ
ПОСЕЩАЕТ БОЛЕЕ 3500 ЧЕЛОВЕК ЕЖЕДНЕВНО



Основные направления деятельности



Разработка концепций, технико-экономических обоснований строительства объектов транспортной инфраструктуры



Проведение комплексных научно-исследовательских работ



Научно-техническая, экспертная и методическая поддержка проектов строительства и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры



Разработка предложений по повышению перерабатывающей способности станций, разработка имитационной модели



Разработка нормативно-технических документов и научно-технических обоснований (СП, ГОСТ, СТУ, СТО)



Разработка комплексных схем организации улично-дорожной сети



Разработка схем транспортного планирования и комплексных планов развития транспортной инфраструктуры регионов



Научно-исследовательские институты и центры Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I

**Центр компьютерных
и железнодорожных технологий**
(812) 457-89-01

**Институт прикладной экономики
и бухгалтерского учета
железнодорожного транспорта**
(812) 572-62-55

**Испытательный центр
“Экологическая безопасность
и охрана труда”**
(812) 457-88-19, (812) 457-87-15

Центр транспортной безопасности (ЦТБ)
(812) 233-84-70, (812) 498-40-72

**Научно-образовательный центр
инновационного развития пассажирских
железнодорожных перевозок**
(812) 570-75-55