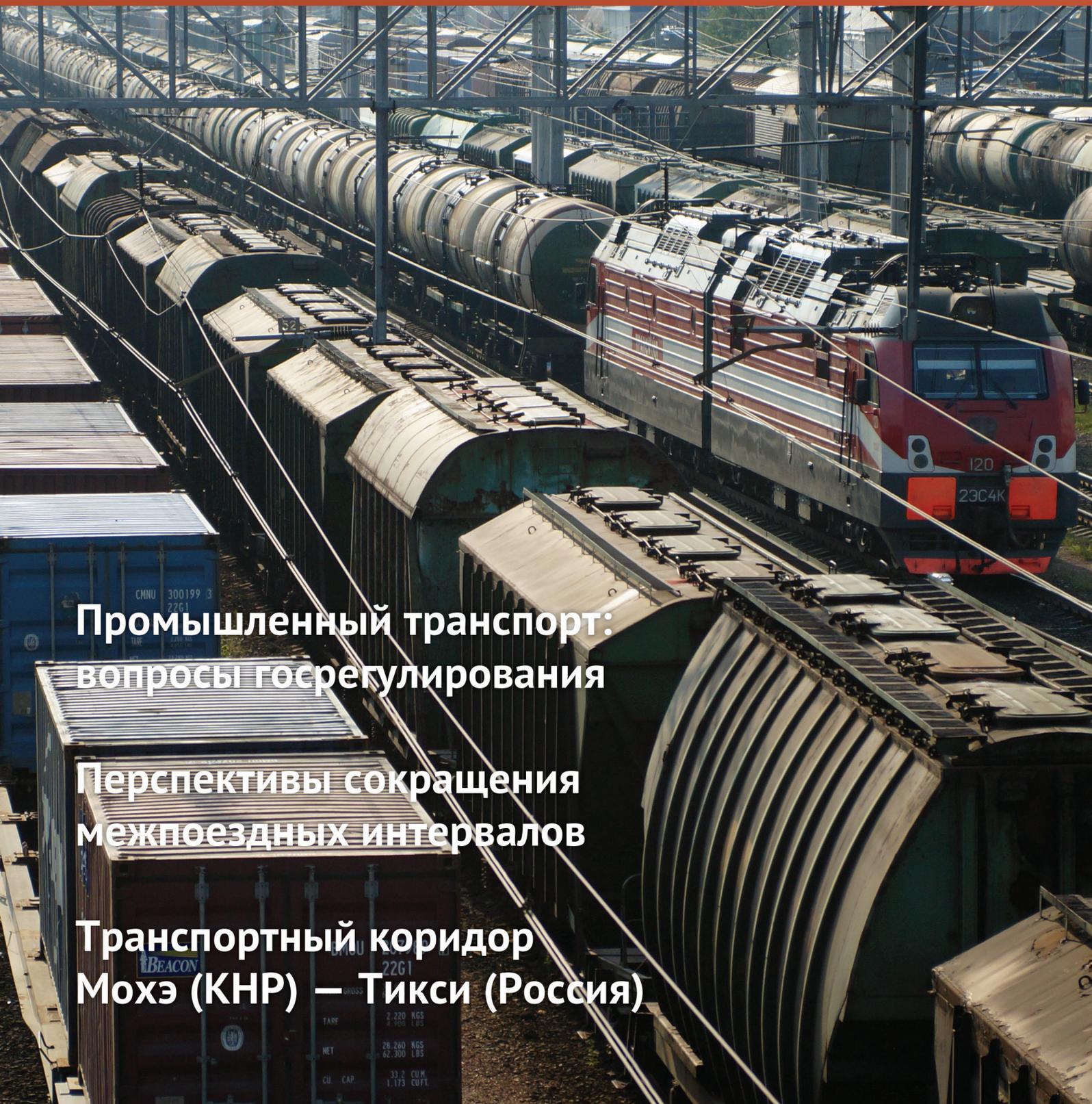


ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ЭКОНОМИКЕ, ПРАКТИКЕ



**Промышленный транспорт:
вопросы госрегулирования**

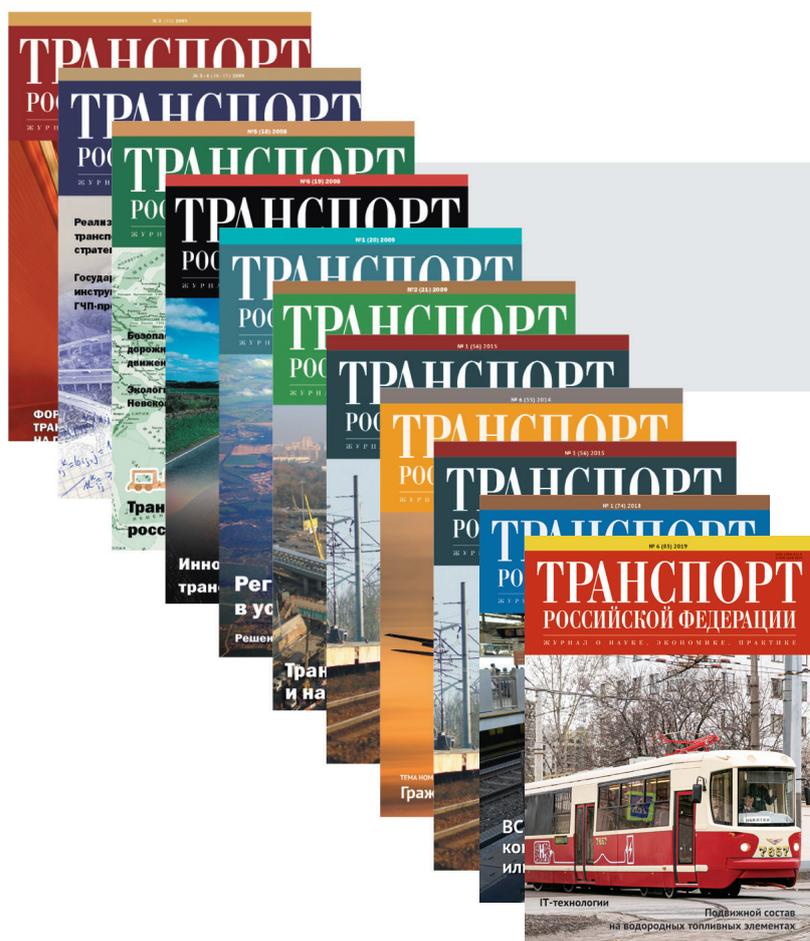
**Перспективы сокращения
межпоездных интервалов**

**Транспортный коридор
Мохэ (КНР) — Тикси (Россия)**

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://akc.ru>

«Урал-Пресс»

Тел.: (495) 789-86-36

«Почта России»

Тел.: (495) 956-20-67

<http://russianpost.ru>

**ГОСУДАРСТВО И ТРАНСПОРТ**

Л. А. Андреева, Е. П. Дудкин, С. Н. Корнилов, А. Т. Попов.

Промышленный транспорт: проблемы государственного регулирования 3

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

Д. А. Мачерет, А. Д. Разуваев.

Методология достижения роста экономической эффективности транспортных систем на основе качественного совершенствования и интенсификации использования инфраструктуры 7

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А. С. Мишарин, Н. Г. Шабалин, С. В. Бушуев.

Оценка перспектив сокращения межпоездных интервалов за счет применения новых технологий интервального регулирования 11

БЕЗОПАСНОСТЬ

Е. Н. Розенберг, З. Б. Хакиев, В. С. Кузьмин.

Система мониторинга для обеспечения функциональной безопасности ответственного технологического процесса движения поездов 18

ПЕРЕВОЗКИ

Ю. П. Бороненко, О. Д. Покровская, Т. С. Титова.

Результаты исследования востребованности съемных кузовов и железнодорожного подвижного состава для их перевозки 25

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

О. С. Валинский, К. К. Ким.

Разработки ПГУПС в области нетрадиционной и возобновляемой энергетики 32

А. А. Локтев, Л. А. Илларионова.

Моделирование влияния локальных неровностей железнодорожного пути на распространение вибраций 39

ИНФРАСТРУКТУРА

В. А. Анисимов, А. К. Слатина.

Международный мультимодальный транспортный коридор Мохэ – Рейново – Якутск – Тикси 42

А. Л. Кузнецов, А. М. Сампиев, А. Д. Семенов, А. О. Иванов.

Задачи совершенствования методов технологического проектирования морских торговых портов 47

ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И ТЕХНИКА

Н. М. Подволоцкий.

Классификация грузовых систем современных танкеров 52

С. В. Данилов, Р. Ш. Мамаев, Д. В. Рыбак, Р. Ш. Шайлиев.

Вспомогательная система для ускорения автомобиля на основе принципов рекуперации энергии торможения 55

РЕГИОН

С. П. Санников, В. Д. Тимоховец, А. Н. Кланюк.

Влияние исторических особенностей развития города на современную транспортную систему на примере г. Тюмени 59

Аннотации 62

Abstracts 63

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

Исполнительный директор

Илья Потапов

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 ответственности за содержание рекламных материалов.

Установочный тираж 7 000 экз.

Подписано в печать 26.04.2024.

Отпечатано:

Типография Speedy Print

ИП Кириченко А. В.

101000, г. Москва,

ул. Маросейка, 9/2, строение 8.

Заказ № 11 073

Редакционный совет

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

Валинский О.С., ректор ПГУПС, заместитель председателя редакционного совета

Дружинин А.А., руководитель Федерального агентства железнодорожного транспорта

Барышников С.О., ректор ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова

Пашков К.А., директор административного департамента Минтранса РФ

Ефимов В.Б., президент Союза транспортников России

Гапанович В.А., президент НП «ОПЖТ»

Ефимова О.В., ученый секретарь РАТ

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 Общественного совета при Ространснадзоре, член Президиума РАТ

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 регионального отделения РАТ

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

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 городской транспорт»

Дунаев О. Н. — д. э. н., председатель подкомитета по транспорту и логистике комитета РСПП по международному сотрудничеству, 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 машиностроения, 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 профессор 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 Поволжского регионального отделения РАТ

Кравченко П. А. — д. т. н., научный руководитель Института безопасности дорожного движения СПбГАСУ

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

Мальгин И. Г. — д. т. н., директор Института проблем транспорта РАН, член Президиума РАТ

Мачерет Д. А. — д. э. н., профессор РУТ (МИИТ), первый заместитель председателя объединенного ученого совета ОАО «РЖД»

Огай С. А. — д. т. н., председатель Восточного регионального отделения РАТ

Пимоненко М. М. — к. ф.-м. н., директор Северо-Западного информационно-аналитического центра «АЙЛЮТ», доцент кафедры «Логистика и коммерческая работа» ПГУПС

Потапов И. П. — исполнительный директор РАТ

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

Розенберг И. Н. — д. т. н., член-корреспондент РАН, научный руководитель РУТ (МИИТ)

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

Тимофеев О. Я. — д. т. н., профессор кафедры конструкции и технической эксплуатации судов СПбГМТУ

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

Трофименко Ю. В. — д. т. н., вице-президент РАТ, председатель Дорожно-транспортного отделения РАТ, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» МАДИ

Промышленный транспорт: проблемы государственного регулирования



Л. А. Андреева,
д-р техн. наук,
заместитель
директора ЗАО
«Промтрансшиппроект»,



Е. П. Дудкин,
д-р техн. наук,
руководитель НОЦ
«Промышленный
и городской транспорт»
Петербургского
государственного
университета путей
связи Императора
Александра I,



С. Н. Корнилов,
д-р техн. наук,
профессор кафедры
логистики и управления
транспортными
системами
Магнитогорского
государственного
технического
университета им.
Г. И. Носова,



А. Т. Попов,
канд. техн. наук,
заведующий кафедрой
организации
перевозок Липецкого
государственного
технического
университета



И. П. Потапов,
аспирант кафедры
«Градостроительство»
Центрального научно-
исследовательского
и проектного института
Минстроя России,
исполнительный директор
Российской академии
транспорта.

Дискуссии о необходимости восстановления эффективной системы государственного регулирования и координации работы промышленного транспорта идут давно. Однако вопрос остается нерешенным, несмотря на свою важность, особенно в контексте происходящих в стране перемен.

В транспортном комплексе Российской Федерации роль промышленного транспорта весьма значительна. На рис. 1 показана доля различных видов транспорта в общем объеме грузоперевозок.

Из представленной диаграммы видно, что только на железнодорожный промышленный транспорт приходится более 26% от общего объема перевозок. По объему перевозок он превосходит железнодорожный транспорт общего пользования почти в 3 раза, хотя по грузообороту значительно уступает, поскольку более половины всех предприятий имеют протяженность железнодорожных путей менее 3 км, и только 1,5% — более 300 км (рис. 2).

Свыше 90% грузопотоков страны зарождаются и погашаются на грузовых фронтах промышленных предприятий различной формы собственности, имеющих в своем распоряжении определенные виды промышленного транспорта, в частности железнодорожный.

По данным за 2020 г., эксплуатационная длина железнодорожных подъездных путей промышленного железнодорожного транспорта составила 35 тыс. км, общий парк локомотивов — 9,2 тыс.

единиц, из которых 7,1 тыс. — тепловозы, 2,1 тыс. — электровозы. Средний возраст локомотивов достиг 28 лет [1].

Промышленные железные дороги в отличие от магистральных характеризуются большим разнообразием эксплуатационных условий. В частности, осевые нагрузки здесь могут меняться в пределах от 50 до 600 и более кН. Имеются специальные транспортные агрегаты массой 2500–3500 т, у которых нагрузка на колесо достигают 2000 кН и даже более. Такие параметры наблюдаются, например, на стартовых устройствах космических комплексов, судоподъемниках, шлюзовых и водопропускных устройствах. Незначительное влияние на эксплуатацию пути могут оказывать и технологические условия.

К промышленному относится также автомобильный транспорт. Он осуществляет внутривозовские и внутрикарьерные перевозки грузов и иное транспортное обслуживание. Общая протяженность автомобильных дорог предприятий составляет около 400 тыс. км, количество автотранспортных средств составляет более 1,1 млн единиц, годовой объем перевозок, выполняемых технологическим автомобильным транспортом,

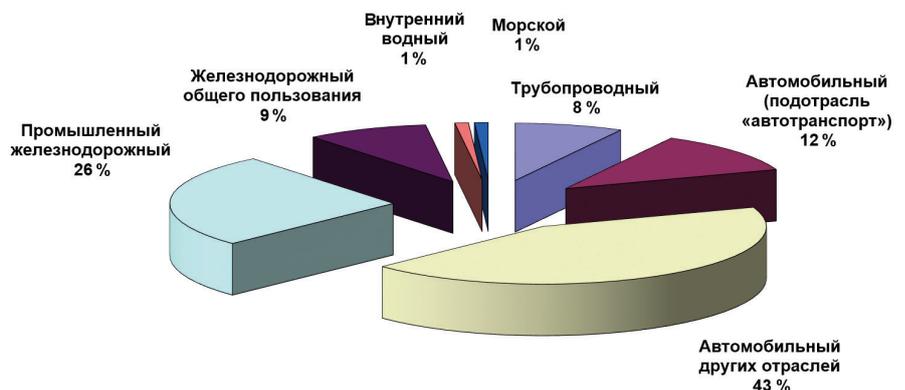


Рис. 1. Доля различных видов транспорта России в общем объеме грузоперевозок

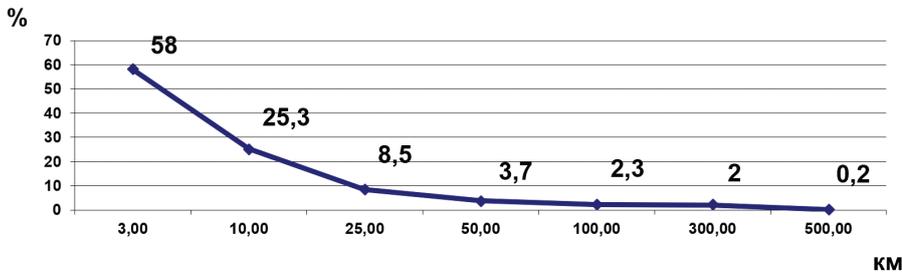


Рис. 2. Распределение предприятий России по протяженности железнодорожных путей

достигает около 7 млрд т. Это, главным образом, перевозки полезных ископаемых, продукции металлургии и отходов производства.

Кроме того, к промышленному относятся системы специального транспорта, функционирующие на предприятиях: конвейерные линии (общая длина более 5000 км), гидро- и пневмотранспортные установки (2000 км), грузовые подвесные канатные дороги (около 50 км). Здесь же необходимо отметить и грузовые фронты предприятий со средствами механизации погрузо-разгрузочных и складских работ.

Необходимо подчеркнуть, что в СССР существовала система государственного регулирования и координации работы промышленного транспорта. Их проводили Госплан, Госснаб, Госстрой, а также отраслевые министерства, в составе которых имелись специализированные подразделения.

Управление промышленным транспортом проивходило по двум ветвям. Основную образовывали нетранспортные министерства и ведомства. Промышленный транспорт этих отраслей был нецентрализован и управлялся по линии каждого ведомства отдельно. Транспорт этой ветви был представлен технически всеми видами.

Вторая ветвь была образована в Министерстве путей сообщения СССР. Промышленный транспорт МПС был централизован и управлялся по трехзвенной схеме: главное управление промышленного железнодорожного транспорта МПС — территориальные объединения — ППЖТ (предприятия промышленного железнодорожного транспорта).

В Советском Союзе промышленному транспорту уделялось большое внимание, в том числе в области научно-исследовательских работ и подготовки кадров. Были открыты кафедры промышленного транспорта в ряде транспортных и металлургических институтов. На базе Ленинградского института инженеров железнодорожного тран-

спорта (ЛИИЖТ, ныне ПГУПС) действовал диссертационный совет по защите докторских диссертаций по специальности «промышленный транспорт». По государственным заказам проводились научно-исследовательские и проектные разработки по созданию новой техники и инфраструктуры.

Исследования позволяли повысить безопасность движения, спрогнозировать совершенствование ходовых частей, определить основные направления снижения интенсивности износа и увеличения ресурса ходовых частей подвижного состава и основных элементов железнодорожного пути промышленных предприятий.

Эти исследования лежат в основе многих нормативных документов по промышленному и городскому рельсовому транспорту (ПТЭ, СНиП и т. п.). Результаты исследований использованы при совершенствовании транспорта металлургических заводов (в Череповце, Липецке, Новокузнецке, Мариуполе, Магнитогорске, Челябинске), горно-обогатительных комбинатов и угольных разрезов (в Оленегорске, Костомукше, на предприятиях КМАруда, Экибастузуголь) и многих других.

Научные исследования и проектные разработки по обоснованию конструкции пути и ходовых частей для передвижных миксеров грузоподъемностью 600, 420 и 150 т отмечены премией Совета министров СССР «За разработку, создание и внедрение семейства передвижных миксеров для перевозки расплавленного чугуна» (1983 г.).

Все это было возможным в первую очередь благодаря наличию централизованного управления со стороны государства (транспортных управлений ряда министерств, а в дальнейшем — управлений промышленного транспорта при министерстве транспорта).

Однако в 1992–1997 гг. централизованная структура управления промышленным транспортом была разрушена в связи с реорганизацией министерств

и ведомств. Бывшие ППЖТ стали самостоятельными акционерными обществами, объединившись в концерн «Промжелдортранс». Бывшие предприятия промышленного транспорта нетранспортных министерств и ведомств также были преобразованы в АО, как правило, входящие в состав обслуживаемых предприятий. В последующие годы они стали операторскими компаниями, создаваемыми с участием или на базе предприятий промышленного транспорта.

В июне 1998 г. на совещании в Минтрансе России по проблемам эффективности работы промышленного транспорта было отмечено, что все виды промтранспорта, независимо от формы собственности, характеризуются падением объема перевозок, старением основных фондов и квалифицированных кадров, отсутствием единой технической политики и нормативной базы развития, прекращением выполнения НИОКР и т. п. На совещании было принято решение, что промышленный транспорт является составной частью единой транспортной системы РФ и требует государственного регулирования.

В министерстве транспорта создали управление промышленного транспорта, за которым были закреплены функции государственного регулирования в данной сфере. В частности, у регулятора имелись следующие полномочия:

- разработка нормативно-правовой базы промтранспорта в условиях рынка;
- создание Правил технической эксплуатации промышленного транспорта;
- разработка технических паспортов предприятий промтранспорта;
- разработка положения о взаимодействиях предприятий промышленного транспорта и транспорта общего пользования;
- принятие методических указаний по определению тарифов и сборов;
- проведение научно-технической политики, оказание помощи предприятиям при внедрении новой техники;
- организация системы подготовки кадров;
- обеспечение добросовестной конкуренции;
- содействие в создании добровольных транспортных услуг.

В 2004 г. в результате административной реформы образована Федеральная служба по надзору в сфере транспорта, в том числе промышленного. Однако наряду с этим в дальнейшем по неиз-



вестным причинам управление промышленного транспорта в Минтрансе было ликвидировано.

В настоящее время в соответствии с Федеральным законом «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» № 17-ФЗ от 10 января 2003 г. [2] железнодорожный транспорт подразделяется на транспорт общего пользования, необщего пользования и технологический.

Железнодорожный транспорт общего пользования — это производственно-технологический комплекс, включающий в себя соответствующую инфраструктуру, подвижной состав, другое имущество, предназначенный для обеспечения потребностей физических и юридических лиц, а также государства в перевозках на условиях публичного договора, а кроме того, выполнения иных работ (услуг), связанных с такими перевозками.

Железнодорожный транспорт необщего пользования — это совокупность производственно-технологических комплексов, включающих в себя железнодорожные пути необщего пользования (широкой и узкой колеи), здания, строения, сооружения, в отдельных случаях — подвижной состав, а также другое имущество, предназначенных для обеспечения потребностей физических и юридических лиц в работах (услугах) в местах необщего пользования на основе договоров либо для собственных нужд.

К технологическому относится железнодорожный транспорт, непосредственно участвующий в технологическом процессе

предприятий и предназначенный для перемещения грузов на территории организаций и выполнения начально-конечных операций с железнодорожным подвижным составом для их собственных нужд.

Деятельность организаций железнодорожного транспорта необщего пользования, не регулируемая указанным Федеральным законом, регламентируется иными нормативными правовыми актами Российской Федерации. Действие закона № 17-ФЗ не распространяется и на функционирование технологического железнодорожного транспорта организаций.

Таким образом, огромная часть железнодорожного транспорта осталась вне государственного регулирования, а само понятие «промышленный транспорт» вообще отсутствует в законе. Проблемы, появившиеся в связи с этим в транспортном комплексе страны, уже многократно обсуждались на совещаниях, конференциях и в печати.

Между тем ученые и специалисты, работающие в этой области, пришли к единому мнению, что под термином «промышленный транспорт» следует понимать комплекс машин, сооружений и устройств, обеспечивающий внешние и внутренние, в том числе технологические, перевозки грузов, а также погрузочно-выгрузочные операции на грузовых фронтах и в пунктах промышленных предприятий, на грузовых терминалах, складах, в морских и речных портах, шахтах, на рудниках, угольных разрезах и т. п.

При этом, исходя из закона, под промышленным железнодорожным транспортом следует понимать железнодорожный транспорт необщего пользования и технологический железнодорожный транспорт организаций, состоящий из инфраструктуры и подвижного состава колеи 1520 и 750 мм [3].

Среди проблем железнодорожного транспорта необщего пользования выделяются отсутствие единой прозрачной системы тарифного регулирования, создающей стимулы и возможности для обновления подвижного состава; категорирование субъектов железнодорожного транспорта необщего пользования; определение статуса оказываемых услуг, порядка и критериев разграничения между путями общего и необщего пользования.

Особо остра проблема обновления парка тягового подвижного состава и продления его срока службы у предприятий промышленного железнодорожного транспорта. Значительная часть локомотивов находится за пределами назначенного срока службы (без учета дополнительного срока службы после продления) и потребует замены на горизонте до 2035 г. [1].

В Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г. ставятся такие долгосрочные цели развития транспортной системы, как повышение пространственной связанности и транспортной доступности территорий; увеличение объема и скорости транзита грузов и развитие мультимодального транспорта.



тимодальных логистических технологий; цифровая и низкоуглеродная трансформация отрасли; ускоренное внедрение новых технологий и др.

Реализация Транспортной стратегии должна сформировать единое транспортное пространство Российской Федерации — территории, на которой обеспечено функционирование единой сбалансированной системы транспортных коммуникаций, интегрированной системы товарно-транспортной технологической инфраструктуры всех видов транспорта и грузовладельцев, применение единых стандартов технологической совместимости различных видов транспорта, оптимизирующих их взаимодействие, единых стандартов технической совместимости различных видов транспорта и транспортных средств, а также единой информационной среды технологического взаимодействия различных видов транспорта.

В частности, документ указывает: «Предприятиям транспортной отрасли и их инвесторам должны быть созданы условия для повышения производительности труда и снижения себестоимости транспортных услуг; повышения фондоотдачи инфраструктуры транспорта; снижения энерго- и углеродоемкости; повышения инвестиционной привлекательности транспортной отрасли; развития эффективных и предсказуемых механизмов регулирования, а также механизмов государственно-частного партнерства; повышения профессионализма сотрудников и их социальной

защищенности; повышения доступности технологических, финансовых и трудовых ресурсов» [1].

Исходя из целей Транспортной стратегии, основной проблемой промышленного транспорта ныне является отсутствие государственного централизованного регулирования. Нужна система подготовки кадров для данной транспортной отрасли, необходимо реанимировать научные школы, развивать проектные организации, целесообразна разработка нормативных документов, регламентирующих работу промышленного транспорта, обеспечивающих эффективное взаимодействие с производственными подсистемами и магистральными видами транспорта, безопасность перевозочного процесса.

Насущным вопросом становится наделение Минтранса и Ространснадзора исчерпывающими полномочиями по регулированию деятельности промышленного транспорта.

Также необходимо отметить важность соответствующего периодического обучения работников железнодорожного транспорта, связанных с безопасностью движения или погрузкой-выгрузкой вагонов и контейнеров в связи с требованиями Правил технической эксплуатации.

Отсутствие государственного контроля и четких требований регламента к проведению курсов повышения квалификации и обучению указанных категорий железнодорожников привело к тому, что на рынке образовательных

услуг возникли предприятия, не имеющие достаточного методического опыта, материальной базы, квалифицированного и компетентного преподавательского персонала, с пониженной планкой ответственности за результаты обучения.

Как правило, образовательные услуги оказываются по демпинговым ценам, что вытесняет из этого процесса университеты. Безусловно, такая практика отрицательно сказывается на реальной безопасности движения как промышленного, так и магистрального транспорта.

Необходимо восстановить государственный контроль и повысить статусные требования к излагаемым процессам с целью кардинального повышения безопасности движения на железных дорогах Российской Федерации. ■

Источники

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZl0OpQhLL0nUT91RjCbeR.pdf> (дата обращения 23.02.2024).
2. Федеральный закон «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» от 10.01.2003 № 17-ФЗ (последняя редакция). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40443 (дата обращения 23.02.2024).
3. Андреева Л. А., Дудкин Е. П. Российский промышленный транспорт: состояние и перспективы // Транспорт РФ. 2011. № 3 (34). С. 64–66.

Методология достижения роста экономической эффективности транспортных систем на основе качественного совершенствования и интенсификации использования инфраструктуры



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



А. Д. Разуваев,
канд. экон. наук, доцент
кафедры «Экономика
транспортной
инфраструктуры
и управление
строительным бизнесом»
РУТ (МИИТ)

Важная и многоаспектная экономическая роль транспортной инфраструктуры обуславливает актуальность углубленного теоретического осмысления эмпирических результатов работы транспортных систем и формирования методологии достижения роста их экономической эффективности, основанного на качественном совершенствовании инфраструктуры и повышении интенсивности ее использования.

Состояние и интенсивность использования транспортной инфраструктуры имеют ключевое значение для социально-экономического развития [1, 2], успешного ведения предпринимательской деятельности [3] и эффективности самих транспортных компаний [4, 5]. Эмпирические исследования (на примере железнодорожного транспорта) позволили выявить цикл роста эффективности транспортных систем, ключевую роль в котором играют совершенствование и интенсификация использования инфраструктуры [6].

Сущность качественного совершенствования транспортной инфраструктуры

Под качественным совершенствованием транспортной инфраструктуры с экономической точки зрения следует понимать такое изменение ее технических характеристик, которое позволяет увеличить объемы и качество перевозок с достижением статистически значимого улучшения экономических показателей деятельности транспортной системы.

При таком инфраструктурном развитии должно достигаться полное удовлетворение спроса на перевозки, в том числе связанного с изменением пространственной конфигурации транспортного рынка, причем не только в краткосроч-

ном периоде, но и в перспективе. При этом следует отметить, что качественное развитие инфраструктуры различных видов транспорта способствует гармонизации инфраструктуры единой транспортной системы.

Однако, как выявлено в исследовании [5] на примере инфраструктуры железнодорожного транспорта, в последние годы возникли тенденции снижения удельного веса инфраструктуры в общем объеме основных фондов и балльных оценок уровня ее развития, ограничивающие уровень качества транспортного обслуживания пользователей.

Также немаловажным аспектом качественного совершенствования транспортной инфраструктуры является ее ценность [4], формирование которой связано с развитием качественных характеристик инфраструктуры в рамках реагирования на потребности пользователей транспортными услугами. Следовательно, совершенствовать транспортную инфраструктуру необходимо на постоянной основе и на долгосрочном горизонте планирования.

Долгосрочной основой роста и поддержания конкурентоспособности транспортных систем является повышение объемных показателей (грузо- и пассажирооборота) в сочетании с ростом скоростей перевозок [7–9]. Что касается объемов перевозок, то они напрямую за-

висят от уровня развития и фактического состояния транспортной инфраструктуры, определяющих провозную способность магистральных линий.

Реализуемые скорости зависят не только от конструктивных характеристик транспортной инфраструктуры, но и от ее фактического состояния и организации использования, что определяет скоростную эффективность транспорта — соотношение фактически реализуемых и допустимых скоростей движения транспортных средств [10].

Таким образом, качественное совершенствование транспортной инфраструктуры должно включать и повышение ее расчетных характеристик с точки зрения объемов и скорости перевозок, и улучшение фактического состояния, позволяющее минимизировать разрыв между расчетными и реализуемыми параметрами функционирования, прежде всего — в аспекте скоростей. Первая часть этой двуединой задачи должна решаться в рамках инвестиционных программ и проектов, вторая — в рамках надлежащей организации содержания и ремонта инфраструктурных объектов. Но обе они должны основываться на инновационных подходах, спектр которых в современных условиях достаточно широк [11–13]. Чтобы отбирать и реализовывать наиболее перспективные и потенциально эффективные инновационные решения, следует использовать научно обоснованную методологию оценки социально-экономической перспективности транспортных инноваций [14, 15], которая показала применимость для оценки предлагаемых инновационных решений по инфраструктуре [16, 17].

Механизм инфраструктурно-экономической трансмиссии

Переход качественного совершенствования и последующей интенсификации использования транспортной инфраструктуры в улучшение экономических результатов деятельности транспортной системы может быть представлен в виде модели инфраструктурно-экономической трансмиссии (рис. 1).

В современной экономической теории и практике трансмиссионный механизм, основанный на кейнсианских подходах, применяется в сфере денежно-кредитной политики [18, 19]. Представляется, что в сфере отраслевой экономики, в том числе транспортной, такой механизм также нуждается в разработке, но его содержа-



Рис. 1. Модель инфраструктурно-экономической трансмиссии

ние должно быть, конечно, иным. Учитывая высокую инфраструктуроемкость транспорта, особенно железнодорожного [5], в качестве исходного момента повышения экономической эффективности его деятельности следует рассматривать именно инфраструктурный фактор.

Под механизмом инфраструктурно-экономической трансмиссии на транспорте следует понимать систему показателей состояния и использования инфраструктуры и подвижного состава (транспортных средств), экономических показателей, а также последовательность связей между ними, через которую качественное совершенствование транспортной инфраструктуры влияет на экономическую эффективность функционирования транспортной системы. Экономическая эффективность функционирования транспортной системы, как обосновано в [20], определяется комбинацией следующих показателей:

- доходы и расходы по перевозочной деятельности;
- положительные и отрицательные экстерналии, вызываемые перевозочной деятельностью;
- капитал, вложенный в транспортную систему.

В общем случае механизм инфраструктурно-экономической трансмиссии действует следующим образом.

Первая фаза. Качественное совершенствование состояния транспортной ин-

фраструктуры обеспечивает улучшение скоростных и мощностных характеристик использования подвижного состава. На железнодорожном транспорте это может выражаться, например:

- в увеличении нагрузки вагонов при росте допустимых по состоянию инфраструктуры осевых нагрузок;
- увеличении состава поезда при удлинении приемо-отправочных путей на станциях;
- повышении веса и скорости движения поездов при электрификации железнодорожных линий;
- повышении скоростей движения поездов при улучшении текущего состояния пути и снятии ограничений скорости и т. д.

В результате улучшаются и интегральные показатели качества использования подвижного состава — производительность вагонов и локомотивов. Показательны результаты корреляционно-регрессионного анализа, свидетельствующие о том, что в 2004–2022 гг. изменения среднего веса поезда брутто на сети российских железных дорог более чем на 90% определялись ростом протяженности электрифицированных линий [6].

Так как в результате повышения веса и скорости движения транспортных средств увеличивается провозная способность путей сообщения [21], во второй фазе инфраструктурно-

экономической трансмиссии использование транспортной инфраструктуры интенсифицируется. В качестве показательного примера можно отметить, что в указанный период вариация среднесетевой грузонапряженности железных дорог более чем на 86 % определялась весом поезда брутто.

Таким образом, из приведенных примеров очевидно выстраивание цепочки последовательной трансмиссии: качественное совершенствование инфраструктуры (увеличение протяженности электрифицированных участков более чем на 1650 км в 2004–2022 гг.) внесло значимый вклад в повышение среднего веса поезда брутто (на 11,1 % за рассматриваемый период), что, в свою очередь, стало важным фактором роста среднесетевой грузонапряженности. Безусловно, данная цепочка — далеко не единственная, это лишь наглядный пример обоснованности выдвинутых теоретических положений о действии механизма инфраструктурно-экономической трансмиссии.

В третьей фазе инфраструктурно-экономической трансмиссии повышение интенсивности использования инфраструктуры увеличивает доходы в расчете на 1 км ее эксплуатационной длины, при этом снижается себестоимость перевозок [22, 23]. Другими словами, улучшаются экономические показатели транспортной системы, что способствует росту эффективности ее деятельности.

Одновременно это создает предпосылки для четвертой фазы инфраструктурно-экономической трансмиссии, связанной в том числе с вложением капитала, — дальнейшего совершенствования транспортной инфраструктуры и запуска нового цикла роста эффективности транспортной системы уже на качественно более высоком уровне.

Следует отметить важность формирования в рамках каждого такого цикла дополнительных положительных экстерналий от транспортной деятельности (внетранспортных эффектов), возникающих у потребителей транспортных услуг [2, 4], а также снижение отрицательных экстерналий. Так, качественное совершенствование автодорожной инфраструктуры позволяет снизить



Рис. 2. Цикл Деминга (PDCA)

вредные выбросы и потери времени, связанные с простоями автомобилей в пробках.

Вследствие высокой фондоемкости транспортной инфраструктуры [4, 5] и экономических особенностей ее создания и использования, которые отмечал еще Адам Смит [24] и подтверждают современные исследования [25, 26], качественное совершенствование здесь должно реализовываться в рамках стратегического планирования. И действительно, на практике развитие и улучшение состояния транспортной инфраструктуры определяется соответствующими стратегическими и долгосрочными программами в увязке с системными задачами по повышению эффективности транспортной деятельности [27–30], а осуществляется в процессе реализации этих программ.

Чтобы перейти от программных задач к разработке и реализации конкретных мероприятий, целесообразно использовать такой инструмент, как цикл PDCA (цикл Деминга) [31, 32], который уже адаптирован к транспортной сфере [33–35]. Цикл PDCA (рис. 2) является выражением концепции непрерывного совершенствования. Он включает четыре стадии.

На первой стадии (**Plan**) определяются цели и задачи, в том числе параметры качества, которые должны быть обеспечены, а также способы достижения поставленных целей.

Вторая стадия (**Do**) предполагает обучение и подготовку персонала и выполнение запланированных работ.

На третьей (**Check**) проверяются достигнутые результаты, в том числе эффективность их достижения. При этом выявляются не только отклонения от поставленных целей, но и причины этого. В частности, выявляются избыточные затраты ресурсов, определяются возможности оптимизации процесса и сокращения издержек.

Четвертая стадия (**Act**) основана на результатах третьей. Исходя из обнаруженных отклонений и их причин формируется перечень необходимых изменений, чтобы в будущем не допускать подобных недостатков. Но даже если все цели достигнуты, на данной стадии должна определяться возмож-

ность улучшений, которые позволили бы реализовать новый цикл с более высокой эффективностью. Стадия Act, таким образом, является основой стадии Plan следующего повторения цикла PDCA. Повторение данного цикла обеспечивает непрерывное повышение эффективности производства, качества производимых товаров и оказываемых услуг.

В рамках предложенной модели инфраструктурно-экономической трансмиссии использование циклов PDCA должно сыграть роль своеобразного передаточного механизма, трансформирующего стратегические задачи в конкретные мероприятия по настройке элементов цикла роста эффективности транспортной системы и обеспечивающего взаимодействие между ними с минимальным трением. При этом в качестве ключевого условия экономической эффективности такого взаимодействия следует выделить гармонизацию технико-технологических параметров инфраструктуры и подвижного состава, необходимую для получения максимальной отдачи от инвестиций в совершенствование конструкций и развитие этих основных составляющих транспортной системы [36].

Заключение

Разработанная модель инфраструктурно-экономической трансмиссии, обеспечивающей трансформацию качественного совершенствования и последующей интенсификации использования транспортной инфраструктуры в улучшение экономических результатов деятельности транспортной системы, является

методологической основой роста экономической эффективности функционирования транспортных систем на основе улучшения состояния и использования инфраструктуры.

Исходя из этой методологии для конкретных транспортных систем с учетом их специфики должны разрабатываться комплексные мероприятия, обеспечивающие эффективный переход от постановки стратегических задач к кардинальному улучшению экономических результатов. 

Источники

1. Могилевкин И.М. Глобальная инфраструктура: механизм движения в будущее / ИМЭМО РАН. М.: Магистр, 2010. 317 с.
2. Рышков А. В., Максимушкин В.А., Постников С.Б. Транспортная инфраструктура – основа долгосрочного социально-экономического развития // Экономика железных дорог. 2016. № 12. С. 12–20.
3. Мачерет Д.А. Инфраструктура российского транспорта в зеркале предпринимательских оценок // Транспорт РФ. 2017. № 3 (70). С. 37–40.
4. Ледней А.Ю. Разработка методических подходов к оценке экономической эффективности развития транспортной инфраструктуры с учетом объемов и неравномерности перевозок: дисс. ... канд. экон. наук: М.: РУТ (МИИТ), 2020. 176 с.
5. Разуваев А.Д. Долгосрочный анализ инфраструктурной составляющей основных фондов железнодорожного транспорта // Транспортное дело России. 2023. № 3. С. 167–171.
6. Мачерет Д. А., Рышков А.В., Разуваев А.Д. Влияние интенсификации использования железнодорожной инфраструктуры на экономические результаты перевозочной деятельности // Экономика железных дорог. 2024. № 1. С. 12–20.
7. Мачерет Д.А. Анализ долгосрочной динамики скоростей в грузовом движении // Железнодорожный транспорт. 2012. № 5. С. 66–71.
8. Мачерет Д. А., Разуваев А.Д. Экономическое значение трендов скоростей в грузовом движении // Экономика железных дорог. 2020. № 2. С. 16–27.
9. Мачерет Д. А., Валеев Н.А., Кудрявцева А.В. Методологический подход к экономической оценке результатов деятельности грузового железнодорожного транспорта // Экономика железных дорог. 2022. № 7. С. 16–28.
10. Лapidус Б. М., Мачерет Д.А. О повышении скоростной эффективности железнодорожного транспорта // Экономика железных дорог. 2012. № 7. С. 11–21.
11. Цыпин П. Е., Разуваев А.Д. Выгоды безбалластной конструкции пути для крупных транспортных объектов // Мир транспорта. 2017. Т. 15, № 3 (70). С. 132–138.
12. Лapidус Б.М. Будущее транспорта. Мировые тренды с проекцией на Россию. М.: Прометей, 2020. 226 с.
13. Разуваев А.Д. Экономическая оценка создания, эволюции и стратегического развития транспортной инфраструктуры (на примере железнодорожного транспорта). М.: Прометей, 2021. 286 с.
14. Измайкова А.В. Экономическая оценка перспективных инновационных проектов в сфере железнодорожного транспорта // Экономика железных дорог. 2015. № 12. С. 44–54.
15. Кудрявцева А.В. Методология оценки социально-экономической перспективности транспортных инноваций // Экономика железных дорог. 2017. № 4. С. 62–68.
16. Мачерет Д. А., Разуваев А.Д. Экономическая оценка инновационных конструкций пути // Экономика железных дорог. 2016. № 11. С. 56–60.
17. Титов Р.А. Оценка долгосрочной экономической перспективности интермодальной транспортной инфраструктуры // Экономика железных дорог. 2022. № 1. С. 46–57.
18. Meltzer A.H. Monetary, credit and (other) transmission processes: a monetarist perspective // J.Econ.Perspect. 1995. Vol. 9, No. 4. P. 49–72.
19. Синельникова-Мурылева Е., Ульянов Ф. Эволюция взглядов на каналы денежно-кредитной трансмиссии // Экономическое развитие России. 2016. Т. 23, № 10. С. 17–22.
20. Мачерет Д.А., Валеев Н.А. Методологические основы оценки экономической эффективности транспортных систем // Экономика железных дорог. 2022. № 5. С. 46–57.
21. Осьминин А.Т. Увеличение пропускных и провозных способностей за счет повышения эффективности перевозочного процесса и транспортного обслуживания // Бюл. ОУС ОАО «РЖД». 2018. № 2. С. 14–31.
22. Валеев Н.А. Управление эксплуатационными затратами железнодорожных компаний // Экономика железных дорог. 2017. № 12. С. 26–36.
23. Мачерет Д.А. Управление издержками и себестоимостью перевозок на железнодорожном транспорте с учетом конъюнктурных факторов // Экономика железных дорог. 2012. № 11. С. 31–51.
24. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов / пер. с англ. М.: Эксмо, 2009. 960 с.
25. Мачерет Д.А. Создание железных дорог и экономический рост // Мир транспорта. 2011. Т. 9, № 1 (34). С. 164–169.
26. Мачерет Д. А., Разуваев А.Д. Научные проблемы оценки экономической эффективности инвестиций в проекты транспортной инфраструктуры с длительным жизненным циклом // Бюл. УС АО «ИЭРТ». 2020. № 5. С. 31–44.
27. Лapidус Б. М., Мачерет Д.А., Елизарьев Ю.В. и др. Стратегическое развитие железнодорожного транспорта России. М.: МЦФЭР, 2008. 304 с.
28. Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года: утв. Распоряжением Правительства РФ от 19.03.2019 г. № 466-Р.
29. Мачерет Д. А., Ледней А.Ю. Перспективы развития транспортной инфраструктуры // Транспорт РФ. 2018. № 5 (78). С. 16–22.
30. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: утв. Распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 г. № 3363-р.
31. Нив Г. Организация как система: Принципы построения устойчивого бизнеса Эдвардса Деминга / пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. 370 с.
32. Михайлова Н. В., Фёдорова Л.А. Концепции У.Э.Деминга – «опорные точки» современной системы всеобщего управления на основе качества // Век качества. 2012. № 5/6. С. 33–37.
33. Лapidус Б.М. Экономические проблемы управления железнодорожным транспортом России в период становления рыночных отношений (системный анализ). М.: Изд-во МГУ, 2000. 301 с.
34. Мачерет Д. А., Рышков А.В., Валеев Н.А. и др. Управление экономической эффективностью эксплуатационной деятельности железнодорожного транспорта с использованием инновационных подходов. М.: РИОР, 2018. 212 с.
35. Титова В.И. Пути повышения качества грузовых перевозок // Экономика железных дорог. 2019. № 12. С. 59–68.
36. Мачерет Д. А., Кудрявцева А.В., Ледней А.Ю., Чернигина И.А. Общий технико-экономический курс железных дорог. М: МИИТ, 2017. 364 с.

Оценка перспектив сокращения межпоездных интервалов за счет применения новых технологий интервального регулирования



А. С. Мишарин,
д-р техн. наук, президент
Российской академии
транспорта,



Н. Г. Шабалин,
д-р техн. наук, начальник
департамента научных
исследований, аналитики
и совершенствования
научно-технической
деятельности АО «Научно-
исследовательский
и проектно-конструктор-
ский институт информа-
тизации, автоматизации
и связи на железнодорожном
транспорте»,



С. В. Бушуев,
канд. техн. наук,
проректор по научной
работе Уральского
государственного
университета путей
сообщения

В условиях динамично и неравномерно изменяющихся объемов перевозок вопросы ускоренного наращивания провозной и пропускной способностей отдельных участков железных дорог и даже целых направлений крайне актуальны.

Ресурс мер, направленных на повышения веса и длины поездов, использовался долгие годы, и в значительной степени уже исчерпан. При этом достижения в области информационных технологий [1], современных систем интервального регулирования и автоведения поездов, а также значительное покрытие участков железной дороги радиосвязью с возможностью цифровой передачи информации открывает возможности сократить межпоездные интервалы и повысить скорость движения [2, 3] как альтернативу строительству третьих путей при условии усиления систем тягового электроснабжения.

Концепция внедрения на сети железных дорог комплексной технологии интервального регулирования движения поездов [4] предусматривает исчерпывающие направления для снижения межпоездного интервала:

1) повышение скорости движения на желтый сигнал до 80 км/ч при использовании режимов автоведения и приборов безопасности с расчетом допустимой кривой торможения, что регламентировано новой редакцией Правил технической эксплуатации железных дорог РФ;

2) развитие систем автоведения поездов для снижения потерь от преждевременного торможения при входе грузовых поездов на станцию;

3) развитие систем группового автоведения грузовых поездов — технологии «виртуальная сцепка» (ВСЦ) по типу «точка — точка» и «точка — многоточка» с целью сокращения межпоездного интервала, снижения неопределенности времени хода по перегону;

4) расширение применения новых систем автоматической блокировки без

проходных сигналов с подвижным блоком участком (АЛСО с ПБУ);

5) пакетный пропуск через временно однопутные перегоны с уменьшением интервалов между поездами за счет ВСЦ и автоблокировки с подвижным блоком участком;

6) развитие систем интервального регулирования на основе высокоточного глобального позиционирования и цифровой системы радиосвязи (систем радиоблокировки);

7) автоматизация стратегического и оперативного планирования движения поездов, информационная увязка оперативного планирования с системами автоведения поездов.

Массовое применение технологии группового автоведения (виртуальной сцепки) обеспечит поэтапный переход к гибридной технологии управления потоком поездов, существенно повысит пропускную способность железнодорожных участков, а также в перспективе позволит оптимизировать энергопотребление в пакете поездов с учетом возможностей инфраструктуры [5].

Для реализации всех преимуществ группового автоведения виртуальная сцепка должна позволять динамически объединять в группы поезда с системой автоведения разных производителей, менять число и состав поездов, входящих в группу. Ожидаемые преимущества технологии [6]:

- увеличение пропускной способности линии без необходимости строительства новых путей;
- сокращение межпоездного интервала;
- оптимальное использование станционных путей (части виртуально сце-

пленной группы поездов могут использовать разные платформы);

- возможность внедрения новых решений в области управления движением поездов;
- возможность использования групп поездов унифицированной длины вместо повышенной.

Следует подчеркнуть, что применение технологии виртуальной сцепки в настоящее время и обозримой перспективе ни в коем случае не отменяет применения систем автоматической блокировки, а наоборот, дополняет и позволяет повысить эффективность их применения за счет понимания системой автоведения не только инфраструктурных ограничений, но и динамики как впереди идущего поезда, так и группы поездов в будущем.

Для сравнения на рис. 1 представлены расчетные интервалы систем для четырех вариантов интервального регулирования на двухпутном участке:

- 1) трехзначная автоблокировка с трехблочным разграничением (рис. 1а);
- 2) трехзначная автоблокировка с сокращением интервала до двухблочного разграничения за счет применения ВСЦ (рис. 1б);
- 3) система интервального регулирования движения поездов АЛСО с ПБУ на базе АВТЦ-МШ (микропроцессорная автоблокировка с тональными рельсовыми цепями и централизованным размещением аппаратуры в монтажных шкафах на прилегающих станциях) и применением АЛСН (рис. 1в);
- 4) АЛСО с ПБУ на базе АВТЦ-МШ и применением АЛС-ЕН (рис. 1г).

Наименьший интервал между поездами (4–5 мин.) среди тиражируемых систем автоблокировки позволяет обеспечить АВТЦ-МШ с подвижным блоком-участком и каналом АЛС-ЕН [7].

В зависимости от задачи, решаемой при организации движения поездов, на практике для оценки пропускной способности участка применяют расчетные [8], графоаналитические [9] и имитационные модели [10–12]. Например, для определения устойчивости графика движения поездов, а также при установлении набора технических средств, разработанных АО «НИИАС» для грузового и пассажирского движения, активно внедряемых на сети железных дорог, используется набор программных средств имитационного моделирования на разных этапах проектирования.

Для анализа исполнимости интервалов, обеспеченных существующими

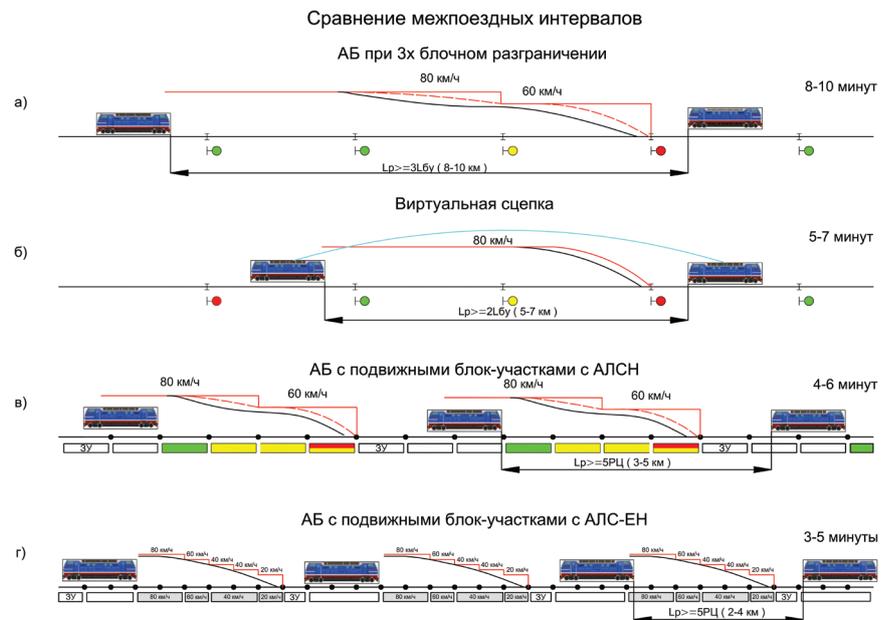


Рис. 1. Сравнение межпоездных интервалов системы интервального регулирования движения поездов (СИРДП): а) трехзначная автоблокировка с трехблочным разграничением; б) виртуальная сцепка; в) автоблокировка с подвижными блок-участками с АЛСН; г) автоблокировка с подвижными блок-участками с АЛС-ЕН

и проектируемыми СИРДП, и анализа их устойчивости применяется комплекс имитационного моделирования работы железнодорожных станций и участков (МСУ) [13, 14], который позволяет разработать подробную модель участка с описанием архитектуры устройств СЦБ и логики работы, а также воссоздать факторы реальной эксплуатационной работы.

Особенностью программного продукта является возможность представлять в интерактивном режиме сигнализацию локомотивного индикатора как для традиционной системы АЛСН, так и для современной АЛС-ЕН, включая таблицы сигнализации, применяемые на Московском центральном кольце (МЦК), участке Журавка (ЮВЖД) — Милерово (СКЖД) и БАМЕ.

Учитывая востребованность сокращения интервалов в период окон, институт АО «НИИАС» разработал и применил на всей сети РЖД систему макро моделирования работы полигонов ВГДП ИСУЖТ [15] (внедрена в 2023 г. и включена как обязательный элемент Методики определения оптимальных схем предоставления времени для ремонта и содержания инфраструктуры на основных направлениях сети, утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» № 3189р от 15 декабря 2023 г. [16]).

АО «Институт экономики и развития транспорта» использует работы АО «НИИАС» в части моделирования интервалов при расчете прогнозных параметров пропускной способности на конкретных

участках железных дорог. Эти работы лежат в основе разработки разделов «Организация движения поездов» в перспективных проектах развития инфраструктуры сети.

Комплексное моделирование, включающее разработку сценариев реализации графика движения поездов и имитацию работы станций и участков, позволяет определить необходимый перечень технических и технологических мероприятий для реализации того или иного сценария работы полигона. В частности, такое комплексное моделирование на разных уровнях детализации сообщает о потребности в применении конкретного типа систем железнодорожной автоматики (ЖАТ), отвечающего требованиям к пропускной способности участков полигона, о наиболее рациональной схеме работ в инфраструктуре на планируемый поездопоток, а также предоставляет данные о необходимом путевом развитии станций и потребности в ресурсах (локомотивах, бригадах в парках станций и пр.).

Перечисленные системы имитационного моделирования (ВГДП ИСУЖТ и МСУ разработки АО «НИИАС»), образующие единую систему комплексного моделирования, являются стратегическими и определяют организацию движения и требуемое ресурсное и инфраструктурное обеспечение полигона на горизонтах от месяца до 5–10 лет. Например, для формирования плана модернизации устройств ЖАТ на Восточном полигоне



Рис. 2. Алгоритм мероприятий по модернизации устройств ЖАТ на Восточном полигоне

реализован алгоритм, представленный на рис. 2.

Вместе с тем, для решения других задач при комплексном анализе потоков поездов на конкретных участках в реальном времени могут использоваться и иные системы моделирования. В частности, динамическая модель загрузки инфраструктуры РЖД (ДМ ЗИ) на основе макромоделирования [17] позволяет определять действующую загрузку элементов сети с учетом планируемых вагонопотоков и плана формирования поездов, а работникам ЦФТО на основе этих данных — принимать решения о возможности согласовать перевозку по поданной заявке формы ГУ-12 в соответствии с заявляемым графиком перевозки. При этом загрузка на каждом из элементов сети оценивается исходя из отношения плановой загрузки элемента к действительной пропускной способности. Такой подход также позволяет в случае перегрузки отдельных элементов согласовывать альтернативные маршруты и время отправки.

Для оперативного планирования пропуска поездопотока существует макромодел в системе ЭЛБРУС-М, которая опирается на метод участковых скоростей для диагностики перевозочного процесса сети железных дорог [18]. Участковая скорость как комплексный показатель организации движения позволяет с высокой степенью достоверности определять ограничивающие элементы пропускной способности на основе исполненного и прогнозного графика движения поездов и, разобрав-

шись в причинах, оперативно принимать решения для их устранения.

Сегодня комплекс МСУ, разработанный АО «НИИАС», — это основная автоматизированная система, которая позволяет повысить точность выявления ограничивающих элементов до блок-участка с учетом особенностей любой системы интервального регулирования движения поездов и сравнить варианты решения проблемы при применении инновационных систем автоблокировки.

В то же время для анализа эффективности использования СИРДП на конкретном железнодорожном участке с учетом всех действующих эксплуатационных факторов потребовалась модель, опирающаяся на данные о реальной скорости поездов разных категорий в каждой точке пути, длине блок-участков на перегоне, маршрутах приема и отправления.

Такая модель с учетом особенностей и практики Свердловской железной дороги разработана в Уральском государственном университете путей сообщения при поддержке ОАО «РЖД» (грант на развитие научных школ), АО «НИИАС» и НПО «САУТ». В качестве исходной информации использованы данные за 8 суток работы двухпутного грузонапряженного участка (около 1 тыс. поездов) путем конвертации данных автоматизированных систем ГИД-Урал, АСУТ-НБД2, АСУ-ДИ.

Модель объединила и синхронизировала данные о весе и длине поезда, всех параметрах движения локомотива, включая ординату, скорость и сигналы

локомотивной сигнализации в каждый момент времени на исследуемом участке, местоположение входных, выходных и проходных сигнальных точек, ограничения скорости, данные официальных тяговых расчетов в системе ИСКРА-ПТР. Такой набор данных позволяет оценить не только расчетный интервал существующей автоблокировки, но и требуемый системой интервального регулирования по условиям обеспечения безопасности интервал за хвостом каждого конкретного поезда на каждом блок-участке с учетом фактической скорости и длины поезда:

$$I_{j,x} = \sum_{i=1}^x t_{j,i\text{БУ}} + t_{j\text{осв}}$$

где $I_{j,x}$ — интервал j -го поезда на конкретном блок-участке автоблокировки;

$t_{j,i\text{БУ}}$ — время проследования j -го поезда i -го блок-участка при x разграничивающих;

$t_{j\text{осв}}$ — время освобождения блок-участка j -м поездом.

На самом деле следующий поезд не сможет появиться на заданном блок-участке ранее рассчитанного по формуле интервала, так как будет остановлен системой автоблокировки. Этот подход позволяет посчитать интервалы не только для существующей трехзначной автоблокировки, но и, наложив правила других СИРДП, оценить, как будет работать участок при тех же условиях движения поездов.

Подробнее рассмотрим формирование межпоездного интервала при движении по участку. На рис. 3а приведены

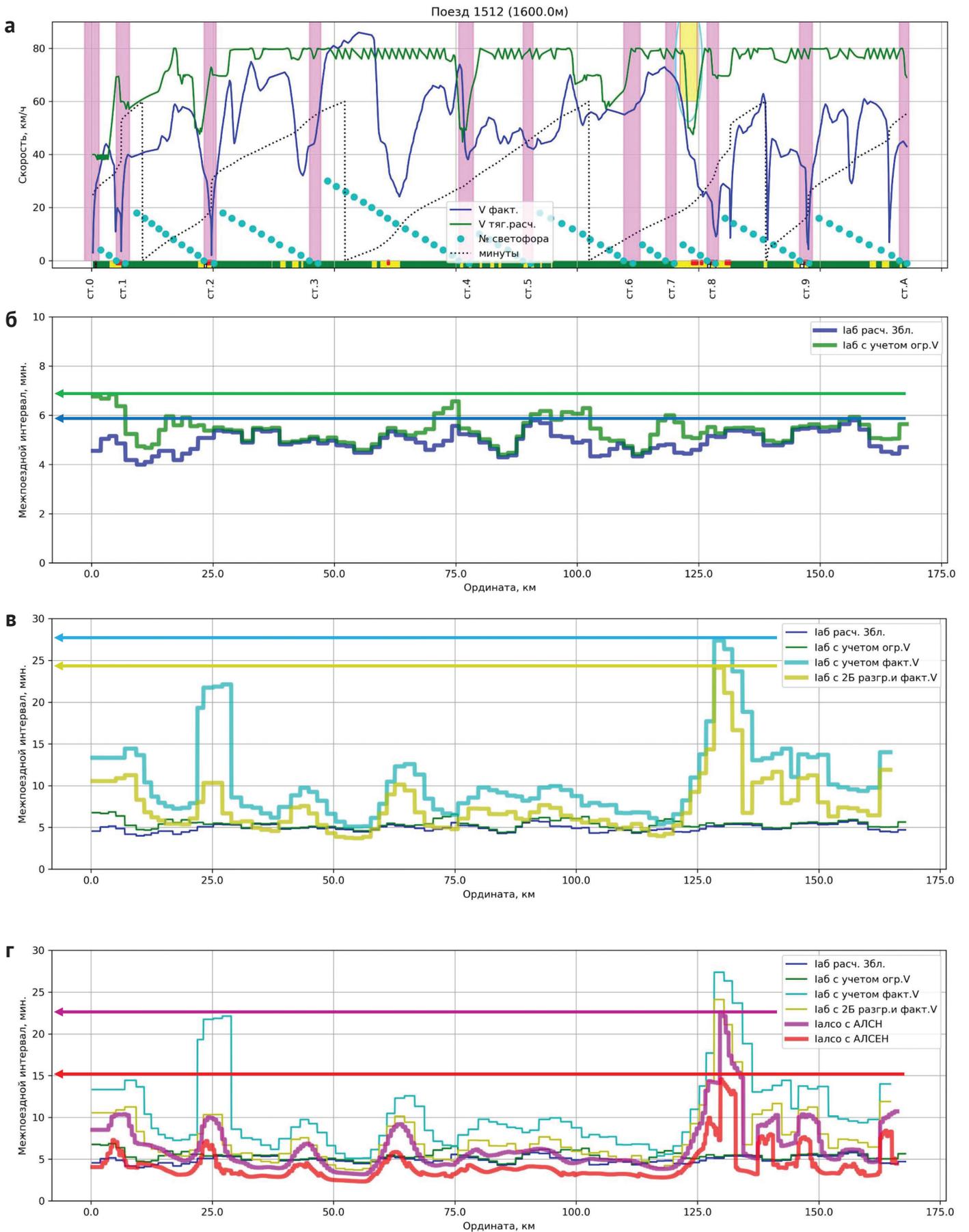


Рис. 3. Результаты расчетов интервала при движении поезда в реальных условиях эксплуатации: V – скорость движения фактическая или по тяговому расчету, станции выделены пурпурным цветом; № светофора – положение светофоров, сигналы АЛС отображены на индикаторе показания 3, Ж, КЖ, Б, ограничение скорости показано желтым цветом в красной рамке; $I_{аб}$ – требуемый интервал за хвостом поезда в зависимости от СИРДП

исходные данные для расчетов на всем участке следования поезда.

На межпоездной интервал реального участка влияет длина блок-участков по проекту, и на рис. 3б видно, что расчетный интервал в разных точках пути то уменьшается до 4 мин., то увеличивается до 6 мин. Известно, что пропускную способность будет определять максимальный (ограничивающий) интервал. Таким образом, расчетный интервал при движении с установленной скоростью 80 км/ч на исследуемом участке составит 6 мин.

При расчете межпоездного интервала с учетом условно-постоянных ограничений скорости получаем рост интервала на участке до 7 мин. Однако наличную пропускную способность исследуемого участка определяют возможности станций, и по установленным нормам межпоездной интервал составляет 8 мин.

На рис. 3в к расчетным интервалам (графики зеленого и синего цвета) добавлены фактически допустимые интервалы при движении реального поезда по фактической кривой скорости (рис. 3а). Видно, что из-за остановок поезда продолжительностью до 10 мин. на перегоне ст. 8 — ст. 9 фактический интервал не может быть меньше 27 мин. при трехблочном разграничении, но за счет двухблочного разграничения интервал за хвостом рассматриваемого поезда может быть снижен до 24 мин.

В случае применения системы АЛСО с ПБУ даже в заданной технологической ситуации интервал еще снижается (рис. 3г). При применении АБТЦ-МШ с АЛСН может быть обеспечен интервал менее 23 мин., а с АЛС-ЕН — менее

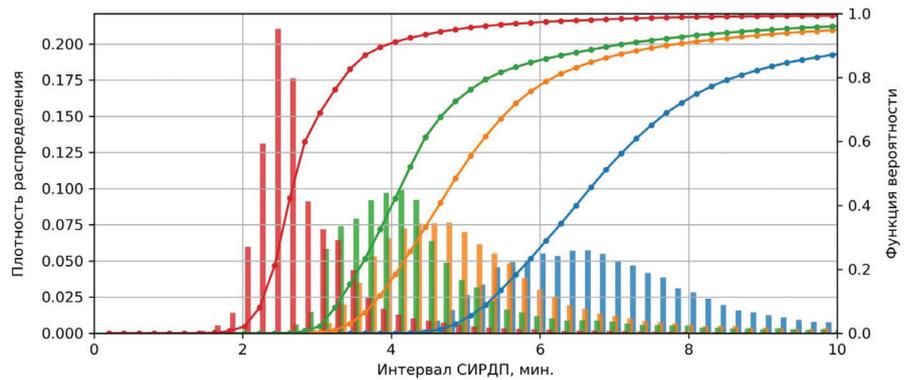


Рис. 4. Распределение минимальных межпоездных интервалов под влиянием всех действующих в эксплуатации факторов

15 мин., из которых 10 мин. составляет остановка на перегоне.

При движении потока поездов за счет технологических запасов времени продемонстрированные на рис. 3 проблемы увеличения интервала за хвостом конкретного поезда далеко не всегда превращаются в проблему необеспечения пропуска требуемого потока поездов.

На основе расчетов межпоездных интервалов для всех собранных в модели данных о движении поездов можно найти статистику межпоездных интервалов на исследуемом участке. Это, конечно, не позволяет однозначно оценить потерю пропускной способности в силу зависимости интервала за хвостом каждого конкретного поезда от поезда ситуации на впередилежащих участках, но можно сравнивать эффективность СИРДП в заданной поезда ситуации.

Построим плотность распределения минимальных межпоездных интервалов

в зависимости от СИРДП и функцию вероятности, что выбранный случайным образом поезд в случайной точке пути обеспечит при заданной СИРДП интервал менее заданного. На рис. 4 мы видим, что вероятность превышения межпоездного интервала над установленным нормативными документами в 8 мин. для трехблочного разграничения на заданном участке составит 25%, для двухблочного разграничения — 10%, для АЛС-ЕН — менее 0,5%.

Также можно сделать вывод, что под воздействием всех имеющихся факторов АБТЦ с АЛС-ЕН обеспечат интервал 4 мин. с вероятностью более 90%. Аналогичную вероятность соблюдения межпоездного интервала при трехблочном разграничении трехзначная автоблокировка обеспечивает только при интервалах 10 мин. и более.

Полученные результаты позволяют предложить метод оценки узких мест в работе участка железной дороги по вероятности нарушения установленно-



Рис. 5. Индикатор вероятности потерь пропускной способности участка железной дороги

Выводы по результатам моделирования пропускания поездов через ограничивающий перегон

Показатели качества интервального регулирования	Традиционная автоблокировка	АБТЦ-МШ (АЛСН)	АБТЦ-МШ (АЛС-ЕН)
Максимальный интервал между поездами при выезде на неправильный путь перегона (I ПП), мин.	5,8	4,8 ↓	4,8 ↓
Максимальный интервал между поездами при въезде на станцию с неправильного пути перегона (I ПП), мин.	11,6	8,9 ↓	5,9 ↓ ↓
Суммарное время занятия главного пути перегона для пропускания пакета поездов одного направления (пакет из 6 поездов), мин.	89,6	76,4 ↓	57,8 ↓ ↓
Остановки на перегоне при следовании поездов по удалению	Допущены	Нет	Нет

го нормативными документами межпоездного интервала. Введем понятие «индикатор нарушения интервала» по следующим условиям: вероятность нарушения нормативного межпоездного интервала менее 1% — зеленый цвет, 1–10% — желтый; более 10% — красный.

Для сравнения приведем значения индикатора для каждого из четырех вариантов СИРДП и график средней скорости поездов на каждой рельсовой цепи исследуемого участка (рис. 5), из которого видно, что средняя скорость движения существенно снижается на участковых и технологических станциях, но она не однозначно отражает увеличение интервала между поездами и, как следствие, возникновение реальных затруднений в продвижении потока поездов. Это связано с возможностью парировать снижение скорости уменьшением длины блок-участков автоблокировки, например на подходах к станции. В тех местах участка, где это было жизненно необходимо в реальных условиях, такая мера уже реализована.

Таким образом, индикатор вероятно-сти нарушения нормативного интервала более четко указывает на места замедления поездопотока, чем средняя скорость на блок-участке автоблокировки.

С другой стороны, на рис. 5 наглядно видно, что трехзначная автоблокировка при коэффициенте загрузки пропускной способности исследуемого участка более 0,81 не справляется с обеспечением нормативного интервала 8 мин. практически по всей длине участка. Вероятность возникновения волны желтого огня и, как следствие, снижения скорости движения на протяженном участке очень высока, что в свою очередь приводит к росту межпоездного интервала сверх установленного нормативом.

Реальная ситуация по реализованным интервалам движения поездов на перегонах Восточного полигона, согласно исследованиям АО «НИИАС», представленная на рис. 6, также подтверждает вывод о невозможности реализации даже 8-минутного расчетного интервала на базе трехзначной автоблокировки.

Сокращение интервала между поездами до двух блок-участков за счет применения виртуальной сцепки значительно улучшает ситуацию, а применение АБТЦ-МШ в режиме АЛСО с ПБУ и АЛС-ЕН позволяет наверняка реализовать движение с установленным 8-минутным интервалом даже при влиянии всех эксплуатационных факторов.

Эффективность системы АБТЦ-МШ определяется ростом ее функциональности с 9 функций для массовой эксплуатируемой системы ЧКАБ с режимом только АЛСН до 33. Появились такие важные функции для обеспечения пропускной способности, как технология подвижного блок-участка, защитные участки разной длины и логическое резервирование отказывающей рельсовой цепи. Не менее важным является и сокращение эксплуатационных затрат при техническом обслуживании АБТЦ-МШ за счет снижения количества операций с 29 при ЧКАБ до 8.

В наиболее сложной технологической ситуации (ремонт инфраструктуры с закрытием одного из путей перегона) именно АБТЦ-МШ позволяет максимально сократить потери пропускной способности за счет снижения интервала между поездами (см. таблицу). Применение для этой же цели ВСЦ также сокращает потери количества пропускаемых пар поездов, но для получения синергетического эффекта наиболее эффективно сочетание этих систем.

Именно поэтому концепция интервального регулирования определяет необходимость внедрения на сети железных дорог автоблокировки с подвижным блок-участком. При этом предусматривается поэтапный переход к гибридной

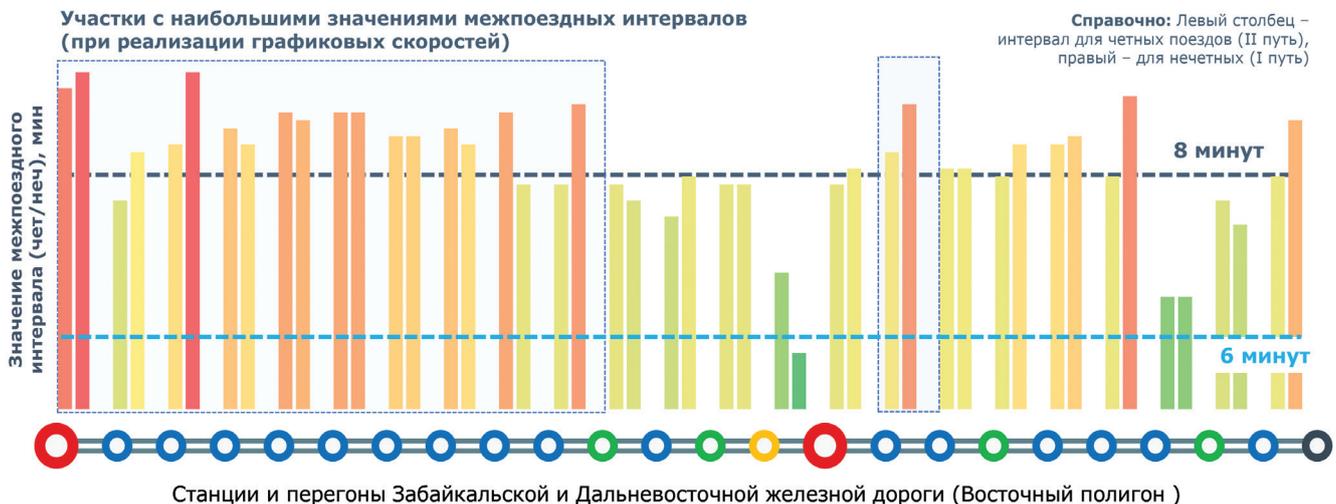


Рис. 6. Реализация минимальных интервалов движения на Восточном полигоне, исходя из скорости движения поездов



Рис. 7. Переход на гибридную систему управления движением на опытном участке МЦК

технологии управления на основе цифровой радиосвязи и систем глобального позиционирования [19]. Первый успешный опыт построения такой системы (рис. 7) реализован на МЦК в Московском транспортном узле на участке Черкизово — Андроновка.

Дальнейшее развитие гибридной технологии управления связано со следующими направлениями:

- 1) выход на участки, оборудованные старыми системами автоблокировки, и на малоделятельные участки для сокращения эксплуатационных затрат;
- 2) развитие станционных систем автоматики для возможности управления большими участками из единого центра с применением беспроводных технологий;
- 3) развитие бортовых систем обеспечения безопасности и автоведения в едином комплексе с централизованным управлением движением поездов;
- 4) внедрение дистанционного мониторинга и управления системами автоматики на основе сетей цифровой радиосвязи и технического зрения;
- 5) разработка технологии управления пакетами поездов с минимальными интервалами между ними и оптимизацией энергопотребления в пакете.

Перечисленные направления работы позволят повысить эффективность применения технологий ИРДП и обеспечить увеличение пропускной способности ограничивающих участков инфраструктуры железных дорог. ■

Источники

1. Мишарин А.С. Информационные технологии — главное условие совершенствования управления перевозками

// Железнодорожный транспорт. 2001. № 6. С. 12–19.

2. Бушуев С.В. Пути повышения провозной способности участков железных дорог // Автоматика на транспорте. 2022. Т. 8, № 4. С. 343–353. DOI 10.20295/2412-9186-2022-8-04-343-353.
3. Бушуев С. В., Голочалов Н.С. Анализ способов повышения пропускной способности железных дорог // Транспорт Урала. 2023. № 1 (76). С. 42–50. DOI 10.20291/1815-9400-2023-1-42-50.
4. Воронин В. А., Гургенидзе И.Р., Дежков М.А. и др. Комплексная технология интервального регулирования движения поездов. М.: Т8 Издательские технологии, 2023. 216 с.
5. Розенберг Е. Н., Озеров А.В., Панферов И.А. Комплексный подход к решению задачи повышения пропускной способности // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 8. С. 2–6. DOI 10.34649/АТ.2022.8.8.001.
6. Розенберг Е. Н., Розенберг И.Н., Озеров А.В. Комплексные решения по повышению пропускной способности железных дорог // Тр. АО «НИИАС». 2021. Т. 1, № 11. С. 32–47.
7. Воронин В.А. Многозначная АЛС на участках АЛСО с ПБУ // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 7. С. 2–5.
8. Бородин А. Ф. и др. Изменения в порядке определения пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД» // Бюл. Ученого Совета АО «ИЭРТ». 2022. № 7. С. 51–66.
9. Корниенко Н. В., Мехедов М.И. Выбор системы интервального регулирования движения поездов в условиях возрастающих потребностей освоения

прогнозируемых объемов перевозок // Вестн. ВНИИЖТ. 2022. Т. 81, № 1. С. 63–70. DOI 10.21780/2223-9731-2022-81-1-63-70.

10. Kozlov P. A., Misharin A.S. A two-level model for the management of railroad goods transportation // J.Comput. Syst. Sci. Int. 2002. № 5 (41). P. 803–811.
11. Козлов П. А., Колокольников В.С. Теоретические аспекты взаимодействия потока и элементов структуры в транспортных системах // Транспорт Урала. 2019. № 4 (63). С. 3–7. DOI 10.20291/1815-9400-2019-4-3-7.
12. Колокольников В. С., Слободянюк И.Г. Технология макро моделирования полигонов // Транспорт Урала. 2019. № 3 (62). С. 48–51. DOI 10.20291/1815-9400-2019-3-48-51.
13. Гургенидзе И. Р., Калинин С.В., Козловский А.П. и др. Моделирование движения поездов для заданных параметров на примере МЦК // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 6. С. 14–19. DOI 10.34649/АТ.2021.6.6.003.
14. Гургенидзе И. Р., Калинин С.В., Халевин Д.Ю., Козловский А.П. Комплекс имитационного моделирования работы железнодорожных станций и участков // Железнодорожный транспорт. 2021. № 12. С. 38–42.
15. Степанов А. В., Торорошенко С.В., Колемасов А.Д. Формирование плана «окон» с использованием ВГДП ИСУЖТ // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. М.: РУТ, 2021. С. 395–399.
16. Гургенидзе И.Р. Алгоритм выбора последовательности проведения работ на инфраструктуре при выполнении эксплуатационной работы // Железнодорожный транспорт. 2023. № 9. С. 19–23.
17. Осминин А. Т., Кабанов А.В. Динамическая модель загрузки инфраструктуры ОАО «РЖД» // Железнодорожный транспорт. 2021. № 8. С. 10–19.
18. Виноградов С. А., Мехедов М.И., Мугинштейн Л.А. и др. Метод участковых скоростей для диагностики перевозочного процесса сети железных дорог // Железнодорожный транспорт. 2022. № 4. С. 12–17.
19. Соколов И. А., Мишарин А.С., Куприяновский В.П. и др. Проекты цифрового транспорта с глобальными навигационными спутниковыми системами — путь к построению интегрированных систем цифрового транспорта // Int. J. Open Inform. Technol. 2019. Т. 7, № 1. С. 49–77.

Система мониторинга для обеспечения функциональной безопасности ответственного технологического процесса движения поездов



Е. Н. Розенберг,
д-р техн. наук, первый
заместитель генерального
директора АО «Научно-
исследовательский
и проектно-
конструкторский
институт
информатизации,
автоматизации и связи
на железнодорожном
транспорте»
(АО «НИИАС»),



З. Б. Хакиев,
канд. физ.-мат.
наук, заместитель
начальника научно-
технического комплекса
интеллектуальных систем
контроля и управления
АО «НИИАС»,



В. С. Кузьмин,
ведущий специалист
АО «НИИАС»

В настоящее время необходимо сформировать новую стратегию обеспечения безопасности ответственного технологического процесса движения поездов и найти технические решения, способные в реальном времени всесторонне анализировать изменения характеристик инфраструктуры и окружающей среды на предмет возникновения рисков.

Современный этап развития технических средств железнодорожного транспорта характеризуется активным применением современных цифровых решений, внедрением систем радиоблокировки и комплексных систем с использованием радиоканала — «виртуальной сцепки», реализацией проектов полной автоматизации процесса ведения поезда на основе систем машинного зрения [1, 2]. При этом в рамках ответственного технологического процесса движения поездов продолжают применяться системы регулирования, способные обнаруживать ограниченный набор переменных препятствий движению подвижного состава (ПС) по заданному маршруту с максимальными скоростями, например, другой подвижной состав или излом рельса.

Между тем на уровень допустимой скорости и маршруты передвижений ПС могут влиять и иные факторы, связанные с отклонением собственных параметров задействованной стационарной инфраструктуры, подвижного состава и возимого оборудования от допустимых значений. Случаи изменения алгоритма функционирования самих систем регулирования движения поездов, а также нынешний уровень производственного травматизма требуют от разработчиков систем регулирования и управления на железнодорожном транспорте поиска и реализации новых методов обеспечения нормативного уровня безопасности ответственного технологического процес-

са движения поездов за счет обеспечения функциональной безопасности [3, 4].

Основным источником информации о внешней среде и текущем техническом состоянии железнодорожной инфраструктуры, задействованной в ответственном технологическом процессе и оказывающей влияние на уровень его безопасности, следует считать системы технической диагностики и мониторинга (СТДМ). В настоящее время они применяются для организации процесса технического обслуживания оборудования методом «по состоянию» [5–7]. Несмотря на наметившийся переход к интегрированным техническим решениям (средства контроля технического состояния все чаще объединяются непосредственно с контролируемыми объектами в рамках единого программно-аппаратного комплекса), информация от СТДМ пока не используется для формирования приказов разрешения на движение в системах регулирования и управления движением поездов [8].

Следует отметить, что ранее вопросы обеспечения функциональной безопасности для железнодорожного транспорта разрабатывались прежде всего в отношении таких объектов, как отдельные компоненты, конструктивные узлы и блоки систем автоматики и телемеханики [9]. Использование методов обеспечения функциональной безопасности по отношению к таким сложным объектам, как оборудованные средствами автоматизации железнодорожные линии или в целом сети железных дорог, ранее не рассматривалось.

Между тем такой подход представляется актуальным, поскольку оборудованные средствами автоматизации железнодорожная линия или сеть дорог представляют собой не что иное, как функционально законченное устройство, и от классических предметов рассмотрения функциональной безопасности отличаются только уровнем сложности своей структуры. По отношению к подобным объектам вполне справедливы суждения об их устойчивости и безопасности.

Учитывая это, требуется пересмотреть основные концептуальные положения теории обеспечения функциональной безопасности и перенести их на новый, полигонный уровень. Для этого первоначально следует определить потенциал применения данных, получаемых от СТДМ для обеспечения безопасной реализации технологического процесса движения поездов.

Проблема обеспечения функциональной безопасности технологического процесса движения поездов

Одной из базовых составляющих обеспечения функциональной безопасности рассматриваемого ответственного технологического процесса являются системы регулирования и управления движением поездов. Большинство из них, эксплуатируемых в настоящее время, характеризуются достаточно простыми, жесткими (закрепляемыми на весь период эксплуатации) логическими функциями безопасности, базирующимися на анализе текущей, а в ряде случаев и предшествующей поездной обстановки, а также текущего состояния элементов инфраструктуры железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ).

При синтезе таких систем всегда рассматривался весьма ограниченный набор опасных дестабилизирующих факторов. При этом предполагается, что внешняя среда — иная инфраструктура железнодорожного транспорта, техническое обслуживание, ремонт и пр. — практически не изменяется во времени и вследствие этого не оказывает влияния на функционирование систем и устройств обеспечения безопасности движения поездов. Это положение подтверждается результатами анализа современного уровня техники в данной области, изложенными в ряде работ [10–12].

Полагаем, что такой подход не совсем корректен. Условия окружающей среды, в которой эксплуатируются системы ре-

гулирования и управления движением поездов, существенно изменяются за срок их эксплуатации. В частности, меняется уровень квалификации персонала, возникают риски вмешательства в работу оборудования с целью перевода технологического процесса движения поездов в опасное состояние, появляются новые виды рисков, которые ранее не учитывались при создании систем обеспечения безопасности движения поездов.

При этом частота выявления новых рисков постоянно увеличивается, поэтому можно утверждать, что используемые функции безопасности должны непрерывно совершенствоваться, учитывая факторы, связанные с окружающей по отношению к системам регулирования и управления движением поездов средой.

Влияние новых рисков разработчики стремятся компенсировать развитием системы терминалов для сбора и обработки информации о текущем состоянии объектов инфраструктуры. При этом наиболее перспективным направлением работ выглядит развертывание систем технического зрения на тяговом подвижном составе [13, 14].

Однако размещение систем технического зрения на движущемся ПС может быть неэффективным для контроля отсутствия зажатия человека автоматическими дверями вагона или его падения на пути и другие, о которых часто упоминают специалисты при решении задач синтеза систем регулирования движения поездов, используемых преимущественно в пассажирском сообщении [15, 16]. С учетом этого разработчики параллельно создают технические решения, связанные с использованием стационарных видеокамер [17].

Несмотря на возможность контролировать на некотором расстоянии нахождение в границах габарита приближения строений объектов, представляющих угрозу безопасности движения поездов, или, наоборот, для которых движущийся подвижной состав представляет угрозу наезда, данное направление не позволяет учитывать и прогнозировать возникновение иных видов препятствий, связанных с изменением технического состояния объектов инфраструктуры: технического состояния мостов, тоннелей и иных сложных конструкций.

При синтезе системы терминалов для сбора и обработки информации зачастую не учитывается влияние уровня транспортной безопасности на техноло-

гический процесс движения поездов, не рассматривается контроль нахождения и перемещения персонала в зоне движения поездов.

В качестве источника информации о таких препятствиях могут рассматриваться уже упомянутые СТДМ. При этом в рамках настоящей работы под ними следует понимать не только привычные нам системы диагностики и мониторинга аппаратных и программных средств объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта, но и системы мониторинга транспортной безопасности, обнаружения признаков асоциального поведения пассажиров и иные системы, позволяющие обнаруживать потенциальные источники дестабилизирующих в отношении штатного протекания ответственного технологического процесса движения поездов факторов.

Существующие СТДМ применяются преимущественно для контроля технического состояния оборудования при организации его обслуживания и ремонта «по состоянию». Как правило, речь идет о стационарной инфраструктуре железных дорог [18]. Реже системы мониторинга используются для контроля полноты и правильности процесса технического обслуживания и ремонта сложных систем и устройств [19].

Анализ тенденций развития СТДМ указывает на расширение перечня контролируемых ими параметров. Реализуются программно-аппаратные комплексы для прогнозирования технического состояния объектов инфраструктуры [20]. Создаются комплексные системы, контролируемые несколько разнородных объектов, принимающих участие в процессе движения поездов [21, 22].

Взаимосвязь между полнотой контроля технического состояния транспортного комплекса и вероятностью возникновения опасного внештатного состояния технологического процесса движения поездов

Одной из основных характеристик системы контроля и мониторинга является полнота (глубина) контроля [23]. Полнота контроля g определяется согласно выражению

$$g = \frac{1 - P_k(t)}{1 - P_o(t)}, \quad (1)$$

где $P_k(t)$ — вероятность безотказной работы контролируемой части системы или устройства; $P_o(t)$ — вероятность безотказной работы объекта контроля.

Очевидно, что чем выше полнота контроля, тем оперативнее (за счет существенного сокращения времени на поиск) устраняется отказ и тем меньше вероятность возникновения опасного нештатного состояния технологического процесса, вызванного таким скрытым отказом.

Чтобы показать влияние полноты контроля инфраструктуры и подвижного состава на функциональную безопасность соответствующего транспортного комплекса и реализуемого в его рамках технологического процесса, разработана марковская модель, граф состояний для которой приведен на рис. 1 [24].

Транспортная система, представляющая собой обособленный участок железнодорожной линии, в границах которого находится некоторое фиксированное число единиц подвижного состава, в каждый момент времени может пребывать только в одном из следующих состояний:

1 — транспортный комплекс (инфраструктура, подвижной состав и система технической диагностики и мониторинга) на рассматриваемом участке полностью работоспособны;

2 — обнаружен отказ инфраструктуры или подвижного состава, система технической диагностики и мониторинга исправна;

3 — инфраструктура или подвижной состав имеют скрытый отказ, система технической диагностики и мониторинга исправна;

4 — инфраструктура и подвижной состав выведены из эксплуатации и находятся на профилактике, предшествующее состояние — полная работоспособность транспортного комплекса;

5 — в транспортном комплексе имеется скрытый отказ инфраструктуры или подвижного состава, а также отказ системы технической диагностики и мониторинга;

6 — в транспортном комплексе имеется отказ системы технической диагностики;

7 — транспортный комплекс находится в опасном состоянии: произошел сход или столкновение подвижного состава;

8 — обнаружен отказ системы технической диагностики и мониторинга; скрытый отказ инфраструктуры или подвижного состава не обнаружен;

9 — обнаружен отказ системы технической диагностики и мониторинга, инфраструктура и подвижной состав исправны;

10 — инфраструктура и подвижной

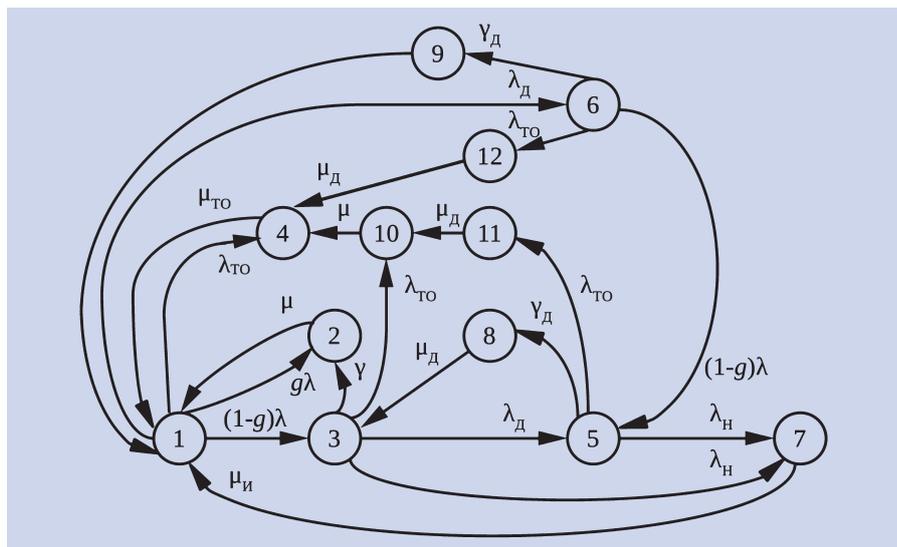


Рис. 1. Граф состояний участка железнодорожной линии

состав имеют скрытый отказ, выведены из эксплуатации и находятся на профилактике;

11 — инфраструктура и подвижной состав имеют скрытый отказ, выведены из эксплуатации и находятся на профилактике, система технической диагностики и мониторинга имеет отказ;

12 — инфраструктура и подвижной состав выведены из эксплуатации и находятся на профилактике, обнаружен отказ системы технической диагностики и мониторинга.

На рис. 1 приняты следующие сокращения:

g — полнота контроля; доля контролируемых отказов инфраструктуры и железнодорожного подвижного состава (при необходимости может также использоваться как показатель достоверности, а именно как доля достоверно обнаруживаемых отказов инфраструктуры и подвижного состава);

λ — интенсивность возникновения отказов инфраструктуры и подвижного состава;

$\lambda_{то}$ — интенсивность постановки инфраструктуры и подвижного состава на профилактику;

$\lambda_{н}$ — интенсивность возникновения опасного состояния транспортного комплекса (реализуемого в его рамках ответственного технологического процесса движения поездов) — схода или столкновения подвижного состава;

$\lambda_{д}$ — интенсивность возникновения отказов системы технической диагностики и мониторинга;

μ — интенсивность устранения отказов инфраструктуры и подвижного состава;

$\mu_{то}$ — интенсивность проведения профилактики инфраструктуры и подвижного состава;

$\mu_{и}$ — интенсивность восстановления инфраструктуры и подвижного состава после схода или столкновения;

$\mu_{д}$ — интенсивность восстановления системы технической диагностики и мониторинга;

γ — интенсивность обнаружения скрытых отказов инфраструктуры и подвижного состава;

$\gamma_{д}$ — интенсивность обнаружения отказов системы технической диагностики и мониторинга.

При этом граф состояний построен при следующих допущениях:

- любой обнаруженный отказ инфраструктуры или подвижного состава не влияет на уровень безопасности движения поездов (иными словами, любой обнаруженный отказ принимается во внимание при проверке условий по безопасности, сопутствующей формированию приказа разрешения на движение, изменить правила проверки условий по безопасности, равно как и исказить или подменить информацию о техническом состоянии, невозможно);
- информация, получаемая от исправной системы технической диагностики, является абсолютно достоверной, вероятность пропуска отказа равна нулю;
- отказ системы технической диагностики и мониторинга сам по себе не приводит к опасному состоянию движения поездов на рассматриваемом участке;
- профилактика инфраструктуры и всего обращающегося по ней подвижного состава осуществляется одновременно;

• опасное нештатное состояние технологического процесса движения поездов возможно только при наличии скрытого отказа инфраструктуры или подвижного состава (опасные ошибки оператора полностью парируются техническими средствами).

Для определения влияния полноты контроля отказов инфраструктуры на вероятность схода или столкновения подвижного состава для ранее приведенного графа состояний (рис. 1) может быть составлена система дифференциальных уравнений Колмогорова. Для сокращения числа вычислений (все состояния, кроме 1 и 7, не представляют интереса для решаемой в настоящей работе задачи) из графа состояний на основе элементарных преобразований был получен новый граф (рис. 2). Здесь приняты следующие обозначения:

$$a = \frac{A_7(1 - A_4) + A_2A_3}{(1 - A_1)(1 - A_4)}, \quad (2)$$

$$b = \frac{A_6(1 - A_1)(1 - A_4)}{(1 - A_1)(1 - A_4) - A_2A_3}, \quad (3)$$

где $A_1 = \lambda_{\mu}[g + (1 - g)\gamma] + \lambda_{\text{д}} \mu_{\text{д}} \gamma_{\text{д}} + \lambda_{\text{то}} \mu_{\text{то}}[1 + \lambda_{\text{д}} \mu_{\text{д}} + (1 - g)\lambda_{\mu}]$;
 $A_2 = 2(1 - g)\lambda_{\text{д}}$;
 $A_3 = \mu_{\text{д}}[\gamma_{\text{д}} + \lambda_{\text{то}} \mu_{\text{то}}(1 + \gamma_{\text{д}})]$;
 $A_4 = \lambda_{\text{д}} \mu_{\text{д}} \gamma_{\text{д}}$;
 $A_5 = \lambda_{\text{н}}[1 + \gamma_{\text{д}} \mu_{\text{д}}]$;
 $A_6 = \mu_{\text{н}}$;
 $A_7 = \lambda_{\text{н}}(1 - g)\lambda$.

На основе полученного графа состояний (рис. 2) при заданных начальных условиях

$$\begin{cases} p_1(t=0) = 1, \\ p_9(t=0) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

и уравнении нормировки

$$p_1(t) + p_9(t) = 1 \quad (5)$$

может быть получено решение системы дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dp_1(t)}{dt} = -ap_1(t) + bp_9(t), \\ \frac{dp_9(t)}{dt} = ap_1(t) - bp_9(t) \end{cases} \quad (6)$$

в виде

$$\begin{cases} p_1(t) = \frac{b}{a+b} + \frac{a}{a+b} \cdot \exp\{-[a+b]t\}, \\ p_9(t) = \frac{a}{a+b} - \frac{a}{a+b} \cdot \exp\{-[a+b]t\}. \end{cases} \quad (7)$$

На основе полученного выражения для $p_9(t)$ были построены серии графиков зависимостей вероятности возникновения опасного состояния от времени при различных показателях полноты контроля g . Соответствующие графики приведены на рис. 3.

Результаты моделирования указывают на то, что увеличение полноты контроля справедливо приводят к сокраще-

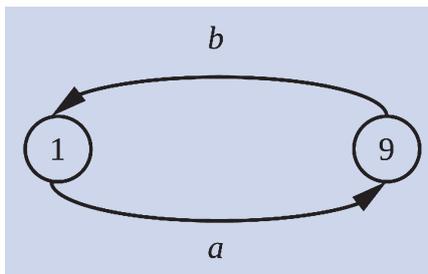


Рис. 2. Преобразованный граф состояний участка железнодорожной линии

нию вероятности возникновения опасного отказа — столкновения или схода подвижного состава.

С учетом этого далее необходимо проанализировать применимость информации, формируемой СТДМ, для обеспечения функциональной безопасности технологического процесса движения поездов, а также определить перспективный облик соответствующей системы управления.

Применимость информации, формируемой СТДМ, для обеспечения функциональной безопасности технологического процесса движения поездов

На основе анализа материалов, изложенных в открытых источниках, можно выделить следующие основные СТДМ, эксплуатируемые и (или) планируемые к применению на железнодорожном транспорте, обеспечивающие контроль состояния объектов инфраструктуры, состояния подвижного состава, возимых технических средств автоматики и связи (рис. 4).

Для обеспечения функциональной безопасности движения поездов следу-

ет стремиться к созданию такой системы управления, которая обеспечивала бы формирование изменяющихся (с учетом выявляемых во времени рисков) функций безопасности, учитывающих различные риски, связанные с организацией движения поездов. При этом риски, связанные с эксплуатацией сложных технических объектов железнодорожной инфраструктуры, должны обнаруживаться заранее, т.е. до перехода объекта инфраструктуры в опасное состояние.

Единое информационное пространство как основа принятия решений при обеспечении функциональной безопасности движения поездов

Для реализации перспективной системы управления движением поездов предлагается интегрировать в них подсистему технической диагностики и мониторинга.

Диаграмма потоков данных, отражающая перспективные информационные потоки, показана на рис. 5, а архитектура перспективной системы управления движением поездов с разделением блоков по уровням — на рис. 6. Блоки, выделенные серой заливкой, а также стрелки серого цвета в настоящее время в системах регулирования и управления движением поездов не используются.

В качестве внешней автоматической системы принятия решений может применяться любая комплексная система автоматизации управления процессом движения поездов, в частности комплексная система автоматизации управления сортировочным процессом [25]. Так как аналогичные решения для организации

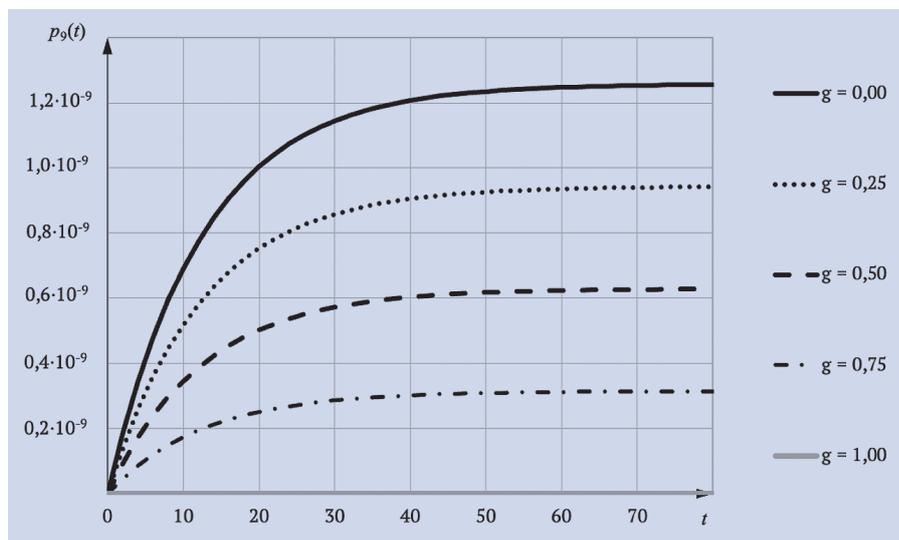


Рис. 3. Зависимость вероятности опасного отказа в транспортной системе при различных показателях полноты контроля



Рис. 4. СТДМ, эксплуатируемые и планируемые к применению на железнодорожном транспорте

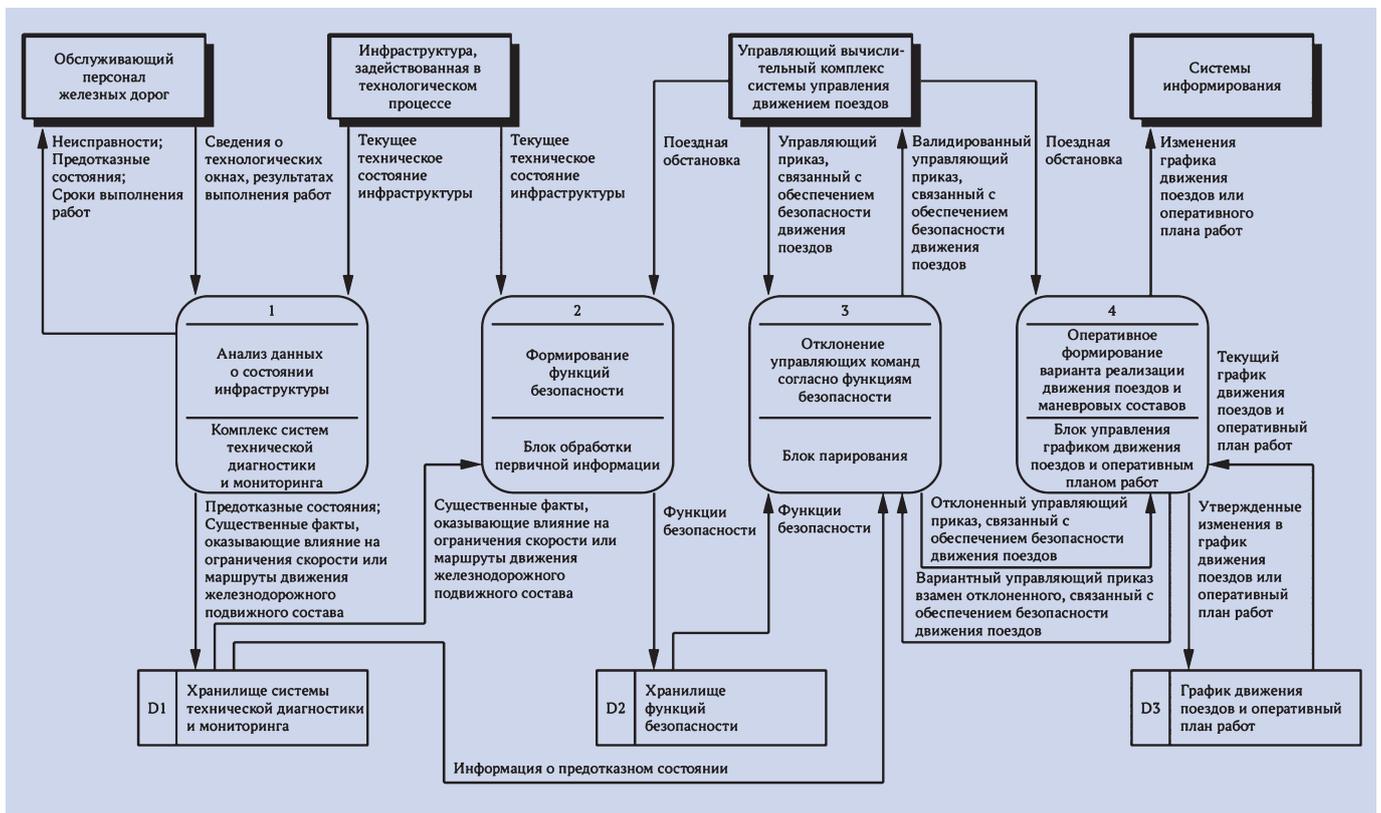


Рис. 5. Диаграмма потоков данных перспективной системы управления движением поездов

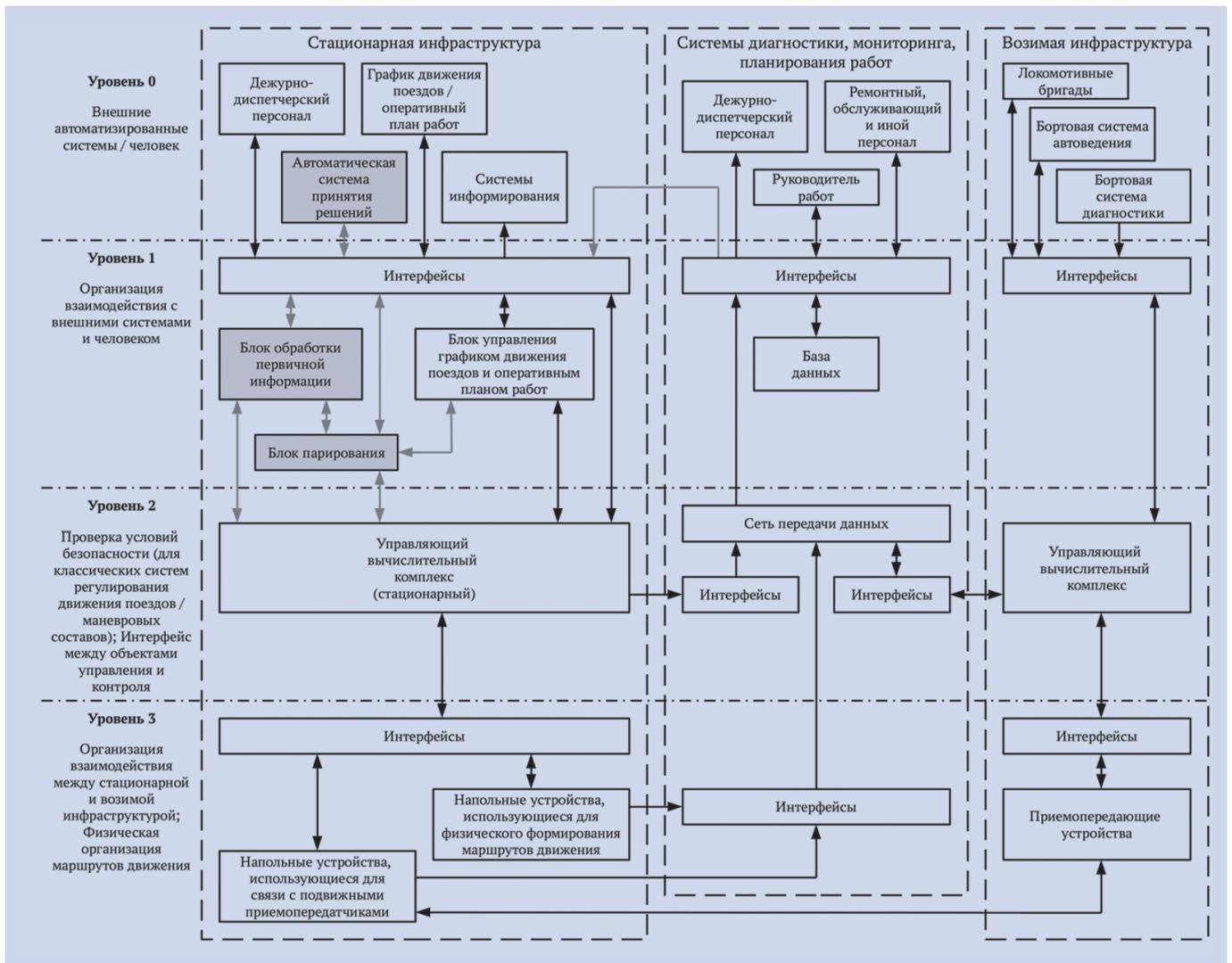


Рис. 6. Архитектура перспективной системы управления движением поездов

маневровой и поездной работы еще не получили широкого распространения, на схеме данный блок также выделен заливкой.

Основным достоинством предлагаемой системы является раннее выявление с использованием данных от комплекса СТДМ таких состояний инфраструктуры, которые могут в последующем приводить к переходу ответственного технологического процесса движения поездов в опасное состояние. Комплекс СТДМ включает в себя системы, показанные на рис. 4, но не ограничивается ими.

Перспективная система управления движением поездов (рис. 5, 6) функционирует следующим образом. Как и ранее, СТДМ является источником информации для управления инфраструктурой, задействованной в технологическом процессе движения поездов, «по состоянию». При этом информация о существенных фактах (состояниях объектов инфраструктуры), способных влиять на уровень безопасности движения поездов, передается из СТДМ в блок обработки

первичной информации — программный комплекс, направленный на формирование барьерных функций безопасности с учетом анализа текущего состояния инфраструктуры и поездной обстановки. Программный комплекс непрерывно ведет поиск и ранжирование рисков, связанных с реализацией процесса движения поездов. С учетом этого функции безопасности, используемые в системе, постоянно совершенствуются.

Функции безопасности используются в работе блока парирования. На вход поступают управляющие приказы, формируемые управляющим вычислительным комплексом, и связанные с обеспечением безопасности движения поездов. Они формируются исходя из анализа состояния элементов инфраструктуры существующих систем регулирования и управления движением поездов, т.е. рисков столкновения с другим подвижным составом или схода из-за излома рельса. Если все условия безопасности выполняются, приказ считается валидированным и возвращается в управ-

ляющий вычислительный комплекс для последующей передачи исполнительному устройству — путевому устройству ЖАТ или локомотивному устройству безопасности.

Если приказ отклоняется как не соответствующий условиям безопасности, он отправляется в блок управления графиком движения поездов для анализа на предмет реализации вариантов графика для обеспечения эксплуатационной эффективности предлагаемой системы. В качестве варианта может рассматриваться пропуск поезда по другому пути, назначение дополнительной или отмена существующей остановки и т.п.

Реализация предложенной структуры позволит обеспечить, с одной стороны, более высокий уровень функциональной безопасности системы регулирования движения поездов за счет организации парирования приказов разрешения на движение, которые могут приводить к нештатному состоянию ответственного технологического процесса движения поездов ввиду фактического состояния

инфраструктуры, а с другой стороны, повышение эксплуатационных характеристик перевозочного процесса за счет более гибкого подхода к организации графика движения поездов и оперативного плана работ.

Заключение

Анализ полученных результатов показал возможность использования информации, формируемой системами технической диагностики и мониторинга инфраструктуры ответственного технологического процесса движения поездов для регулирования и управления движением поездов с учетом выполнения требований к безопасности и обеспечению потребных показателей эксплуатационной эффективности.

Анализ потенциальных угроз позволяет существенно снизить влияние последствий нештатных, в первую очередь опасных состояний технологического процесса движения поездов.

Предложенный концептуальный облик системы интервального регулирования движения поездов, подразумевающий введение трех дополнительных программных блоков: обработки первичной информации, парирования и управления графиком движения — позволит повысить уровень функциональной безопасности движения поездов и эксплуатационную эффективность систем регулирования и управления. 

Источники

1. Румянцев С.В. Вождение поездов в системе интервального регулирования по технологии «виртуальная сцепка» // Локомотив. 2019. № 12 (756). С. 2–3.
2. Попов П.А., Кудряшов С.В. Переход к беспилотным поездам. Текущие вызовы и пути решения // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 11. С. 18–20.
3. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2020 г. Производственная безопасность и охрана труда. URL: <https://ar2020.rzd.ru/ru/sustainable-development/health-safety>.
4. Информационное письмо по случаю транспортного происшествия, допущенного 03.08.2021 на перегоне Алер — Бушулей Забайкальской железной дороги — филиала ОАО «РЖД». URL: <https://uugzdn.tu.rostransnadzor.gov.ru/%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/novostiural/document/70920> (дата обращения 23.02.2024).
5. Меньшиков Н.А., Лебедев А.Е., Москвина Е.А., Иванов А.А. Обслуживание

- устройств ЖАТ по состоянию с применением систем диагностики // Автоматика, связь, информатика. 2016. № 9. С. 35–37.
6. Волчков А.А., Смирнов А.Н. Обслуживание по состоянию с использованием систем диагностики // Автоматика, связь, информатика. 2017. № 4. С. 39–42.
7. Лыков А.А., Ефанов Д.В., Власенко С.В. Техническое диагностирование и мониторинг состояния устройств ЖАТ // Транспорт РФ. 2012. № 5 (42). С. 67–72.
8. Ефанов Д.В. Интеллектуальный транспорт: интеграция средств мониторинга и управления // Автоматика, связь, информатика. 2019. № 7. С. 40–41.
9. Лисенков В.М. Безопасность технических средств в системах управления движением поездов. М.: Транспорт, 1992. 191 с.
10. Дугаржапова Д.Д., Онищенко А.А. Анализ систем интервального регулирования движения поездов в России и перспектив их модернизации // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2021. Т. 1. С. 160–164.
11. Зорин В.И. Развитие систем обеспечения безопасности и интервального регулирования движения поездов с применением спутниковой навигации и цифрового радиоканала // Вестн. ИПЕМ: Техника железных дорог. 2009. № 3 (7). С. 90–91.
12. Розенберг Е.Н. Технологические решения, обеспечивающие повышение эффективности управления перевозочным процессом // Вестн. ИПЕМ: Техника железных дорог. 2016. № 3 (35). С. 66–72.
13. Ким Н.В., Иванов Ю.А. Автоматическая система предотвращения столкновений локомотива, основанная на техническом зрении // Вестн. ИПЕМ: Техника железных дорог. 2013. № 1 (21). С. 67–70.
14. Охотников А.Л., Чернин М.А. Разработка систем для автономного подвижного состава // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 11. С. 21–24.
15. Кузнецов С.В., Зименков О.А. Синтез и реализация оптимальной структуры комплекса автоматики, сигнализации, связи и безопасности линии метрополитена. СПб.: Ассоциация вузиздат, 2018. 476 с.
16. Кузнецов С.В., Зименков О.А. Синтез перспективного комплекса обеспечения безопасности и управления движением поездов линии метрополитена и общие технические требо-

- вания к его компонентам СПб.: Ассоциация вузиздат, 2021. 487 с. DOI 10.52565/9785911551230.
17. Охотников А.Л. Виды систем технического зрения, применяемые на железнодорожном транспорте // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т. 4, № 4 (16). С. 77–87.
18. Долгов М.В., Веселов А.А., Бородуля В.О. Мониторинг технического состояния устройств ЖАТ // Транспорт РФ. 2006. № 5 (5). С. 88–89.
19. Шарко А.В. Автоматизация организации работ повысит эффективность // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 2. С. 34–38.
20. Быкова Н.М., Зайнагабдинов Д.А. К вопросу мониторинга и прогнозирования поведения транспортных тоннелей при обеспечении их безопасности // Проблемы и перспективы изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации железных дорог: тр. всерос. науч.-практ. конф. с международ. участием, Иркутск, 15–17 мая 2008 г. Иркутск: ИрГУПС, 2009. С. 159–164.
21. Евдокименков В.Н., Красильщиков М.Н., Каляев И.А. и др. Система непрерывного мониторинга технического состояния элементов подвижного состава и железнодорожной инфраструктуры: программно-математическое обеспечение и аппаратная реализация // ВКИТ. 2014. № 1 (115). С. 25–33. DOI 10.14489/vkit.2014.01.pp.025-033.
22. Хатламаджиян А.Е., Шаповалов В.В., Кудюкин В.В. и др. Комплексные системы диагностирования грузового подвижного состава // Тр. АО «НИИАС»: Сб. ст. М.: Т8 Издательские технологии, 2021. С. 108–117.
23. Кудрицкий В.Д., Сеница М.А., Чинаев П.И. Автоматизация контроля радиоэлектронной аппаратуры / под ред. П.И.Чинаева. М.: Сов. радио, 1977. 256 с.
24. Шубинский И.Б. Структурная надежность информационных систем. Методы анализа. Ульяновск: Печатный двор, 2012. 216 с.
25. Пат. № 2737815 С1 Российская Федерация, МПК В61В 1/00, В61Л 17/00. Комплексная система автоматизации управления сортировочным процессом (КСАУ СП): № 2020118726: заявл. 05.06.2020: опубл. 03.12.2020 / А.И.Даньшин, Ю.Ф.Золотарев, В.Р.Одикадзе [и др.]; заявитель АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте». 13 с.

Результаты исследования востребованности съемных кузовов и железнодорожного подвижного состава для их перевозки



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



О. Д. Покровская,
д-р техн. наук, заведующая
кафедрой «Управление
эксплуатационной
работой» (ПГУПС),



Т. С. Титова,
д-р техн. наук,
первый проректор,
проректор
по научной работе
ПГУПС

По результатам маркетингового исследования востребованности железнодорожной перевозки грузов в съемных кузовах составлен портрет потенциального потребителя, сформулирован перечень коммерческих требований (потребительских ожиданий) к данному транспортному продукту, дана оценка клиентоориентированности и платежеспособного спроса в рассматриваемой сфере.

Операторам подвижного состава важна возможность доставки груза автотранспортом «от двери до двери», грузовладельцам — его высокая сохранность, грузополучателю — логистическое обслуживание и т.д. [1, 2]. В связи с этим отечественные [3–5] и зарубежные ученые [6, 7] разрабатывают новые конструкции подвижного состава для перевозки съемных кузовов.

Что касается мирового практического опыта, то вагоны со съемными кузовами увеличенной вместимости перевозчики применяют для повышения эффективности железнодорожного транспорта. Сущность технологии перевозки таких кузовов заключается в том, что наиболее дорогая часть (рама с ходовыми частями, тормозами и автосцепным устройством) постоянно эксплуатируется, а съемный кузов меняется с учетом типа перевозимого груза [8, 9]. Как показывает опыт, реализация указанной гибкой грузовой системы позволяет снизить простои при колебаниях отправки грузов и в целом увеличить эффективность эксплуатации вагонов [8, 9].

Между тем в России на данный момент на рынке нет подвижного состава такого типа, как нет производителей и соответствующего современному правовому полю нормативно-учетного регулирования подобных перевозок [10, 11]. При этом емкость потенциального рынка клиентов-заказчиков свидетельствует не только о востребованности съемных кузовов и подвижного состава для их перевозки, но и о наличии нового, достаточно объемного сегмента железнодорожного бизнеса, заслуживающего внимания перевозчика [12–16].

Общая характеристика исследования

Охарактеризуем маркетинговое исследование 2022 г., его параметры и условия¹. Целевая аудитория — 60 компаний-респондентов, сгруппированных следующим образом: грузоотправители (не менее 20), грузовладельцы (не менее 20), операторы (не менее 10), эксперты (не менее 10).

По итогам анкетирования, экспертных заключений и интегрированной оценки необходимо было сформировать перечень клиентских технических и коммерческих требований к съемному кузову и подвижному составу.

При этом использовались методы анкетирования, статистики, маркетингового анализа, ранжирования, оценки клиентоориентированности, экспертных оценок, аналитический системный подход, оценки альтернатив. Анализ проводился по каждому из 88 вопросов анкеты-опросника с последующим результирующим анализом.

Вопросы были сгруппированы по блокам:

- рынок и портрет потребителя;
- анализ вариантов технического исполнения съемного кузова и подвижного состава;
- перечень требований к инфраструктуре;
- перечень требований к сервису;
- анализ платежеспособного спроса.

Обсуждение результатов

Ниже представлена аналитика результатов ответов на некоторые вопросы анкеты.

¹ Работа выполнена при поддержке Центра фирменного транспортного обслуживания ОАО «РЖД»

Вопрос: «Какой должна быть система учета съемных кузовов?»

Полученные ответы по вариантам даны в *табл. 1*.

Как видно на *рис. 1*, среди респондентов преобладает вариант ответа «Пономерной учет „как контейнер“». При этом свой вариант никто из респондентов не предложил. Укрупненно результаты ответов изображены на *рис. 2*.

Таким образом, 91 % аудитории считает, что система учета съемных кузовов должна представлять собой пономерной учет «как контейнер».

Вопрос: «Какой должна быть система регистрации съемных кузовов?»

Полученные ответы по вариантам отображены в *табл. 2*.

На *рис. 3* показано, что среди респондентов преобладает вариант ответа «Как у контейнеров (в Международном бюро по контейнерам, ВИС)». Мнения грузоотправителей разделились в равных долях между ответами «руководство по эксплуатации» и «инструкция по эксплу-

Таблица 1. Ответы на вопрос «Какой должна быть система учета съемных кузовов?»

Вариант ответа	Количество полученных ответов			
	ГО	ГП	О	Э
Пономерной учет «как вагон»	1	2	2	1
Пономерной учет «как контейнер»	10	22	15	11
Свой вариант				

Примечание. Здесь и далее использованы обозначения: ГО — грузоотправители, ГП — грузополучатели, О — операторы, Э — эксперты.

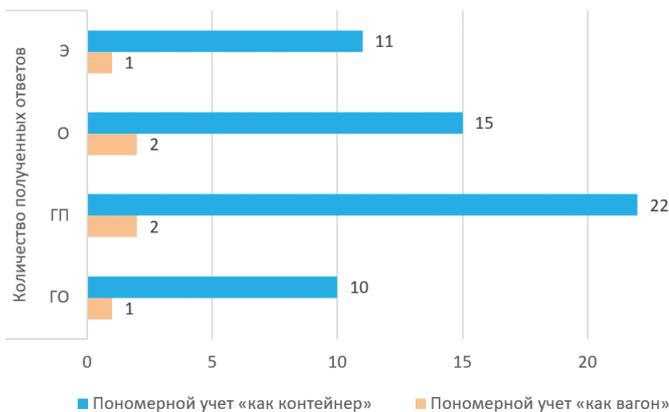


Рис. 1. Распределение полученных ответов по системе учета съемных кузовов

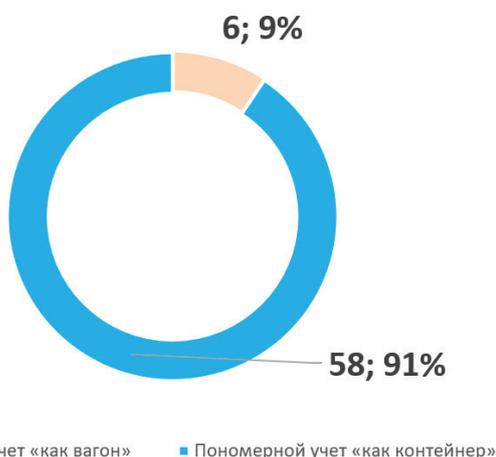


Рис. 2. Интегрированная оценка ответов по системе учета съемных кузовов

63 % аудитории считает, что система регистрации съемных кузовов должна быть «как у контейнеров (в Международном бюро по контейнерам, ВИС)». На втором месте находится и заслуживает внимания ответ «новая система регистрации, разработанная для съемных кузовов».

Для упрощения выхода на рынок предлагается ориентироваться на вариант «как у контейнеров (в Международном бюро по контейнерам, ВИС)» с последующим созданием новой системы регистрации.

Вопрос: «Каким должно быть нормативное обеспечение эксплуатации съемных кузовов?»

Полученные ответы по вариантам отмечены в *табл. 3*.

На *рис. 5* видно, что среди грузополучателей преобладует вариант «руководство по эксплуатации». Мнения грузоотправителей разделились в равных долях между ответами «руководство по эксплуатации» и «инструкция по эксплу-

Таблица 2. Ответы на вопрос «Какой должна быть система регистрации съемных кузовов?»

Вариант ответа	Количество полученных ответов			
	ГО	ГП	О	Э
Как у вагонов (в Федеральном агентстве железнодорожного транспорта)	5	1	2	2
Как у контейнеров (в Международном бюро по контейнерам, ВИС)	7	14	13	7
Новая система регистрации, разработанная для съемных кузовов	1	8	2	3



Рис. 3. Распределение полученных ответов по регистрации съемных кузовов

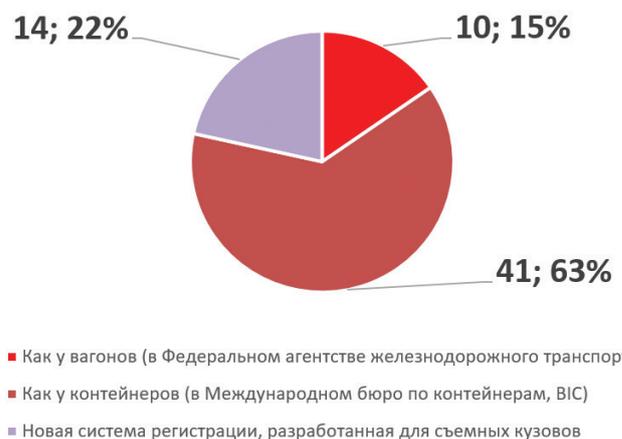


Рис. 4. Интегрированная оценка ответов на вопрос по регистрации съемных кузовов

атации». Среди операторов и экспертов лидирует вариант «инструкция по эксплуатации». Это укрупненно представлено на рис. 6.

Таким образом, мнения аудитории разделились: в равных долях (по 49%) респонденты считают, что нормативное обеспечение эксплуатации съемных кузовов должно регулироваться руководством или инструкцией по эксплуатации. Заслуживает внимания и ответ «не имеет значения».

Следует принять во внимание необходимость нормативного обеспечения статуса и особенностей организации перевозок грузов в съемных кузовах и его закрепления в соответствующем нормативном документе — инструкции или руководстве.

Вопрос: «Какой транспортный продукт наиболее интересен для Вас?»

Было предложено два варианта ответа:

- Вариант 1:
 - контейнерный тариф на перевозку;
 - погрузка-выгрузка осуществляется только одним типом оборудования (например, только ричстакером);

Таблица 3. Ответы на вопрос «Каким должно быть нормативное обеспечение эксплуатации съемных кузовов?»

Вариант ответа	Количество полученных ответов			
	ГО	ГП	О	Э
Руководство по эксплуатации	6	12	7	5
Инструкция по эксплуатации	6	10	8	6
Свой вариант: не имеет значения			1	

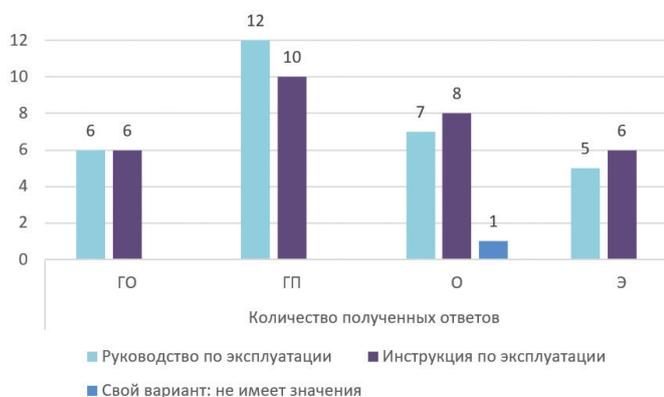


Рис. 5. Распределение полученных ответов по нормативному обеспечению эксплуатации съемных кузовов



Рис. 6. Интегрированная оценка ответов по нормативному обеспечению эксплуатации съемных кузовов

– погрузка-выгрузка осуществляется без снятия съемного кузова с подвижного состава;

– скорость движения по путям ОАО «РЖД» 90 км/ч;

– вес брутто съемного кузова свыше 30,48 т.

• Вариант 2:

– повагонный тариф на перевозку;

– погрузка-выгрузка осуществляется несколькими разными типами оборудования (например, в пункте погрузки — козловым краном, в пункте выгрузки — ричстакером);

– погрузка-выгрузка осуществляется со снятием съемного кузова с подвижного состава;

– скорость движения по путям ОАО «РЖД» 90 км/ч;

– грузоподъемность съемного кузова 30–41 т.

Полученные ответы по вариантам зафиксированы в табл. 4.

На рис. 7 показано, что среди грузополучателей и экспертов превалирует вариант «1», среди операторов — «2», мнения грузоотправителей разделились в равных долях. При этом свой вариант предложил эксперт: «вариант 1 + контейнерный тариф», что заслуживает внимания при выходе на рынок. Это укрупненно показано и на рис. 8.

Таблица 4. Ответы на вопрос «Какой транспортный продукт наиболее интересен для Вас?»

Вариант ответа	Количество полученных ответов			
	ГО	ГП	О	Э
Да, интересен вариант 1	4	12	8	4
Да, интересен вариант 2	4	10	9	3
Свой вариант: вариант 2, только с контейнерным тарифом				1
Нет, съемный кузов не интересен	4	3	1	



Рис. 7. Распределение полученных ответов по вариантам транспортного продукта



Рис. 8. Интегрированная оценка ответов по вариантам транспортного продукта

Перевозки

Таким образом, 44% аудитории выступает за вариант «1», поэтому рекомендуется при выходе на рынок рассматривать его как базовый с учетом возможности реализации «по контейнерному тарифу».

Вопрос: «Оцените по 10-балльной шкале выбранный Вами в предыдущем вопросе транспортный продукт (10 — максимум)».

Полученные ответы по вариантам даны в табл. 4.

Низкие баллы 1–3 не дал никто из респондентов, что можно считать позитивным результатом (рис. 9). Укрупненно это показано на рис. 10.

Таким образом, 29% аудитории лояльно относятся к транспортному продукту «перевозка груза в съемном кузове», оценивая его в среднем на 7 баллов из 10 возможных.

Доля высших оценок от 8 до 10 включительно составляет 45% (рис. 11).

В целом, как видно по рис. 11, на первом месте находятся оценки от 8 до 10 баллов (45%), на втором — 7 баллов (29%), на третьем — от 4 до 6 баллов (19%), оценок ниже 4 баллов не было.

Таблица 5. Ответы на вопрос «Оцените по 10-балльной шкале выбранный Вами в предыдущем вопросе транспортный продукт»

Вариант ответа	Количество полученных ответов			
	ГО	ГП	О	Э
1 балл				
2 балла				
3 балла				
4 балла	1			
5 баллов	3	4	1	
6 баллов	2	2	1	
7 баллов	4	5	5	2
8 баллов	1	3	3	3
9 баллов		2	1	1
10 баллов	1	6	2	2

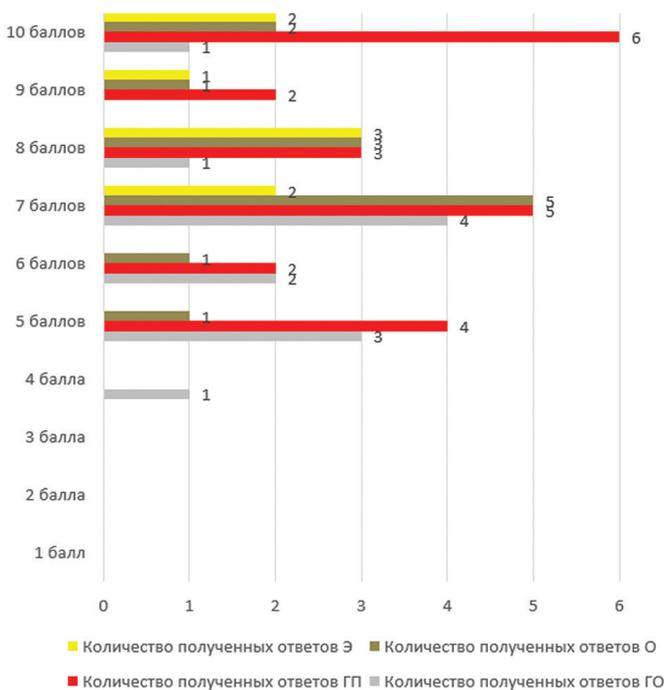


Рис. 9. Распределение полученных ответов по вариантам транспортного продукта

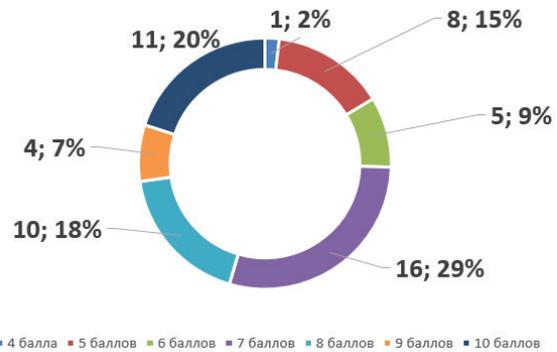


Рис. 10. Интегрированная оценка ответов по вариантам транспортного продукта

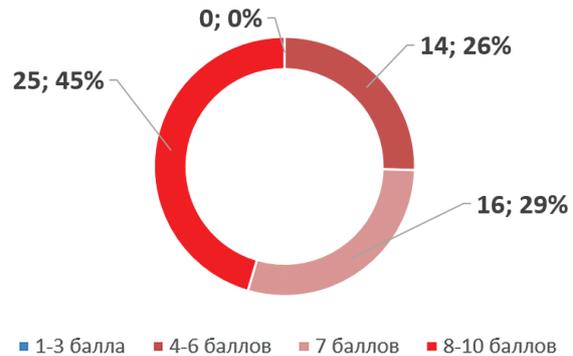


Рис. 11. Доля высших оценок транспортного продукта

Таким образом, потенциальной целевой аудиторией, лояльно настроенной к перевозке грузов в съемных кузовах, можно считать всех респондентов, поставивших от 7 до 10 баллов включительно. В анализируемом пуле опрошенных эта доля составляет 74%, т.е. подавляющее большинство.

Можно заключить, что транспортный продукт не только высоко оценен почти тремя четвертями аудитории, но и потенциально имеет спрос на транспортно-логистическом рынке.

Аналитические заключения и рекомендации

По результатам проведенного маркетингового исследования были сформулированы следующие выводы.

1. Фокусная клиентская группа. На основе анализа ответов респондентов на вопросы 1–2, 8–13, 15–16, 79–80, 87–88 составлен портрет типичного (потенциального) потребителя. Целевой фокусный сегмент рынка: производственная компания-грузополучатель (в 63% дают стабильно высокие оценки; активно отвечают на «свободные» вопросы (открытого типа); лояльны в 3/3 контрольных вопросах), работающая с полувагонами, платформами, крытыми вагонами и хопперами, с аутсорсингом логистических операций, расположенная на удалении 20–150 км от железнодорожной станции, работающая с единовременным размером грузовой партии до 60 т, имеющая собственные грузовые фронтонты и складские помещения.

Учитывая, что в данном исследовании границы между грузоотправителями и грузополучателями были плавающие, якорной целевой группой можно считать любого начального или конечного участника логистической цепи (грузоотправителя или грузополучателя), работающего в точках зарождения и/или погашения грузопотоков.

Кого сами опрошенные считают целевым сегментом для перевозок грузов в съемных кузовах: преобладающий ответ — «грузоотправитель / транспортная, операторская компания», на втором месте — «перевозчик грузов железнодорожным

транспортом (ОАО «РЖД»», на третьем — «потребитель продукции / конечный покупатель».

Потенциальной целевой аудиторией, лояльно настроенной к перевозке грузов в съемных кузовах (вопросы 73 и 80), можно считать всех респондентов, поставивших от 7 до 10 баллов включительно. Напомним, эта доля составляет 74% аудитории. Масштабы бизнеса целевого сегмента — это Россия (в целом) и/или Россия — страны СНГ.

Приоритеты для целевого сегмента (можно рассматривать их как акценты рекламной кампании и обязательные атрибуты транспортного продукта) — это сохранность груза, отсутствие сверхнормативной загрузки и повышенная грузоподъемность вагона, высокая скорость доставки, удобство выполнения погрузо-разгрузочных работ, простота и удобство обмена съемными кузовами, возможность хранения груза в съемном кузове, возможность отправки «день в день» и комплексное логистическое обслуживание, надежность и ремонтнопригодность элементов вагона в целом, онлайн-мониторинг дислокации и состояния груза и вагона.

2. Коммерческие требования к съемным кузовам. Рекомендуемая розничная стоимость съемного кузова — 600 тыс. руб., железнодорожной платформы — 2–3 млн руб. Максимальная стоимость съемного кузова и вагона — до 4 млн руб.

Высокой потребительской привлекательностью обладает версия «съемный кузов до 500 тыс. руб.» с минимальным техническим оснащением и широким ассортиментом дополнительных услуг в формате «конфигуратор». Отмечен устойчивый интерес как к отдельному съемному кузову, так и к предложению «съемный кузов плюс вагон».

При смене специализации вагона со съемным кузовом 71% аудитории считает, что следует дифференцировать и тариф на перевозку. С другой стороны, 78% опрошенных полагают, что тариф на перевозку грузов в съемном кузове должен быть контейнерный. Очевидно, что эти два ответа взаимоисключающи. На наш взгляд, должен быть установлен тариф, близкий к контейнерному.

Съемный кузов, по мнению большинства опрошенных, должен быть цельнометаллическим и иметь фитинговые крепления, унифицированные с контейнерными. Данное требование при увеличении грузоподъемности требует

применения на вагонах поглощающих аппаратов повышенной энергоемкости.

По способу загрузки мнения большинства опрошенных разделились. Одна половина считает целесообразным выполнять ее через центральную дверь с заездом погрузчика внутрь, другая выступает за размещение загрузочных устройств сверху. Вероятно, это относится к съемным кузовам для сыпучих и жидких грузов. Возможность использования загрузочных устройств в виде раздвижных или подъемных стен, а также раздвигаемой крыши опрашиваемые не рассмотрели или не поняли.

По результатам анализа полученных ответов сформулированы следующие предпочитаемые усредненные версии оснащения съемного кузова:

- ключевые устройства (в порядке убывания приоритета): скоростная тележка, позволяющая повысить скорость движения более 90 км/ч, наличие нескольких грузовых отсеков, поглощающие аппараты, снижающие нагрузки при соударениях вагонов;

- система бортовой телеметрии.

Базовая версия контролируемых параметров съемного кузова:

- сохранность запорно-пломбировочных устройств;

- определение уровня воздействия на груз ускорений (по их видам).

Расширенная версия (базовая версия плюс): уменьшение/увеличение температуры в кузове сверх нормативной. Максимальная версия (расширенная версия плюс): уменьшение / увеличение температуры груза сверх нормативной.

3. Технические требования. Большинство анкетированных определили следующие типы съемных кузовов: крытый, открытый, для перевозки металла в рулонах.

При этом большая часть респондентов считает рациональной нагрузку на ось 31–40 т, что несколько противоречит ответу большинства о максимальной массе брутто 36 т. В то же время параметр «увеличенная грузоподъемность» является критичным, что следует учесть при комплектации съемных кузовов.

Перспективный внутренний объем кузова назван 31–60 м³, а также 61–90 м³, что реализуемо при длине соответственно 6 м и 9–13 м. Наряду с этим большинство опрошенных считает рациональной длину 6058 мм (20 футов) и 12 192 мм (40 футов), как у контейнеров 1е и 1а, что не противоречит желательному объему 30–61 и 61–90 м³.

По ширине кузова большинство высказалось за 3,25 м. Часть операторов и экспертов выступила за 2,55 м для обеспечения возможности перевозки по автодорогам, однако это противоречит пожеланиям по объему и, на наш взгляд, не должно рассматриваться. Большинство опрошенных считают рациональной высоту по габариту погрузки или как у контейнеров 1AAA (2896 мм).

По вагонам для перевозки съемных кузовов важными параметрами для большинства респондентов являются три:

- скоростная тележка, позволяющая обеспечить скорость движения более 90 км/ч;

- наличие нескольких грузовых отсеков;

- поглощающие аппараты, снижающие нагрузки при соударениях вагонов.

Глазами опрошенных перечень качественных параметров вагона выглядит так:

- сохранность груза (для всех четырех групп опрошенных);

- скорость доставки (для всех, кроме грузоотправителей);

- быстрота и удобство выполнения погрузо-разгрузочных работ (для всех, кроме грузоотправителей);

- надежность и ремонтнопригодность элементов вагона в целом (для всех, кроме экспертов);

- онлайн-мониторинг дислокации и состояния груза и вагона (для всех, кроме экспертов, которые, заметим, в основном не ведут собственный бизнес).

Желаемая максимальная скорость вагона со съемным кузовом на путях ОАО «РЖД» зафиксирована на уровне 140 км/ч. При этом большинство опрошенных предпочитают вариант двухосной тележки в длиннобазном исполнении (25 м по осям автосцепок), что рекомендуется к применению.

4. Востребованность и сервисные требования к транспортному продукту. Названы следующие ключевые параметры транспортного продукта по перевозке грузов в съемных кузовах:

- хранение груза непосредственно в съемном кузове;

- отправление маршрутными отправлениями.

Приоритеты транспортного продукта для различных целевых групп:

- для грузоотправителей и грузополучателей — «высокая сохранность груза»;

- для операторов — «возможность доставки груза автотранспортом „от двери до двери“»;

- для экспертов — «комплексное ло-

гистическое обслуживание в пути следования».

Перечисленное определяет перечень атрибутов нового продукта и ключевых ожиданий от него. 52% аудитории считает, что съемный кузов должен продаваться/сдаваться в аренду только один, без подвижного состава. Однако если съемный кузов арендовать, то для 51% аудитории желательно это делать совместно с подвижным составом. Это рекомендуется учесть при выходе на рынок и оказании новых транспортных услуг.

Атрибуты транспортного продукта: «монопоезд», составленный из вагонов со съемными кузовами; отклонения в расписании не критичны до 15 минут; поезд со съемными кузовами могут курсировать «по твердой нитке» или «по потребности клиентов».

Как уже говорилось, респондентам было предложено оценить две пилотные версии комплексного транспортного продукта по перевозке грузов в съемных кузовах: варианты 1 и 2 (рис. 7, 8). Предпочитаемые версии комплексных транспортно-логистических услуг в процессе перевозки грузов железнодорожным транспортом в съемных кузовах:

- «базовая версия» пакета сервиса: съемный кузов (без подвижного состава) в минимальной комплектации плюс пломбирование ЗПУ плюс оформление перевозочной документации;
- «базовая версия плюс»: «базовая версия» плюс промывка/очистка съемного кузова плюс на выбор: с подвижным составом либо с погрузочно-выгрузочными услугами;
- «расширенная версия»: «базовая версия» либо «базовая версия плюс» плюс ответственное хранение;
- «максимальная версия»: «расширенная версия» плюс «золотая миля» (подвоз-вывоз автотранспортом).

Обязательно необходимо предусмотреть индивидуальный «конфигуратор» для сборки пакета комплексного транспортно-логистического сервиса. При выходе на рынок следует учесть мнение большинства аудитории о том, что владельцем съемного кузова должен быть оператор подвижного состава, способный предложить помимо съемного кузова и вагон.

5. Грузовая база. Ранжировать грузы, потенциально «тяготеющие» к перевозке в съемных кузовах, можно следующим образом (начиная с наиболее часто ука-

зываемого): металлы и металлические изделия, сыпучие грузы, строительные материалы, автомобильные запчасти, продукция машиностроения, электротехника и электроника.

Таким образом, необходимо рассмотреть адаптацию съемного кузова к перевозке всей перечисленной номенклатуры, прежде всего металлов и метизов, сыпучих грузов, строительных материалов. При этом выход съемного кузова на рынок железнодорожных перевозок может способствовать привлечению новых высокодоходных грузов на сеть РЖД, что увеличит объемы погрузки.

6. Логистические маршруты. Перспективными направлениями являются «страны Азии — Россия» (41% ответов), «страны Азии — Россия — Евросоюз» (34%). Среди внутрироссийских маршрутов наиболее рейтинговым выступает вариант «Северо-Западный регион (порты Балтийского моря) — Центральный регион (Москва) — Южный регион (порты Черного и Каспийского морей)», далее идет маршрут «Северо-Запад — Центр — Урал», на третьем месте «Северо-Запад — Центр — Дальний Восток».

7. Узкие места. Ключевой проблемой респонденты назвали сложность грузовых операций, а также отсутствие терминально-логистической инфраструктуры. Кроме того, узким местом при переключении грузопотоков с автомобильного транспорта на железнодорожный может стать то обстоятельство, что ширина съемного железнодорожного кузова (более 2,55 м) превышает допустимую ширину автотранспортного средства согласно Правилам дорожного движения.

К технико-эксплуатационным сложностям респонденты также относят «снижение грузоподъемности вагона», «нехватку устройств подъема», «отсутствие отработанной технологии погрузки-выгрузки съемных кузовов» и «особенности крепления».

В сложившихся геополитических условиях заслуживает особого внимания также техническое обслуживание и ремонт в случае применения импортных комплектующих.

8. Инфраструктура. Возможность одновременной обработки нескольких составов и обеспечение прямой перегрузки грузов в автотранспортные средства указаны респондентами как ключевые требования к терминальной инфраструктуре. Это означает, что грузовые фронты должны иметь различное

оборудование, способное выполнить погрузку-выгрузку съемных кузовов. В качестве базовых рекомендуются два варианта технического оснащения: «рич-стакер, топ-лоадер» и «кран козловой».

Крановое навесное оборудование должно обязательно присутствовать на специализированных грузовых терминалах с возможностью не только погрузки-выгрузки съемных кузовов, но и загрузки-выгрузки в/из них грузов.

Погрузку-выгрузку съемных кузовов, по мнению большинства аудитории, следует выполнять на грузовых фронтах клиентов, причем грузоотправителем/клиентом своими силами. Однако к применению рекомендуются в равной степени и специализированные грузовые терминалы, поскольку не все клиенты в первое время будут располагать соответствующей инфраструктурой для полноценной работы со съемными кузовами. Соответственно, от перевозчика требуется развитие специализированной сети грузовых терминалов.

9. Эксплуатация, идентификация и учет съемных кузовов. Как уже упоминалось, на этапе запуска на рынок съемных кузовов предлагается вести пономерный учет «как контейнер», при этом ориентироваться на вариант регистрации «как у контейнеров (в Международном бюро по контейнерам, ВИС)» с последующим созданием новой системы.

Также важно обратить внимание на нормативное обеспечение статуса и особенностей организации перевозок в съемных кузовах. В этом случае технический вопрос развития средств механизации и обустройства терминалов, грузовых фронтов и систем хранения съемных кузовов станет вопросом времени.

Кроме того, необходима соответствующая база съемных кузовов, их идентификационная нумерация, доступная для трекинга, мониторинга технического состояния, ключевых характеристик и др., интегрированная с клиентом, перевозчиком, оператором и таможенными органами в единой цифровой среде. Нужна и система датчиков для автоматизации процесса идентификации.

Резюме

Технология организации перевозок грузов в съемных кузовах (в составе тех или иных поездов, по тем или иным логистическим схемам, по линейкам транспортных продуктов и услуг) должна быть дополнительно и комплексно

проработана в качестве подробной концепции.

Отдельного внимания заслуживает вопрос тарифообразования перевозок грузов в съемных кузовах.

В целом 86 % анкетированной аудитории потенциально могут стать клиентской рыночной нишей по перевозке грузов в съемных кузовах, поскольку лояльно оценивают данный транспортный продукт, давая в среднем оценку 7 баллов из 10 возможных.

Таким образом можно заключить, что предложение перевозок грузов в съемных кузовах имеет и потенциальную клиентскую нишу, лояльно настроенную к новому транспортному продукту, и клиентоориентированность, и платежеспособный спрос, и обладает рыночной емкостью, достаточной для масштабной эксплуатации. ■

Источники

1. Стрельцов А. Съемный кузов сократит простой вагонов // Гудок. 2015. 07 дек. Вып. 221. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1320041> (дата обращения 11.01.2024).
2. Орлова А. В чем отличия и преимущества сменных и съемных кузовов грузовых вагонов // ЦЭП. ПК «Вагон – груз». URL: <https://wagon-cargo.ru/news/v-chem-otlichiya-i-preimushchestva-smennykh-i-semnykh-kuzovov-gruzovykh-vagonov> (дата обращения 11.01.2024).

3. Петрухин В.Н. Интермодальные грузовые единицы для евразийских перевозок // Транспорт РФ. 2007. № 10. С. 68–70.
4. Чурков Н.А. О перспективном грузовом вагоне // Изв. ПГУПС. 2014. № 1. С. 48–55.
5. Даукша А.С. Съемные кузова – инновационный вариант совершенствования конструкции вагонов // Системы автоматизированного проектирования на транспорте: сб. тр. V международ. науч.-практич. конф. СПб.: ПГУПС, 2014. С. 50–52.
6. WASCOSA's flexible freight system. Edition. Switzerland, 2012. URL: <http://www.wascosa.ch> (дата обращения 11.01.2024).
7. Kentner Pat., Brundige B., Thorpe J.C. et al. The Car & Locomotive Cyclopedia. Hardcover: Simmons Boardman Publ. Co, 1997. 1136 p.
8. Бороненко Ю.П., Цыганская Л.В., Бейн Д.Г. и др. Съемный кузов транспортного средства. Пат. на полезную модель 216101 U1, 17.01.2023. Заявка № 2021139988 от 30.12.2021.
9. Бороненко Ю.П., Даукша А.С. Съемный кузов-цистерна. Пат. на полезную модель RU 175966 U1, 25.12.2017. Заявка № 2017108170 от 13.03.2017.
10. Стратегия развития транспортного машиностроения РФ до 2030 года. Утв. Распоряжением Правительства РФ от 17.08.2017 г. № 1756-р. 68 с.
11. Сводная стратегия развития обрабатыва-

- ющей промышленности РФ до 2024 года. Утв. Распоряжением Правительства РФ от 06.06.2020 г. № 1512-р. 51 с.
12. Титова Т.С., Бороненко Ю.П., Семенов Е.Ю. Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты // Вагоны и вагонное хозяйство. 2022. № 3 (71). С. 20–24.
13. Рыбин П.К., Новикова И.Д., Мороз Ю.А. Анализ потенциала контейнерных перевозок (на примере Калининградского транспортного узла) // Техник транспорта: образование и практика. 2021. Т. 2, № 1. С. 78–86. DOI: 10.46684/2687-1033.2021.1.78-86.
14. Никифорова Г.И., Подвербных А.А., Федорова Н.Б. Развитие контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте в современных условиях // Техник транспорта: образование и практика. 2022. Т. 3, № 4. С. 405–409. DOI: 10.46684/2687-1033.2022.4.405-409.
15. Сергеева Т.Г., Никифорова Г.И. Повышение эффективности деятельности логистических провайдеров // Техник транспорта: образование и практика. 2023. Т. 4, № 1. С. 37–42. DOI: 10.46684/2687-1033.2023.1.37-42.
16. Мороз Ю.А., Иванова Е.М., Заболотская К.А., Новикова И.Д. Магистральный транспорт как ключевое звено транспортной системы России // Техник транспорта: образование и практика. 2020. Т. 1, № 4. С. 314–321. DOI: 10.46684/2687-1033.2020.4.314-321.



Общероссийская общественная организация

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА – В ЦИФРАХ

Академия включает
47 РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ



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

Разработки Петербургского государственного университета путей сообщения в области нетрадиционной и возобновляемой энергетики



О. С. Валинский,
канд. техн. наук,
ректор Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),



К. К. Ким,
д-р техн. наук,
заведующий кафедрой
«Электротехника
и теплоэнергетика»
ПГУПС, член
Общественного совета
при Росжелдоре

В последние три года на кафедре «Электротехника и теплоэнергетика» ПГУПС разработаны оригинальные конструктивные решения в области нетрадиционной возобновляемой энергетики. Они касаются преобразования энергии светового излучения, сбраживания биомассы, водного потока и волн в электрическую энергию.

Если ранжировать нетрадиционные способы получения энергии из возобновляемых источников по целесообразности их использования, то, вероятно, они выстроятся в таком порядке:

- управляемая термоядерная энергетика (синтез);
- гелиоэнергетика;
- ветроэнергетика;
- водородная энергетика;
- нетрадиционная гидроэнергетика;
- биоэнергетика;
- геотермальная энергетика;
- прочие (грозовая, гравитационная, криоэнергетика и т.п.).

Наиболее перспективная альтернатива традиционной энергетике — управляе-

мый термоядерный синтез, так как большинство перечисленных видов нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ), по мнению академика П. Л. Капицы, характеризуются малыми значениями мощности, которую можно получить с единицы поверхности [1]. Под мощностью понимается произведение двух параметров: плотности энергии и скорости ее передачи.

По причинам научного, технического, политического, климатического, экологического и иного характера из известных видов НВИЭ нет ни одного, который в ближайшем будущем реально заменил бы ископаемое топливо. Особенно это касается сферы централизованной энергетике. Для малой же (децентрализованной) энергетике в настоящее время намечаются некоторые перспективы.

Кафедра «Электротехника и теплоэнергетика» ПГУПС занимается исследованиями в области нетрадиционной и возобновляемой энергетики с 2020 г. За это время были предложены и разработаны (до степени, определяемой возможностями отраслевого высшего учебного заведения) несколько оригинальных конструкций гелиоветрогенераторов, биогазовых установок, беспилотных летательных аппаратов (мультикоптеров) с использованием гибких солнечных панелей, волновых и прибойных электрогенерирующих устройств и др. Новизна разработок подтверждена пятью евразийскими и тринадцатью российскими патентами. Остановимся на некоторых из них.



Рис. 1. Концепт гелиоветрогенератора

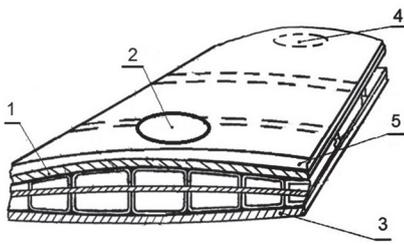


Рис. 2. Эскиз лопасти гелиоветрогенератора:
1 – лицевая сторона; 2 – входное отверстие;
3 – тыльная сторона; 4 – выходное отверстие;
5 – солнечная панель

Гелиоветрогенераторы

Данные энергогенерирующие устройства предполагается использовать в основном в децентрализованной системе электроснабжения, в районах, не связанных с Единой энергетической системой России. Также их можно использовать в качестве дополнительного источника электропитания на подстанциях, разумеется, в сочетании с накопителями энергии.

Известно, что эффективность генерирования электрической энергии кремниевыми солнечными панелями зависит от их температурного режима. Оптимальное значение температуры – около 25 °С. При превышении этого значения выходное напряжение панели начинает снижаться. Решить эту проблему можно либо используя вместо кремния другие материалы, например арсенид галлия (если абстрагироваться от его высокой стоимости), либо принудительно охлаждая солнечные панели.

В нашей разработке использован второй подход [2]. Для его реализации солнечные панели размещали на лопастях ветрогенератора (рис. 1). Благодаря вращению лопастей интенсивность охлаждения панелей увеличивалась.

Генерируемую панелями электрическую энергию можно использовать для питания системы возбуждения электрического генератора, размещенного в гондоле (если используется генератор синхронного типа), или через систему скользящего токосъема отдавать внешнему потребителю.

Следует отметить, что из-за дополнительного использования энергии солнечного излучения предложенный гелиоветрогенератор имеет лучшие энергетические характеристики по сравнению с обычным ветрогенератором.

Данная разработка предназначена для системы электроснабжения Крымского моста, поэтому при проектирова-

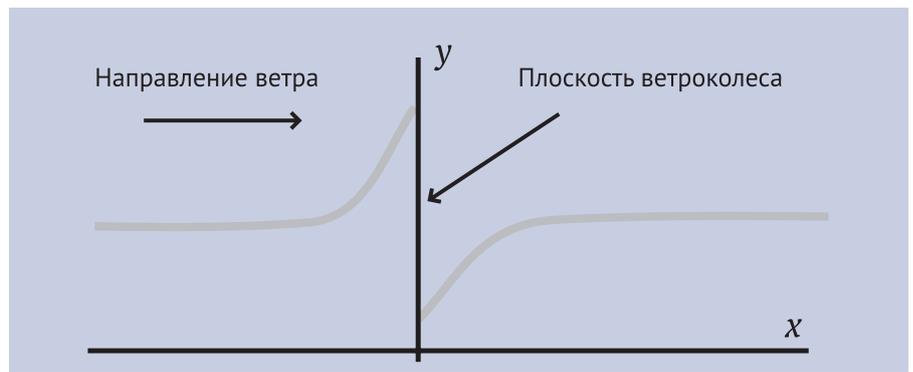


Рис. 3. Эпюра давления

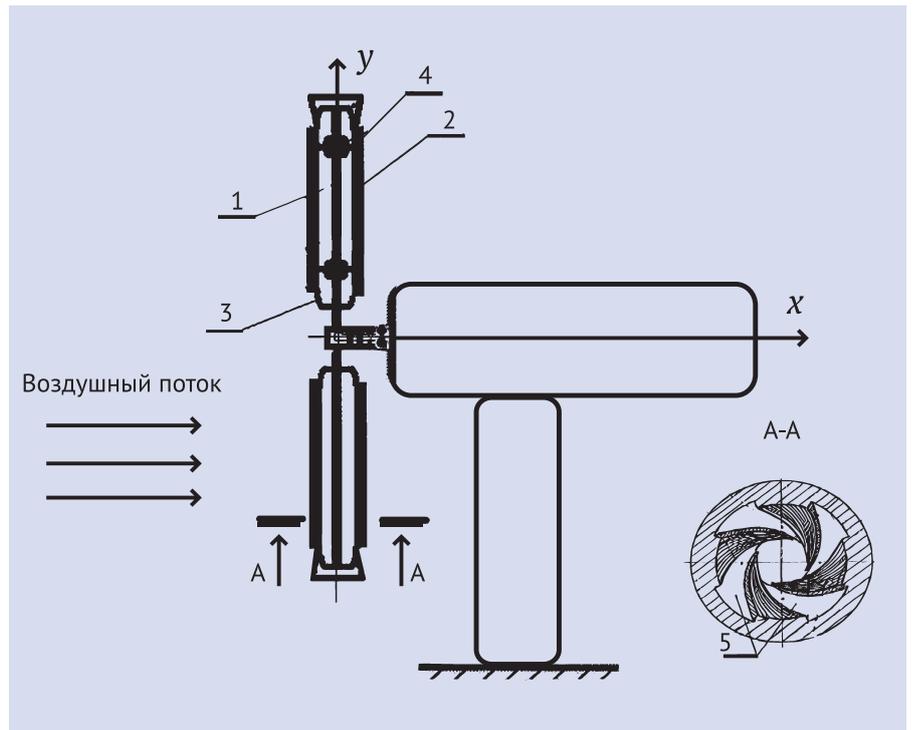


Рис. 4. Гелиоветрогенератор с использованием эффекта Магнуса: 1 – цилиндр; 2 – солнечная панель; 3 – нижний торец цилиндра; 4 – выходной дефлектор; 5 – винтовые нарезы

нии учитывались уровень солнечной инсоляции и скорость ветров, характерные для района Керченского пролива.

Исследования подтвердили чрезмерный нагрев неподвижных солнечных панелей в большую часть суток с мая по октябрь. Максимальная температура составляла 60 °С. Вращение лопастей, как показали расчеты в среде COMSOL Multiphysics, позволило понизить температуру панелей (максимально на 15 °С), однако кардинально вопрос перегрева не решило. Это можно объяснить малыми скоростями ветров (~5 м/с) в данном районе. Поэтому для усиления эффекта охлаждения панелей была предложена конструкция с полыми лопастями (рис. 2) [3]. У основания лопасти на ее лицевой стороне 1 (на которую набегает воздушный поток) выполнено входное отверстие 2, а на тыльной стороне 3

концевой части лопасти – выходное отверстие 4. Благодаря этим отверстиям и разности давлений перед и за ветровым колесом часть воздушного потока засасывается в полость лопасти (рис. 3), который охлаждает тыльную сторону солнечной панели 5, в результате чего повышается эффективность охлаждения всей панели.

Моделирование в среде SolidWorks-FlowSimulation показало, что максимальная скорость потока воздуха внутри лопасти, снабженной концевым дефлектором, достигает 2 м/с, при этом температура солнечных панелей снижается максимум на 20 °С.

Очередной модификацией стала конструкция гелиоветрогенератора, в которой лопасти выполнены в виде полых вращающихся цилиндров 1 (рис. 4), на боковых поверхностях которых закре-

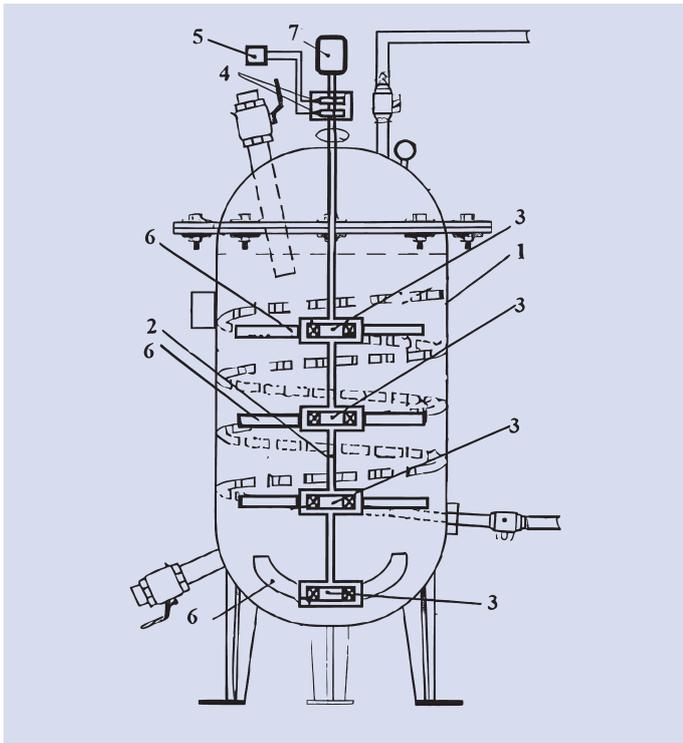


Рис. 5. Биогазовая установка с косвенным индукционным нагревом: 1 – метантенк; 2 – центральный вал; 3 – катушка-индуктор; 4 – узел скользящего токосъема; 5 – источник переменного напряжения; 6 – лопасть; 7 – приводной двигатель

плены солнечные панели 2 [4]. Благодаря такой конструкции величина генерируемой мощности мало зависит от ориентации лопастей по отношению к солнцу.

Нижние торцы 3 цилиндров открыты (для засасывания воздуха), верхние снабжены выходными дефлекторами 4. На внутренних боковых поверхностях цилиндров выполнены винтовые нарезы 5 для увеличения напора воздуха.

Благодаря использованию в конструкции эффекта Магнуса повышается скорость вращения цилиндрических лопастей, а следовательно — интенсивность охлаждения солнечных панелей.

Мировая практика эксплуатации мощных ветрогенераторов показывает, что из-за большого вертикального габарита и заостренной формы элементов конструкции в выступающие части ветрогенератора часто попадают молнии. Для предохранения композитного материала лопастей от разрушения при попадании молнии предложено использовать систему концевых лопастных молниеотводов, соединенных с мультикамерными разрядниками на гондоле. Это позволило оперативно погасить искровой разряд и таким образом увеличить срок службы лопасти [5].

Биогазовые установки

В отличие от большинства эксплуатируемых установок такого рода в разработках ПГУПС для поддержания оптимального температурного режима сбраживания биомассы в метантенке используется система косвенного индукционного нагрева. Причем нагревает и перемешивает биомассу один и тот же узел [6].

В установке (рис. 5) внутри цилиндрического метантенка 1 расположен полый центральный вертикальный вал 2 (с возможностью вращения вокруг его продольной оси), где по высоте регулярно расположены катушки-индукторы 3, обмотки которых с помощью узла скользящего токосъема 4 соединены с источником переменного напряжения 5 с частотой 50 Гц. Пе-

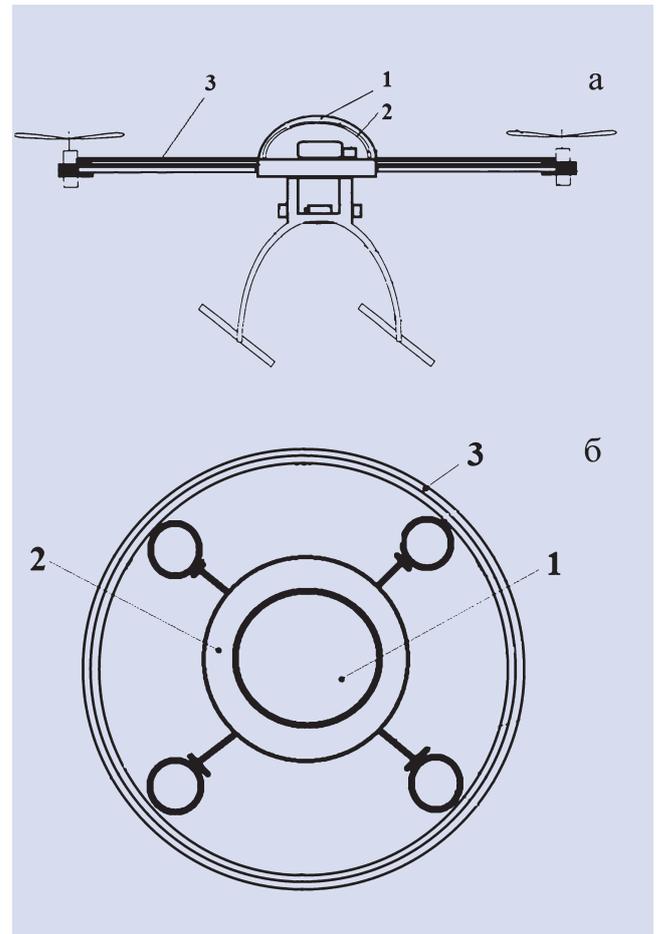


Рис. 6. Мультикоптер с солнечной панелью: а) вид сбоку; б) вид сверху со снятыми воздушными винтами; 1 – солнечная панель; 2 – центральная часть корпуса; 3 – кольцевая катушка

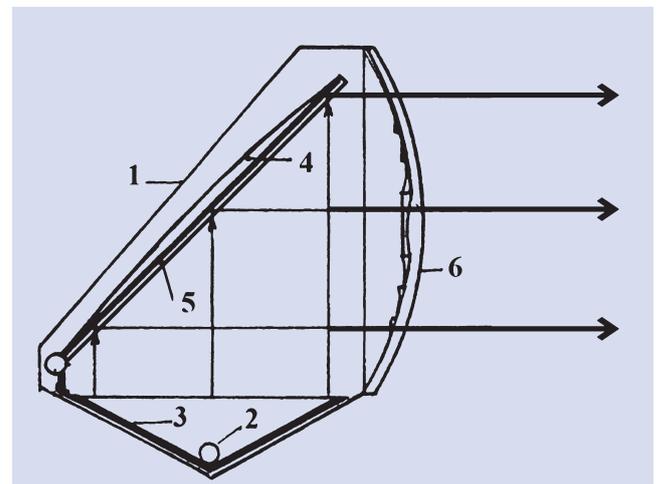


Рис. 7. Проектор с прозрачным фотоэлементом: 1 – корпус; 2 – лампа; 3 – отражатель; 4 – экран; 5 – фотогальванический элемент; 6 – рассеиватель

ремешивающие лопасти 6 на валу выполнены из электропроводящего материала.

Переменное электромагнитное поле, созданное токами в обмотках катушек-индукторов, индуцирует вихревые токи в лопастях. Нагретые лопасти передают свою теплоту биомассе, а их вращение с помощью приводного двигателя 7 обеспечивает равномерность ее нагрева.

В последующем катушки-индукторы были заменены на равномерно распределенную по длине вала и распо-

ложенную внутри него неподвижную многофазную обмотку. Данное решение позволило создать вращающееся магнитное поле, которое одновременно приводило в движение вал и нагревало лопасти на нем.

Чтобы облегчить начало вращения в плотной, еще не разогретой биомассе, предложено крепить лопасти к валу с помощью узлов, выполненных из материала с эффектом памяти формы, например из сплава титана и никеля с содержанием никеля 50,5%. Возможность поворота лопастей, величина которого автоматически изменяется в зависимости от температуры биомассы, а следовательно, от ее плотности, позволяет значительно снизить момент сопротивления в начале вращения [7].

Для экономии потребляемой электроэнергии и недопущения перегрева биомассы эксплуатация биогазовой установки предполагает периодическое отключение нагревателей (катушек индукторов) от источника электропитания. Как показали расчеты, чтобы поддерживать температуру сбраживаемой биомассы в диапазоне 56–60 °С, можно рекомендовать работу нагревателей в течение 4–6 часов с последующей паузой, не превышающей 8 часов.

Основанием для этого является тепловая инерция нагретой биомассы. Для увеличения длительности паузы и уменьшения энергопотребления днище метантенка изготавливалось полым, заполнялось теплоаккумулирующим материалом, например низкоплавким парафином из ряда $C_{17}H_{36}-C_{20}H_{42}$ с температурой плавления от 16,7 до 36,7 °С [8]. Внутренняя полость центрального вертикального вала 2 также заполнялась теплоаккумулирующим материалом.

Использование энергии света

Гибкие солнечные панели для подзарядки аккумуляторных батарей мультикоптеров

Одной из проблем использования мультикоптеров для мониторинга состояния пути электрифицированного железнодорожного транспорта является малая продолжительность их непрерывного полета, которая определяется емкостью бортовой аккумуляторной батареи (АБ). Сейчас продолжительность непрерывного полета квадрокоптеров гражданского назначения, как правило, не превышает нескольких часов.

Для частичного решения этой проблемы было предложено в светлое время

суток использовать энергию солнечного излучения с помощью гибкой солнечной панели, размещенной в конструкции на базе мультикоптера Phantom 4 Pro+V2.0 с АБ Intelligent FlightBattery (емкость 5870 мА×ч, рабочее напряжение 15,2 В) (рис. 6).

Солнечная панель 1 закреплена сверху на центральной части 2 корпуса. Выводы панели через зарядное устройство соединены с АБ.

Помимо подзарядки АБ от солнечной панели данная конструкция позволяет заряжать АБ от внешнего электромагнитного поля, созданного тяговым током в контактном проводе [9]. Для этого по периметру мультикоптера установлена кольцевая катушка 3 с обмоткой, подсоединенной через зарядное устройство к АБ.

В данной разработке участвовали члены студенческого научного общества кафедры «Электротехника и теплоэнергетика» в рамках студенческого гранта ПГУПС.

Фотоэлектрические световые приборы

Для повышения эффективности использования и снижения ослепляющего действия прожекторов, используемых в локомотивах и передних вагонах электропоездов, была разработана конструкция, представленная на рис. 7 [10].

В нижней части корпуса 1 расположена оптическая пара, состоящая из электролампы 2 (накаливания или галогеновой) и отражателя 3. Внутри корпуса 1 на шарнире закреплён подвижный экран 4, на котором жестко закреплён прозрачный фотогальванический элемент 5, содержащий прозрачную подложку и первый активный материал, расположенный поверх подложки.

Первый активный материал имеет пик поглощения при длине волны приблизительно более 650 нанометров. Второй активный материал располагается поверх подложки, его пик поглощения — при длине волны за пределами спектра видимого света. Фотогальванический элемент также содержит прозрачный катод и прозрачный анод.

Первый активный материал содержит по меньшей мере один из материалов — фталоцианиновый, порфириновый или нафталоцианиновый краситель. Второй активный слой — углерод-60 (C60) или нанотрубки. Первый и второй активные материалы сконфигурированы для применения с гибкими герметизирующими

слоями. Прозрачный фотогальванический элемент 5 соединен с бортовой электрической сетью.

Напротив подвижного экрана 4 в корпусе 1 находится рассеиватель 6. Сектор поворота подвижного экрана задается ограничителем. Стрелками показано направление светового потока.

Электролампа при включении создает световой поток, который формируется отражателем и направляется в сторону подвижного экрана. Поток проходит через прозрачный фотогальванический элемент, генерирующий электрическую энергию, которая поступает (рекуперируется) в бортовую электрическую сеть. При необходимости перехода с дальнего света на ближний изменяется положение экрана относительно светового потока, созданного лампой и отражателем. Это позволяет посылать световой поток в желательном направлении, т. е. предотвращать ослепление водителя движущего навстречу транспортного средства.

Использование водородных топливных элементов

В связи с развитием технологии производства водородных топливных элементов и электрохимических генераторов (ЭХГ) на их основе интерес представляет идея создания вагона-электростанции, в которой используются два вида источников энергии: дизель-генераторные агрегаты с синхронными генераторами (СГ) стандартного исполнения и альтернативный источник энергии — ЭХГ на базе водородного топливного элемента, КПД которого достигает 55–60% (при использовании схемы питания водород — кислород из воздуха). Это позволит сделать работу вагона-электростанции более экономичной, менее шумной и использовать его не только в составе пассажирских поездов на электрифицированных и неэлектрифицированных участках, но и в составе ремонтно-восстановительных поездов даже при выполнении работ в тоннелях.

Мощность производимых в настоящее время ЭХГ достигает сотни киловатт и соизмерима с мощностью дизель-генераторов (Д-СГ) вагонно-электростанций (см. таблицу).

Простейший вариант энергосистемы, когда в состав канала с ЭХГ входит лишь обязательный преобразователь — инвертор напряжения (ИН), показан на рис. 8 [11].

Параллельная работа двух разнородных источников энергии обуславливает

Основные параметры модулей ЭХГ некоторых мировых производителей

Параметр	Siemens	Ballard*	Heliocentrics
Тип ЭХГ	BZM120	HD6	HyPMHD-65
Мощность, кВт	120	75	65
Напряжение, В	208–243	230–365	218–305
КПД, %	58	60	55
Масса, кг	900	350	321
Рабочая температура, °С	80	63	65

* Производитель допускает последовательное соединение двух модулей ЭХГ для получения суммарной мощности 150 кВт при напряжении 465–730 В.

возникновение проблем, решению которых были посвящены исследования сотрудников университета.

Было выявлено, что регулирование активной и реактивной мощности на выходе энергетического канала с ЭХГ возможно в широком диапазоне за счет изменения коэффициента модуляции и начальной фазы задающего воздействия инвертора напряжения. При этом предложенная система управления обеспечивает удовлетворительное быстродействие и качество переходных процессов в энергосистеме во всем диапазоне мощностей.

Трехуровневый инвертор напряжения с векторной широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) позволяет обеспечить необходимое качество напряжения на распределительном щите (РЩ) вагона-электростанции при весьма высоком КПД энергетического канала с ЭХГ во всем диапазоне мощностей.

Возможны различные варианты структурного исполнения энергетического канала с ЭХГ (канал А) и инвертором напряжения. Выбор в пользу того или иного варианта зависит от соотношения напряжения ЭХГ и номинального напряжения на РЩ, а также от требований к обратимости и габаритам преобразователя.

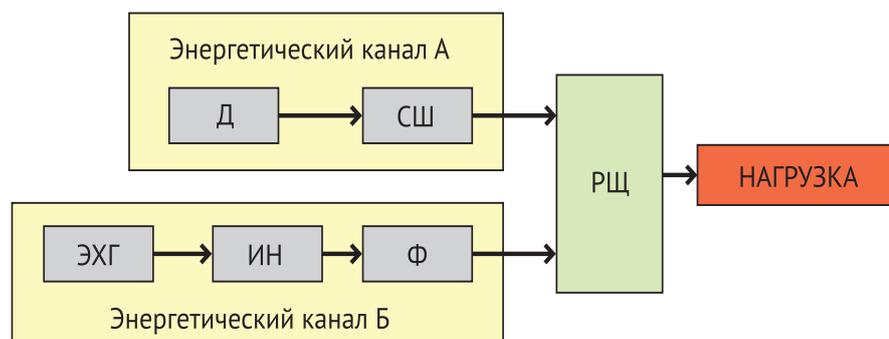


Рис. 8. Схема электропитания с использованием электрохимического генератора: Д – дизель; СГ – синхронный генератор; ЭХГ – электрохимический генератор; ИН – инвертор напряжения; Ф – фильтр; РЩ – распределительный щит

Нетрадиционные решения использования энергии водных потоков и волн

Водосточная система

Описываемая система разработана в рамках программы энергосбережения для уменьшения величины электрической энергии, потребляемой зданием из внешней сети, посредством преобразования кинетической энергии движущейся воды в водосточных трубах в электрическую энергию [12].

Водосточная система содержит связанные друг с другом секции 1 (рис. 9), оснащенные в верхней части водоприемной воронкой, а в нижней – сливным отливом. Внутри секций 1 установлен пластиковый рукав 2, в котором жестко закреплен электрогенерирующий блок 3, выполненный в виде специального статора 4 вертикального асинхронного двигателя.

Конструкция статора показана на рис. 10. В пазах магнитопровода статора уложена первичная двухфазная или трехфазная электрическая обмотка 1, подключаемая к потребителю. Ноу-хау системы заключается в том, что в расточке статора расположен полый цилиндр 2, например, из алюминия, меди или силумина, на внешней боковой поверхности которого жестко закреплена цилиндрическая периодическая структура из по-

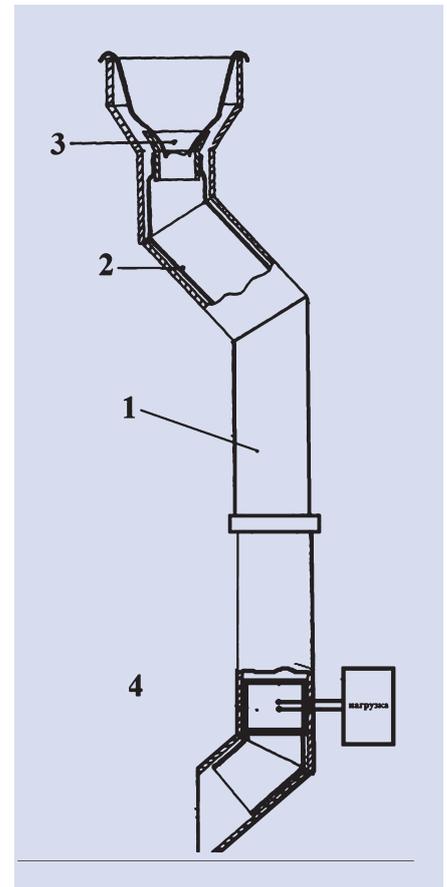


Рис. 9. Водосточная труба: 1 – секция; 2 – рукав; 3 – электрогенерирующий блок; 4 – статор

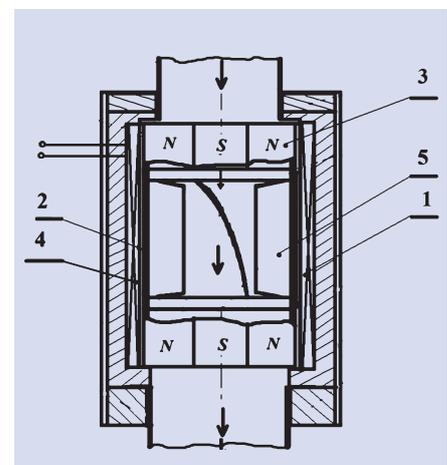


Рис. 10. Электрогенерирующий блок: 1 – первичная электрическая обмотка; 2 – цилиндр; 3 – полоса винила; 4 – теплоизолирующий элемент; 5 – лопасть

лос 3 радиально намагниченного винила чередующейся полярности.

Полый цилиндр и магнитопровод разделены дополнительным теплоизолирующим элементом 4 из композиционного антифрикционного неэлектропроводящего материала, выполняющего функцию радиально-упорного подшипника скольжения и составляющего единое целое с магнитопроводом и пер-

вичной обмоткой. Антифрикционный неэлектропроводящий материал включает компоненты, например фтортермопласт (тефлон, фторопласт), обеспечивающие коэффициент трения между соприкасающимися поверхностями неподвижного магнитопровода и вращающегося полого цилиндра при сухом ходе 0,14–0,15 и не более 0,01–0,02 при наличии воды.

На внутренней поверхности полого цилиндра сформированы и жестко связаны с ним напорные лопасти 5. Торцы статора закрыты кольцеобразными крышками. Стрелками показано направление движения воды.

При атмосферных осадках вода с крыши улавливается водоприемной воронкой и по пластиковому рукаву попадает в электрогенерирующий блок, в котором воздействует на напорные лопасти. В результате полый цилиндр, несущий цилиндрическую периодическую структуру из полос радиально намагниченного винила, начинает вращаться. Магнитное поле, созданное этими полосами, пересекает проводники первичной электрической обмотки, и в последней индуцируется электродвижущая сила. В результате ее действия по цепи, состоящей из первичной обмотки и потребителя, начинает протекать электрический ток.

Электрогенерирующий блок выполняется съемным (на зимний период), его расположение в трубе определяется с учетом вандалозащищенности. Для высотных зданий возможно расположение нескольких блоков в одной водосточной трубе.

Для оценки порядка величины энергосбережения в результате использования данной системы выполнен предварительный расчет применительно к жилому фонду г. Санкт-Петербурга. По официальным данным, жилой фонд Санкт-Петербурга в 2017 г. составлял 18045 зданий общей площадью 126 540 039 кв. м. Предполагалось, что здания имеют плоские крыши. Для всего жилого фонда СПб экономия годовой электроэнергии составила $2,6 \times 10^{11}$ Вт с.

Башенная градирня

Описанный выше энерогенерирующий блок был применен в системе электропитания башенной градирни (рис. 12) [13].

На верху градирни с помощью вертикальных стоек расположен конусообразный экран 1, по кромке основания которого закреплен винтообразный желоб 2. Его нижний конец присоединен к водоприемной воронке 3 водосливной трубы 4,



Рис. 11. Электрогенерирующий блок со снятыми торцевыми крышками

которая сообщается с водосборным бассейном 5. Внутри трубы установлен пластиковый рукав с электрогенерирующим блоком.

Воздушный поток, поступающий снизу вверх внутри градирни, насыщается парами воды и при встрече с внутренней поверхностью конусообразного экрана конденсируется на ней. Капли этого конденсата образуют поток, который стекает в винтообразный желоб. К нему добавляется поток, обусловленный внешними атмосферными осадками. Он попадает в пластиковый рукав вертикальной трубы и при движении по нему инициирует работу электрогенерирующего блока.

Волноэнергетическая установка

Серии взрывов в исключительных экономических зонах Дании и Швеции, в результате которых были разрушены обе нитки «Северного потока-1» и одна из двух нитей «Северного потока-2», в очередной раз подтвердили актуальность непрерывного воздушного и морского мониторинга сооружений такого рода. Функционирование следящих систем связано с необходимостью постоянного обеспечения электропитанием бортовых потребителей. Для этой цели на кафедре «Электротехника и теплоэнергетика» разработана автономная инерционная энергетическая установка (рис. 13) [14].

В отсеках герметичного корпуса 1 находятся радио- и видеоаппаратура, стаби-

лизирующий балласт и стакан 2, внутри которого закреплены направляющая 3 и стержень 4. Последний может перемещаться относительно направляющей.

К верхнему концу стержня прикреплен ротор 5 с постоянными магнитами. Статор 6 располагается на внутренней поверхности стакана. Обмотка 7 статора через зарядное устройство соединена с аккумулятором 8, питающего радио- и видеоаппаратуру. Обмотка распределена по боковой поверхности стакана и размещена в пазах направляющей кругового движения, например, в виде направляющей качения (роликового или шарикового типа) или в виде направляющей скольжения.

Форма стакана — усеченный конус. Внутренняя полость корпуса заполнена трансмиссионным или моторным маслом (с вязкостью большей, чем у воды) до уровня его ватерлинии. К верхнему концу стержня прикреплен Г-образный захват 9, охватывающий направляющую и ротор с постоянными магнитами. Нижний конец стержня шарнирно связан с плавающей площадкой 10, имеющей устойчивую форму.

Во время качки корпус 1 со стаканом 2 совершает колебательные движения. Колеблется и масло в стакане, но из-за большей вязкости, чем вязкость воды, в которой находится корпус, амплитуда и частота колебаний масла меньше частоты колебаний воды. Причина этому — остойчивость формы плавающей площадки.

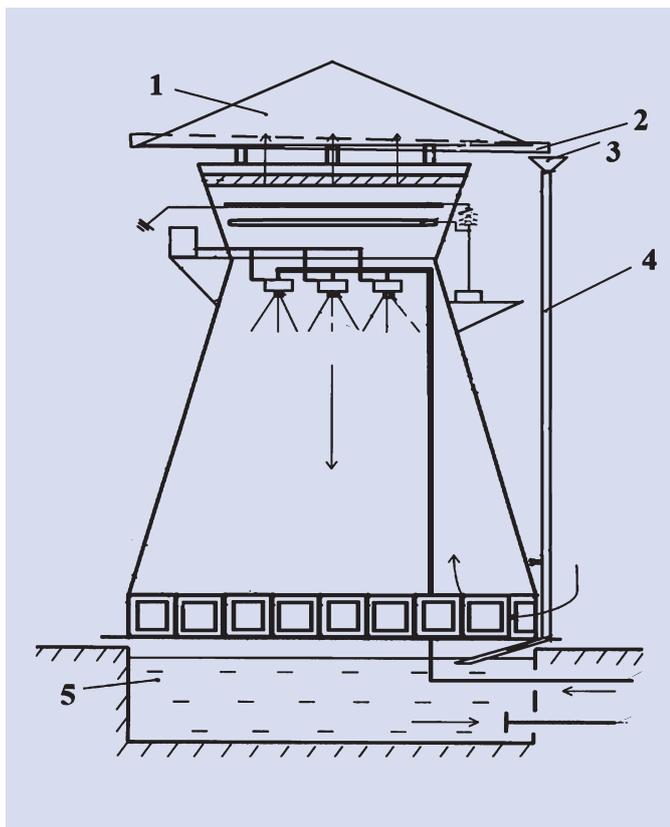


Рис. 12. Градирня: 1 – экран; 2 – желоб; 3 – воронка; 4 – труба; 5 – водосборный бассейн

В результате происходит движение ротора с постоянными магнитами относительно статорной обмотки. Г-образный захват обеспечивает необходимую величину зазора между ротором и обмоткой статора. Магнитное поле постоянных магнитов ротора индуцирует электродвижущую силу (ЭДС) в обмотке, что приводит к появлению зарядного тока. Круговая форма направляющей и шаровой шарнир на нижнем конце стержня обеспечивают генерирование ЭДС при любом направлении движения волн.

Заключение

Таким образом, сказанное позволяет сделать следующие выводы.

1. Реальную альтернативу традиционной энергетике в будущем может составить управляемый термоядерный синтез, крупномасштабная реализация которого возможна только при коллективных усилиях развитых стран.

2. Из остальных известных нетрадиционных и возобновляемых видов энергетике, которые в настоящее время рассматриваются только как дополнение к традиционной энергетике (углеводородной, гидроэнергетики больших потоков, атомной), можно отметить гелио-, ветро- и биоэнергетику.

3. Гелио-, ветро-, биоэнергетику и др. целесообразно использовать для нужд малой (децентрализованной) энергетики.

4. В связи с отсутствием адресной законодательной базы относительно нетрадиционной и возобновляемой энергетики и ориентировкой (в основном) крупного бизнеса, энергетической и транспортной отраслей России на использование ископаемых углеводородов, а также учитывая уровень финансирования, возможности и состояние научной деятельности железнодорожных вузов и квалификацию профессорско-преподавательского состава, целесообразно все же продолжать работу по этой тематике, придавая ей инициативный характер с привлечением студенческих научных обществ.

Исследования мультикоптеров, предназначенных для мониторинга состояния пути электрифицированного железнодорожного транспорта, выполнялись в рамках научного проекта № 24-29-00159, гранта, предоставленного Российским научным фондом на 2024–2025 гг. по результатам конкурса 2023 г. «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами».

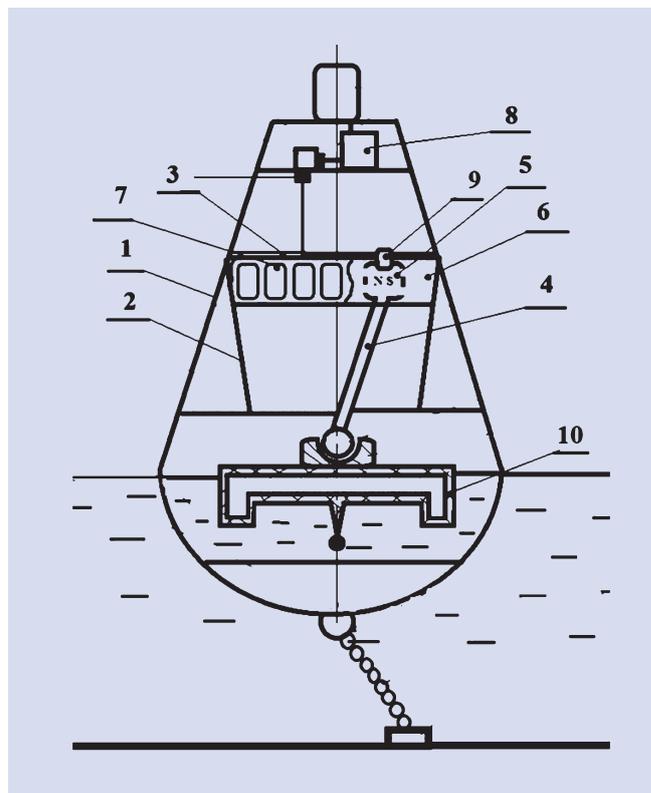


Рис. 13. Волноэнергетическая установка: 1 – корпус; 2 – стакан; 3 – направляющая; 4 – стержень; 5 – ротор; 6 – статор; 7 – обмотка статора; 8 – аккумулятор; 9 – захват; 10 – площадка

Источники

- Капица П.Л. Энергия и физика // Вестн. АН СССР. 1976. № 1. С. 34–43.
- Пат. № 197430. Ветрогенератор. Опубл. 24.04.2020. Б.И. № 12.
- Евразийский патент № 040487. Ветрогенератор. Дата выдачи 09.06.2022.
- Евразийский патент № 043562. Ветрогенератор. Дата выдачи 31.05.2023.
- Евразийский патент № 044737. Ветрогенератор. Дата выдачи 27.09.2023.
- Пат. № 2743584. Биогазовая установка. Опубл. 20.02.2021. Б.И. № 5.
- Пат. № 2804541. Биогазовая установка. Опубл. 02.10.2023. Б.И. № 28.
- Пат. № 218400. Биогазовая установка. Опубл. 25.05.2023. Б.И. № 15.
- Евразийский патент № 042897. Беспилотный летательный комплекс. Дата выдачи 31.03.2023.
- Пат. № 183834. Неослепляющая автомобильная фара. Опубл. 04.10.18. Б.И. № 28.
- Никитин В. В., Марикин А. Н., Третьяков А. В. Вагоны-электростанции с комбинированными энергоустановками // Электротехника. 2016. № 5. С. 25–31.
- Пат. № 2621251. Водосточная система. Опубл. 01.06.2017. Б.И. № 16.
- Пат. № 2689062. Башенная градирня. Опубл. 23.05.2019. Б.И. № 15.
- Пат. № 2677958. Навигационный буй. Опубл. 22.01.2019. Б.И. № 3.

Моделирование влияния локальных неровностей железнодорожного пути на распространение вибраций



А. А. Локтев,
д-р физ.-мат. наук,
заведующий кафедрой
«Транспортное
строительство»
Российского университета
транспорта
(РУТ (МИИТ)),



Л. А. Илларионова,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Здания
и сооружения
на транспорте»
РУТ (МИИТ)

Изменяющиеся условия контакта колеса и рельса — один из источников наиболее интенсивного шума, приводят к изменению его частот и вибрации, а в целом — к изменению картины колебаний в граничащих средах.

прогнозирования будущей акустической обстановки в районе железнодорожного транспорта, что на текущий момент является стандартной практикой в городской среде. При использовании методов прогнозирования и моделирования акустического воздействия и вибрации необходимо учесть все возможные причины ее возникновения [4, 5].

Одной из причин, которая может вызвать увеличение вибрации, возникающей от динамического взаимодействия колес с рельсами и, соответственно, шума, является неровность пути [6]. При этом она не только влияет на комфорт езды, но и сокращает срок службы путей и подвижного состава, а в некоторых ситуациях может привести к авариям.

Элементы железнодорожной инфраструктуры, такие как земляное полотно, шпалы и рельсы, подвергаются регулярным нагрузкам, которые могут привести к возникновению различных дефектов. Одним из них является излом шпалы в различных направлениях. Причины этого разнообразны: например, неправильная установка шпалы, отсутствие необходимого основания для ее фиксации или нарушение работы специального крепежа. В результате излома шпалы возникают сколы и трещины, которые могут привести к дальнейшему повреждению и деградации инфраструктуры.

Динамическое поведение верхнего строения пути можно представить в виде шарнирно опертой балки, вертикальные колебания которой описываются следующим дифференциальным уравнением:

$$m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + c_0 \frac{\partial w}{\partial t} + c_1 \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + EI \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = \sum_{j=1}^N P \cdot [U_j(t, V, L) + U_j(t - t_c, V, L)], \quad (1)$$

где m — погонная масса конструкции верхнего строения пути;

w — вертикальное перемещение точек срединной линии балки;

c_0 — коэффициент внешнего вязкого сопротивления;

c_1 — коэффициент внутреннего трения;

E — приведенный модуль упругости материала верхнего строения пути;

I — момент инерции поперечного сечения относительно горизонтальной оси,

t_c — временной интервал между наездом на путь первой колесной пары и съездом с пути последней колесной пары;

∂ — оператор дифференцирования;

t — время, отсчитываемое от момента начала приложения нагрузки в заданной точке;

x — координата, отсчитываемая вдоль пути;

P — сосредоточенная сила от колесной пары;

U_j — функция, учитывающая характер приложения внешней нагрузки;

V — скорость движения экипажа;

L — длина рассматриваемого участка железнодорожного пути.

Поскольку при решении определяющих дифференциальных уравнений считается, что деформация пути происходит в упругой стадии, можно использовать принцип суперпозиций и для удобства решения рассматривать приложение нагрузки от каждой колесной пары в отдельности от других, а результаты, полученные для различных осей, помещающихся одновременно на пролетном строении колесных пар, затем получать суммированием [7, 8] (рис. 1).

Выражение фактически определяет динамическую реакцию балочного пролетного строения от действия совокупности сосредоточенных сил, представляющих собой общий вес состава, приведенный к отдельным колесным парам.

Источниками вибрации в жилых и общественных зданиях, расположенных в жилых зонах населенных пунктов, являются транспортные средства (метрополитен мелкого заложения, грузовые автомобили, железнодорожные поезда, трамваи), создающие при работе большие динамические нагрузки, которые вызывают распространение вибрации в грунте и строительных конструкциях зданий [1–3].

Эти вибрации часто являются причиной возникновения шума в помещениях зданий. Для устранения негативных воздействий и снижения транспортного шума на первом этапе необходимо определить источник и направления распространения шумовой нагрузки в непосредственной близости от дорог. Наиболее точные данные об уровне шума вдоль железнодорожных путей можно получить путем измерения.

Поскольку реализуемые методы прямых измерений достаточно трудоемки, часто используются расчетные методы

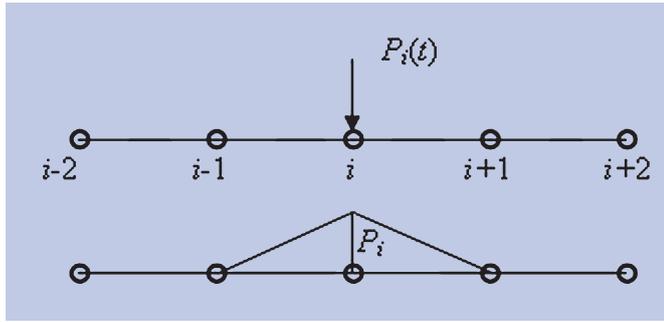


Рис. 1. Схема приложения нагрузки от колесной пары к узлам конечно-элементной сетки и линия влияния сосредоточенной силы. $P_i(t)$ – сосредоточенная сила от колесной пары экипажа, действующая в узле i

$$q_n(t) = \frac{1}{m\omega_{nd}} \int_0^t F_n(\tau) \exp(-\xi_n \omega_n(t-\tau)) \sin(\omega_{nd}(t-\tau)) d\tau, \quad (2)$$

где $F_n(\tau) = \sum_{j=1}^N P_n \cdot [U_j(t, V, L) + U_j(t - t_c, V, L)]$,
 $U_j(t, V, L) = \delta(x - V(t - t_j)) \cdot \left[H(t - t_j) - H\left(t - t_j - \frac{L}{V}\right) \right]$,

- q_n – поперечная распределенная нагрузка, действующая в пределах соседних узловых точек расчетной схемы от экипажа;
- ω – частота колебаний рассматриваемого участка железнодорожного пути;
- F_n – сосредоточенная сила, действующая на соседние узловых точки;
- τ – временной интервал действия внешней нагрузки;
- ξ_n – приведенный коэффициент затухания для выбранной конструктивной системы;
- ω_n – частота колебаний железнодорожного пути в пределах рассматриваемого сегмента расчетной схемы;
- ω_{nd} – нижняя граница значений частоты колебаний расчетной схемы для железнодорожного пути;
- d – полный дифференциал по времени.

Вычислительная процедура, используемая для решения определяющих уравнений на ЭВМ, предполагает разделение характерного временного интервала (период собственных колебаний для стационарных процессов и время прихода упругой волны в заданную точку конструкции для нестационарных процессов) на k равных частей. Длительность одной такой части (элементарного временного интервала) t выбирается исходя из условия линейности основных искомых функций на каждом элементарном интервале $(k-1)\tau \leq t \leq k\tau$.

Первая производная от перемещения по времени при этом определяется по выражению

$$\frac{\partial u(k\tau)}{\partial t} = \frac{(u_k - u_{k-1})}{\tau}, \quad (3)$$

где вместо перемещения u может выступать любая определяемая в процессе решения задачи неизвестная функция.

Алгоритмы линеаризации искомых функций при достаточной строгой процедуре выбора элементарного временного интервала широко применяются в современных вычислительных комплексах для прямого интегрирования определяющих дифференциальных уравнений движения, позволяя через значение функции в начальной точке интервала вычислить значения функции в конце временного промежутка.

Скорости и ускорения точке деформируемого элемента конструкции, входящие в уравнение (1), определяются согласно вычислительной схеме Ньюмарка в виде

$$\begin{aligned} \ddot{u}(t) &= \ddot{u}(t_0) = \frac{t-t_0}{\tau} \cdot [\ddot{u}(t+t_0) - \ddot{u}(t_0)], \\ \dot{u}(t+\tau) &= \dot{u}(t_0) + \tau \cdot [(1-\gamma) \cdot \dot{u}(t) + \gamma \cdot \dot{u}(t+\tau)], \\ u(t+\tau) &= u(t) + \tau \cdot \dot{u}(t) + \tau^2 \cdot [(0.5-\beta) \cdot \ddot{u}(t) + \beta \cdot \ddot{u}(t+\tau)] \end{aligned} \quad (4)$$

где g, b – параметры, отвечающие за точность и устойчивость получаемого результата интегрирования, в широком смысле эти величины укладываются в интервалы $0 \leq \gamma \leq 1$ и $0 \leq 2\beta \leq 1$, но в реальных задачах данные диапазоны существенно меньше.

Подобная схема позволяет из определяющего уравнения получить рекуррентную формулу для определения неизвестных перемещений и их производных по времени в различные последовательные моменты времени $\tau_i = \tau i$.

Другим распространенным дефектом является износ рельса. Постоянная эксплуатация железнодорожных путей приводит к механическому и абразивному износу рельсов, особенно на участках с большой плотностью движения поездов. Изношенные рельсы могут потерять свои первоначальные геометрические параметры, что вызовет ухудшение безопасности движения и увеличение шума.

Повторяющееся состояние качения-скольжения колеса и рельса приводит к изменению остаточных напряжений в головке рельса, что в дальнейшем приводит к пластической деформации, а также к износу и дефектам качения, таким как заедания головки и приседания (рис. 2).



Рис. 2. Зона пластического течения в головке рельса

В результате возникновения дефектов рельсов ухудшаются условия движения поездов, увеличиваются трение и сопротивление, что приводит к повышению энергозатрат и износу подвижного состава. Кроме того, дефекты рельсов создают дополнительные вибрационные и шумовые нагрузки на окружающую среду и людей.

Дискретный дефект протектора колеса – это локальное отклонение от номинального радиуса колеса на коротком участке окружности колеса. Оно приводит к радиальной неравномерности, которая при каждом обороте колеса может создавать ударную нагрузку в контакте колеса с рельсом [9, 10].

Дефекты колеса и рельса связаны между собой, и при их совпадении резко увеличиваются динамические силы, что усугубляет развитие как отдельных сосредоточенных дефектов, так и второстепенных отклонений, косвенно связанных с первичными дефектами.

В настоящем исследовании изучается поведение верхнего строения пути в виде фрагмента упругой балки, которая имеет дефекты, что выражается в увеличении внешней силы, действующей со стороны подвижного состава.

Теория Герца нормального контакта между двумя твердыми телами опирается на несколько предположений. Оба тела являются линейно упругими телами. Размер площади контакта мал по сравнению с размерами двух тел и их радиусами кривизны. Для расчета напряжений и деформаций это означает, что тела можно рассматривать как бесконечные упругие тела с плоской упругой поверхностью. Поверхности Герца могут быть описаны квадратичными функциями вблизи контакта. В зоне контакта предположительно нет трения, и единственная передаваемая нагрузка перпендикулярна контакту [11, 12] (рис. 3).

Область динамического контакта колеса и рельса имеет форму, отличную от окружности. Чаще всего для моделирования контакта принимается эллипс, точки которого имеют различное напряжение.

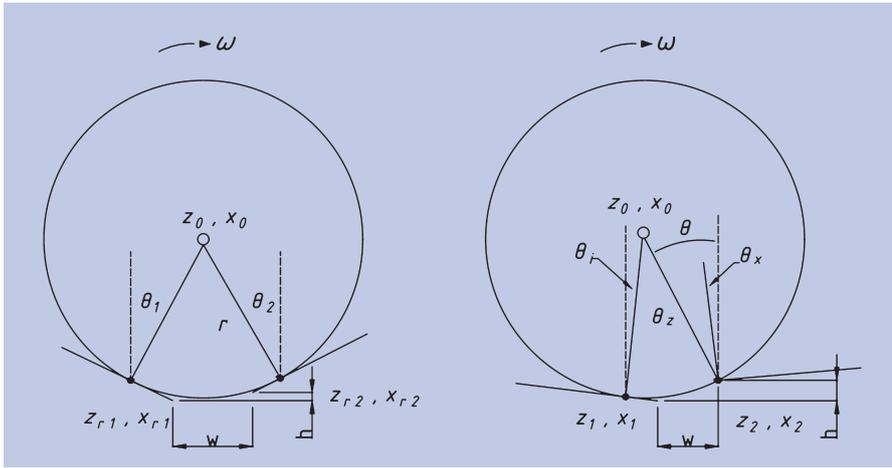


Рис. 3. Схема взаимодействия колеса и рельса в месте стыка рельсовых плетей: а) симметричный; б) несимметричный контакт: r – радиус колеса транспортного средства; z_0, x_0 – координаты центра колеса; $z_{r1}, x_{r1}, z_{r2}, x_{r2}$ – координаты крайних точек контакта колеса и левого или правого рельса соответственно; w – размер области контакта колеса и правого рельса; h – местная вертикальная деформация для рельса, на который набегает колесо; q_i – семейство вертикальных углов, обозначенных на рисунке и определяющих геометрию контакта колеса и рельсовой направляющей

$$t_0 \approx \sqrt{8R_w d}, \quad (5)$$

где t_0 – характерный размер области контакта колеса и рельса в направлении движения, d – местное смятие в зоне контакта.

В данном соотношении R_w – сила взаимодействия колеса и рельса, вектор, который направлен вертикально, даже если имеет несимметричный дефект, вертикальная компонента силы контакта существенно больше горизонтальных составляющих. Упругий элемент типа элемента Герца позволяет смоделировать контакт колеса и рельса, а изменение упругих компонентов – представить работу конструкции на небольшом удалении от точки приложения внешней нагрузки [13]:

$$x_{inf} \approx d - \frac{z^2}{2R_w}, \quad -\frac{t_0}{2} \leq z \leq \frac{t_0}{2}, \quad (6)$$

где z – геометрический размер расстояния между центром тяжести взаимодействия тел.

Также учитывается вектор коэффициентов влияния геометрических параметров поперечного сечения, которые учитывают как упругие, так и сопутствующие деформации.

Параметры конструкции линеаризуются для каждой области приложения нагрузки, а жесткость упругого элемента Герца подбирается исходя из условия тангенциального градиента [14].

В этом случае существуют значения, при которых могут происходить отрыв и проскальзывания колеса, что позволяет использовать предлагаемый подход, например при галопировании тележки.

Для предотвращения возникновения дефектов рельсов необходимо проводить регулярные проверки и техническое обслуживание пути, а также контролировать качество изготовления и сварки

рельсов. Важно также применять специальные подушки амортизации и шумоизоляции и современные технологии строительства и ремонта железнодорожных путей, которые позволяют уменьшить вибрацию и шумовое воздействие.

Таким образом, при развитии железнодорожной инфраструктуры необходимо минимизировать вероятность возникновения вибрации и шума. Это не только обеспечит безопасность и комфорт жителей, улучшит состояние окружающей среды, но и увеличит срок эксплуатации транспортной системы. ■

Источники

1. Власова Е. В. Вибрация как фактор риска для жизни и здоровья человека // Безопасность городской среды: материалы межрегион. (с междунар. участием) науч.-практич. конф., Омск, 18–20 ноября 2015 г. Омск: ОГИС, 2016. С. 183–186.
2. Локтева Н. А., Фунг Н. З. Взаимодействие плоской нестационарной волны в упругой среде с преградой сложной конструкции // XII Всерос. съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: Сб. тр. Уфа, 19–24 августа 2019 г. В 4 т. Т. 3. Уфа: БашГУ, 2019. С. 501–502.
3. Тягунова Л. Ю., Стульчикова М. В. Особенности строительства многоэтажных зданий в зонах повышенных колебательных воздействий на их конструкцию // Тр. науч. конф. 17-го Российского архитектурно-строительного форума: Доклады секций семинара, Нижний Новгород, 14–17 мая 2019 г. / отв. ред. А. А. Лапшин. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2019. С. 46–48.
4. Новак Ю. В., Тропилло А. В. Мероприятия по защите от вибрации, вызван-

- ной влиянием движения транспортных средств // Транспортное строительство. 2013. № 7. С. 28–30.
5. Локтев А.А., Илларионова Л.А., Сколов А.А. Оценка влияния числа подвижных источников на шум и вибрации в городской среде вблизи транспортных магистралей // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2023. № 3. С. 75–84. DOI 10.15593/24111678/2023.03.08.
6. Локтев А.А., Шишкина И.В., Ткаченко В.И., Артемьева В.В. Расчет долей дефектных элементов стрелочной продукции // Транспорт Урала. 2023. № 1 (76). С. 88–92. DOI 10.20291/1815-9400-2023-1-88-92.
7. Loktev A.A., Korolev V.V. Models of deformation behavior and analytical methods for determining settlement of weak soils // Transp. Res. Proc. 2022. Vol. 63. P. 817–824. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.06.078
8. Илларионова Л.А., Локтев А.А., Бокков С.С. Динамическое воздействие экипажа на вязко-упругую плиту основания городского транспорта // Наука и техника транспорта. 2023. № 1. С. 52–56.
9. Локтев А. А., Баракат А. Анализ поведения пролетных конструкций с трещинами при вибрациях // Транспортные сооружения. 2022. Т. 9. № 3. DOI 10.15862/04SATS322.
10. Болотин В. В. Динамическая устойчивость упругих систем. М.: Гостехиздат, 1956. 600 с.
11. Локтев А. А., Сычева А. В., Сычев В. П. Обоснование эффекта притормаживания упругой волны от воздействия колес подвижного состава на рельс с локализацией волны в зоне дефекта железнодорожного пути // Наука и техника транспорта. 2022. № 3. С. 25–30.
12. Сычева А. В., Кузнецова Н. В. Способ оценки дефектности элементов железнодорожного пути локализацией волновых процессов взаимодействия «колесо-рельс» Текст: непосредственный // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. 2020. Т. 16, № 16. С. 114–121.
13. Индейцев Д.А., Осипова Е.В. Локализация нелинейных волн в упругих телах с включениями // Акустический журнал. 2004. Т. 50, № 4. С. 496–503.
14. Королев В.В. Особенности работы пролетного строения мостового перехода при смещении оси рельсошпальной решетки // Вестн. ВНИИЖТ. 2020. Т. 79, № 3. С. 127–138. DOI: https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-3-127-138.

Международный мультимодальный транспортный коридор Мохэ — Рейново — Якутск — Тикси



В. А. Анисимов,
д-р техн. наук, профессор
кафедры «Изыскания
и проектирование
железных дорог»
Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I,



А. К. Слатина,
инженер-проектировщик
отдела пути и сооружений
АО «ЛенГипрострой»

Новые геополитические реалии ставят перед Россией задачи ускоренного продвижения транспортных инфраструктурных проектов. Среди них большой интерес для оптимизации грузопотоков между странами АТР и Европой, а также развития российских дальневосточных и арктических регионов представляет мультимодальный транспортный коридор (МТК) Мохэ — Тикси.

В Стратегиях России [1–4] Дальний Восток и Арктическая зона представлены как территории масштабных проектов, ориентированных на добычу, переработку и транспортировку богатейших запасов природных ресурсов общемирового значения, основную долю которых составляют углеводороды.

Конкурентными преимуществами этих регионов помимо природных ресурсов являются большое количество удобных выходов к морскому побережью на значительном протяжении, а также кратчайшие транспортные маршруты между странами Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) и Европы.

Дальний Восток занимает около 42 % территории страны (6,9 млн км²), площадь арктических регионов достигает 28 % (4,8 млн км²).

Значительная часть дальневосточных земель и практически вся Арктическая зона России находятся в сложнейших природно-климатических условиях, имеют локальный характер расселения людей, низкую плотность населения и очень слаборазвитую транспортную инфраструктуру. В Арктике практически отсутствуют железные дороги и автомобильные дороги с твердым покрытием [5].

Развитие арктических районов сдерживается высокой затратностью и энергоемкостью производства из-за экстремальных природно-климатических условий, а также большими транспортными расходами при пассажиро- и грузоперевозках между данными регионами и остальной частью России.

Дальний Восток и Арктическая зона России в своей основе представляют собой дотационные регионы с очаговым

характером размещения производительных сил. Очень серьезным препятствием для их развития является продолжающееся снижение численности населения.

В 1991 г., по данным Росстата, в дальневосточных регионах РФ проживало чуть более 8 млн человек, в 2018 г. — 6,16 млн человек, т.е. в течение 28 лет численность населения сократилась более чем на 20 %. По приведенным в [6] данным, за последние 30 лет население региона сократилось почти на четверть.

В 2019 г. к Дальневосточному федеральному округу (ДФО) присоединили Бурятию и Забайкалье, в связи с чем численность населения здесь увеличилась до 8,12 млн человек. Для такой обширной территории данный показатель ничтожно мал. При этом основная часть населения проживает вдоль Транссиба, где есть возможность трудоустройства, а также имеется связь с другими регионами.

Для обеспечения национальной безопасности и других государственных интересов страны в новых геополитических условиях с особой остротой встает проблема создания единой транспортно-логистической системы Дальнего Востока и Арктической зоны, которая позволит объединить материковую и портовую инфраструктуру данных регионов.

Основные направления развития транспортной инфраструктуры Дальнего Востока и Арктической зоны

В стратегических документах правительства РФ особое внимание уделено развитию транспортной инфраструктуры дальневосточных регионов и Арктической зоны — Транссибирской и Байкало-Амурской (БАМ) магистралей, Северного морского пути (СМП), морских портов,

пограничных переходов и подходов к ним.

Значимость поставленной задачи повышается в связи с долгосрочными перспективами реализации инициативы Китая «Один пояс, один путь» и прогнозируемым увеличением контейнерных грузопотоков между странами АТР и Европы. Использование международных транспортных коридоров, проходящих через территорию России, может принести экономике страны существенные выгоды [7].

Если сравнивать расстояния, которые нужно преодолеть при перевозках грузов между азиатскими и европейскими портами через Суэцкий канал и с использованием МТК, включающих в себя Трансиб, БАМ и СМП, то путь транспортировки сокращается на 14–39% [7, 8].

При организации круглогодичного судоходства по Севморпути сокращение протяженности маршрута и времени доставки грузов позволит существенно удешевить стоимость перевозок. С 8 августа по 11 сентября 2013 г. универсальное судно Yong Sheng китайской компании Cosco доставило груз по СМП из порта Далянь в Роттердам, сократив время в пути на 13 дней по сравнению с маршрутом через Суэцкий канал. В 2015 г. без ледокольного сопровождения это же судно прошло по СМП путь из Китая в Европу и обратно по маршруту Цзяньинь — Варберг — Гамбург — Тяньцзинь за 72 дня. По сравнению с южным маршрутом было сэкономлено 540 т топлива и сокращено время в пути на 20 дней [9]. При сравнении с маршрутом через Суэцкий канал

Сравнение ВВП США и Китая

Год	ВВП		ВВП по ППС, трлн международных долларов	
	США, трлн долларов	КНР, трлн юней	США	КНР
2016	18,70	74,64	19,02	18,62
2017	19,48	83,20	19,89	19,86
2018	20,53	91,93	20,94	21,64
2019	21,38	98,65	21,76	23,38
2020	21,06	101,36	21,47	24,09
2021	23,32	114,92	23,62	27,27
2022	25,46	121,02	25,84	30,00

эксперты отметили такие преимущества СМП, как сокращение времени прохода судов до 27%, экономия расхода топлива до 10% и снижение выбросов до 35%.

Для реализации конкурентных преимуществ СМП в Транспортную стратегию РФ [4] включено строительство коммерческого флота судов-контейнеровозов высокого ледового класса. Реализовать данный проект предполагается в две фазы. На первом (пилотном) этапе, необходимом для апробации маршрута по СМП, запланирован объем контейнерных перевозок до 440 тысяч TEU, или 5 млн т грузов. Решение о реализации второй полномасштабной фазы планируется принять после первого года апробации.

В 2019 г. суммарный объем торговли между КНР и Европой составил 11,7 млн TEU, из них 8,7 млн — из Китая и 3 млн — из Европы. В [4] приведен прогноз роста объема торговли между данными странами к 2035 г. до 18 млн TEU при более 75% отправок из Китая, а также прогнозные данные общего объема торговли через

МТК АТР — Европа с увеличением от 14,1 до 21,4 млн TEU, из которых от 3 до 5 млн TEU тяготеют к перевозкам через Россию.

Прогнозы ожидаемого роста торговли между КНР и ЕС подтверждаются статистическими данными Международного валютного фонда и Всемирного банка по ВВП Китая (см. таблицу).

С 2016 по 2022 г. ВВП Китая показал увеличение на 62,1%, США — на 36,1%. Прогнозируемый рост экономики КНР планируется обеспечить в основном за счет индустриализации его северо-восточных регионов, неразвитая транспортная инфраструктура которых в сочетании с существенными различиями в доступности природных и человеческих ресурсов привела к диспропорциям в развитии территорий страны.

В настоящее время самые промышленные и богатые провинции Китая расположены вдоль юго-восточного побережья и в центре (рис. 1). Их стремительное развитие оказало наиболее значительное влияние на азиатскую региональную эко-

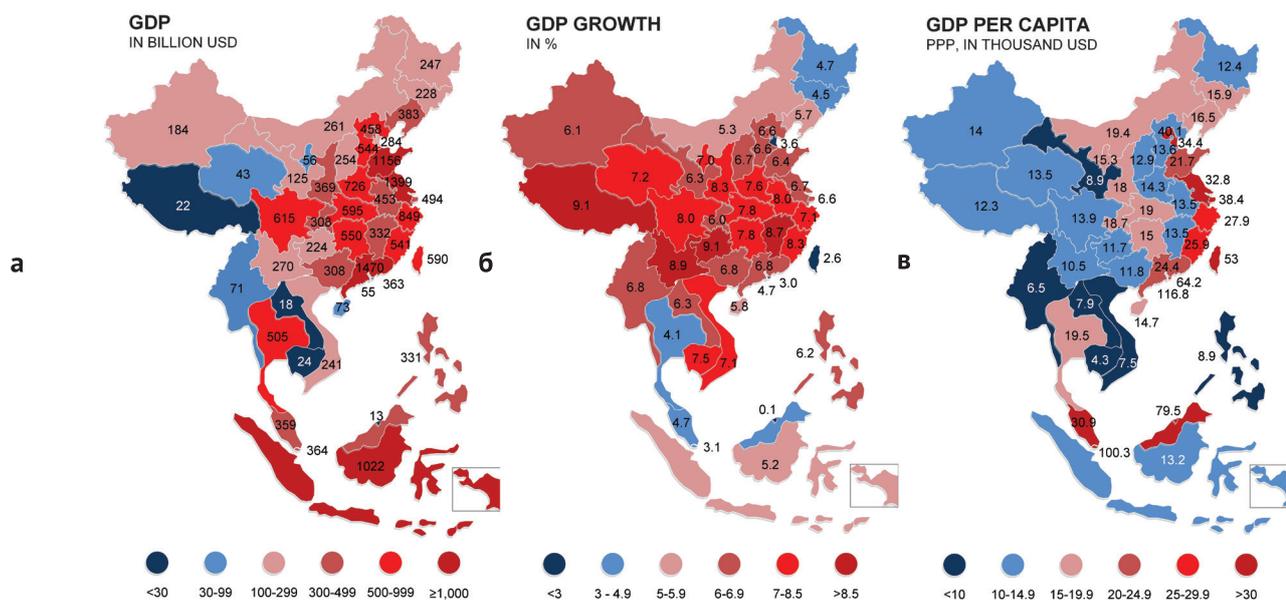


Рис. 1. Сравнение ВВП провинций КНР и стран АСЕАН за 2018 г.: а) ВВП; б) рост ВВП; в) ВВП на душу населения (<https://www.aseanbriefing.com/news/wp-content/uploads/2019/12/GDP-Comparison-China-ASEAN.jpg>)

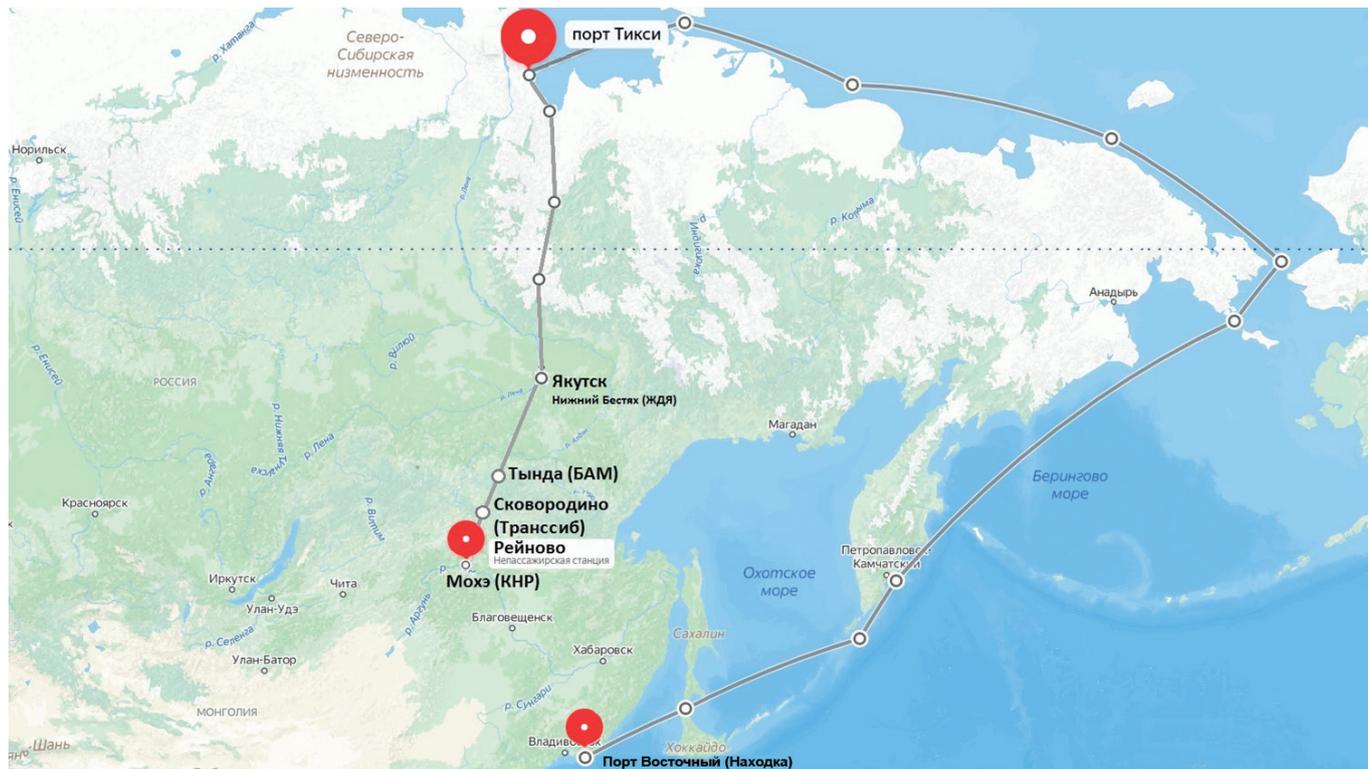


Рис. 2. Направления Мохэ – Тикси и Порт Восточный – Тикси

номику в целом. В этой ситуации правительство КНР определило одним из главных приоритетов помощь отстающим в развитии регионам.

Из данных по объемам торговли различных китайских регионов с Россией известно, что на 10 провинций, находящихся в северных и восточных регионах Китая, приходится 70% от всего объема торговых сделок. Быстрыми темпами растет экспорт к нам изделий текстильной промышленности, электромеханической продукции, машин, оборудования из черных металлов, средств наземного транспорта с востока Китая. На сегодня северо-восточная провинция Хэйлунцзян, административным центром которой является г. Харбин, является главным торговым партнером России.

В 2022 г. по сети железных дорог ОАО «РЖД» был перевезен рекордный объем грузов из КНР — 276 млн т, что на 3,3% больше, чем годом ранее. В Китай из нашей страны в 2022 г. было отправлено грузов на 28% больше, чем в 2021 г.

За последние два года в 3 раза увеличился объем экспорта грузов из Якутии на северо-восток Китая. Основные экспортируемые товары — это углеводороды (каменный уголь, топливные ресурсы). В 2022 г. правительство Республики Саха (Якутия) и Российская торговая компания «Хуа Но Э Сян» подписали соглашение о содействии экспорта несырьевой продукции в Китай.

Соответственно, в развитии инфраструктуры мультимодальных транспортных коридоров, ведущих к портам Дальнего Востока и Арктической зоны России, не меньше, чем наша страна, заинтересован и Китай [7, 9–15] — наш стратегический партнер, железнодорожная инфраструктура которого в направлении собственных морских портов уже давно работает на пределе своих возможностей [7], а также другие страны АТР.

Меридиональный МТК Мохэ – Тикси

В новых стремительно изменяющихся геополитических условиях развитие арктического судоходства и создание круглогодично действующих мультимодальных транспортных коридоров в Арктике и на Дальнем Востоке позволят обеспечить решение стратегических задач транспортной отрасли нашей страны по освоению экспортно-импортных грузопотоков между странами АТР и Россией, а также транзитных перевозок между рынками Китая и Европы.

Одним из таких транспортных коридоров является меридиональный МТК Мохэ (КНР) — Рейново (РФ) — Якутск — порт Тикси [7, 14, 15]. Он свяжет Севморпуть по кратчайшему маршруту с южными районами ДФО и северо-восточными регионами КНР, а также позволит ускорить хозяйственное освоение прилегающих к нему малоосвоенных территорий Якутии.

Главным и самым существенным преимуществом данного МТК является обеспечение для Китая прямого сухопутного выхода на СМП через порт Тикси. От пограничного перехода Джалинда (РФ) — Мохэ (КНР) этот путь составит около 2,2 тыс. км вместо 7,2 тыс. км по маршруту от порта Восточный в Находке до Тикси через Берингов пролив со сложной ледовой обстановкой (рис. 2).

Основой коридора Мохэ — Тикси станет однопутная железная дорога на автономной тяге, которая сможет разгрузить Транссиб и БАМ, взяв на себя объем экспортно-импортных и транзитных перевозок более 1 млн TEU.

Особое значение этот МТК имеет для Якутии, на территории которой находятся месторождения редкоземельных металлов, алмазов, золота, олова, вольфрама, полиметаллических и железных руд, углеводородов, базальта и строительного камня, а также 11% лесных ресурсов России [9].

Создание меридионального МТК Мохэ — Тикси включает в себя реализацию следующих инвестиционных проектов:

- реконструкцию железной дороги Сквородино — Рейново (68 км), возведенной в 1911 г. для доставки от Амура до Сквородино строительных материалов, частей вагонов и паровозов, продуктов и рабочих для строительства Амурской железной дороги [17];

- строительство международного железнодорожного моста Джалинда (РФ) — Мохэ (КНР) [18];
- создание железнодорожного пограничного перехода Джалинда — Мохэ;
- реконструкцию станции Рейново;
- строительство дополнительно главного пути (31 км) для пропуска транзитных грузовых поездов от Скородино до Бамовской [18];
- увеличение пропускной способности железнодорожной линии Бамовская — Тында — Нерюнгри;
- увеличение пропускной способности участка Нерюнгри — Якутск (Нижний Бестях);
- строительство новой железной дороги Якутск (Нижний Бестях) — порт Тикси;
- реконструкцию морского порта Тикси.

Железная дорога Якутск (Нижний Бестях) — порт Тикси

Из всех перечисленных проектов самым сложным и капиталоемким является строительство новой железной дороги Якутск (Нижний Бестях) — порт Тикси. Суровые природно-климатические условия арктических районов Якутии, а также сложные инженерно-геологические условия (многолетнемерзлые грунты, термокарстовые озера и поля, участки с подземным льдом и др.) предъявляют жесткие требования к проектированию, строительству и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры [19, 20].

Кроме того, при строительстве железных дорог, относящихся к объектам капитального строительства со сроком службы более 100 лет, необходимо учитывать прогнозируемые последствия глобального изменения климата [20]. Они могут существенно повлиять на надежность и безопасность принимаемых проектных конструктивно-технических решений по устройствам и сооружениям дороги.

К наиболее негативным последствиям изменения климата в Арктике относится опасная деградация многолетней мерзлоты, резко снижающая несущую способность мерзлого грунта и приводящая к деформациям и повышенным напряжениям, ухудшающим прочностные характеристики сооружений. Данное явление представляет серьезные риски для безопасности движения поездов и обязывает предусматривать дополнительные меры по обеспечению эксплуатационной надежности постоянных устройств

и сооружений железной дороги, что существенно повышает строительную стоимость и эксплуатационные расходы.

Также в последние десятилетия в районах Арктической зоны фиксируется повышение частоты и интенсивности природно-климатических явлений, связанных с сильными осадками, затоплением внутренних водоемов, заболачиванием территорий, абразией морских побережий, которые оказывают негативное влияние на устойчивость устройств и сооружений транспортной инфраструктуры [20].

Перечисленные выше факторы в совокупности с высокой затратностью и энергоемкостью хозяйственной деятельности в суровых природно-климатических условиях Якутии снижают инвестиционную привлекательность инфраструктурных проектов в этом регионе. В то же время глобальное потепление положительно сказывается на увеличении периода навигации по Севморпути [4].

Новая железная дорога Якутск (Нижний Бестях) — порт Тикси может стать катализатором экономического и социального развития Якутии, позволит сократить время доставки грузов из северных и восточных регионов КНР

в страны Европы и оптимизировать логистику транзитных грузов, тяготеющих к сухопутным МТК, проходящим через территорию России.

При этом возможны два основных варианта направлений дороги Якутск (Нижний Бестях) — порт Тикси относительно Верхоянского хребта (рис. 3), образующего выпуклую на юго-запад дугу шириной от 100 до 250 км и протяженностью 1200 км между дельтой реки Лены и рекой Томпо (правого притока Алдана) [21].

Первый (восточный) вариант проходит от станции Нижний Бестях Амуро-Якутской магистрали до мостового перехода через р. Алдан, затем до населенного пункта Сегиан-Кюель Кобяйского улуса, далее с юга на север по попутным долинам рек пересекает Верхоянский хребет и идет вдоль его восточной стороны через населенный пункт Батагай-Альга Эвено-Бытантайского улуса, в котором расположен действующий аэропорт Саккырыр. Данный вариант проходит на расстоянии 80–100 км от Верхоянска, что позволяет соединить этот город железнодорожной веткой с линией Мохэ — Тикси.

Направление второго (западного) варианта совпадает с первым до моста

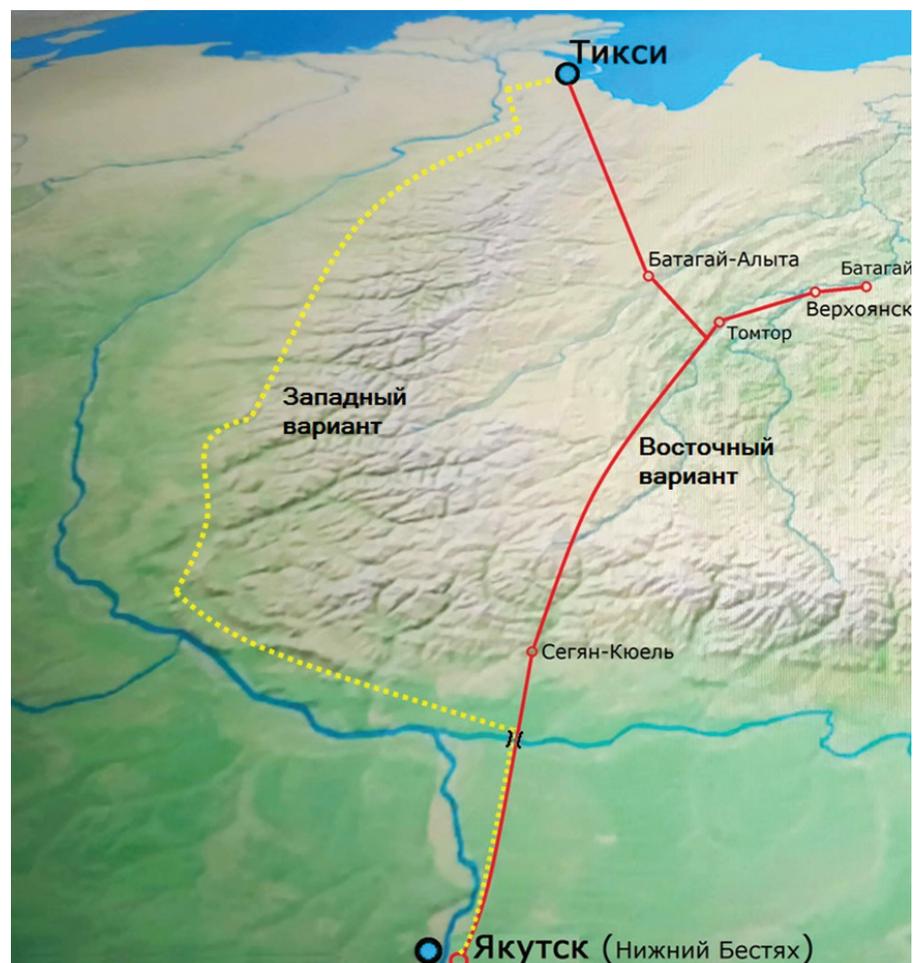


Рис. 3. Варианты направлений железной дороги Якутск (Нижний Бестях) — порт Тикси

через Алдан, затем поворачивает на северо-запад и проходит вдоль долины Лены по подножью западного макросклона Верхоянского хребта до реки Огонёр-Юряге, далее по долинам рек пересекает с запада на восток северную часть хребта, спускается по его восточному склону к реке Кёнгдэй и затем — к порту Тикси.

Верхоянский хребт сложен алевритами, песчаниками, сланцами [21]. Эти горные породы могут служить отличным строительным материалом для возведения насыпей.

Западный макросклон хребта по сравнению с восточным более крутой, большинство его долин представляют собой скалистые ущелья с отвесными склонами. В некоторых местах перепад высот достигает 800–1300 м.

На склонах северной экспозиции широко распространена солифлюкция, на юге — обвально-осыпные процессы. Нередко встречаются курумы, термокарстовые котловины, термоэрозионные формы. В днищах долин часто располагаются наледные поляны [21].

Река Лена в среднем течении протекает по равнинной местности с высотами от 40 до 200 м, поверхность которой сложена лёссовидными суглинками и озерно-речными песками с повсеместным распространением многолетнемерзлых грунтов, болот и мелководных термокарстовых озер. Между 67° и 68° с.ш. русло Лены отходит от подножья западного макросклона Верхоянского хребта до 130 км.

Предварительная оценка результатов анализа топографических условий прохождения двух основных вариантов направлений железной дороги Якутск (Нижний Бестях) — порт Тикси, выполненного по космическим снимкам и среднemasштабным картам, показала, что данные варианты можно считать конкурентоспособными.

Однако следует отметить, что для социально-экономического развития тяготеющих к новой железной дороге территорий Якутии первый вариант предпочтительнее, так как трасса пройдет недалеко от месторождений золота и серебра, которыми богат Верхоянский хребт, и свяжет населенные пункты, расположенные в северных труднодоступных районах.

Заключение

Создание конкурентоспособных международных транспортных коридоров, проходящих через территории

Дальнего Востока и Арктической зоны России, позволит интегрировать ее магистральные пути сообщения в международную транспортную систему Азиатско-Тихоокеанского региона для решения стратегических задач обеспечения экспортно-импортных и транзитных перевозок, социально-экономического развития данных регионов, повышения их безопасности и укрепления обороноспособности страны. ■

Источники

1. Стратегия социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 28.12.2009 г. № 2094-р.
2. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» (с изменениями на 12.11.2021 г.).
3. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 11.06.2014 г. № 1032-р.
4. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 27.11.2021 г. № 3363-р.
5. Галимуллин Э.З. Китай и «восточный вектор» российской арктической политики // Азия и Африка сегодня. 2020. № 2. С. 57–63.
6. Авдеев Ю.А. Дальний Восток: как остановить отток населения и сделать его привлекательным? (полемиические размышления) // Уровень жизни населения регионов России. 2021. Т.17, № 3. С. 299–313. DOI: 10.19181/Ispr.2021.17.3.1.
7. Цветков В.А., Зойдов К.Х., Медков А.А. О возможности и целесообразности организации транзита через Россию грузов между странами Тихоокеанского региона и Европы. Депонент Соционет. 2013. Февраль.
8. Шкурников С.В., Иванов В.В., Булакаева О.С., Богданова Л.А. История и перспективы развития железных дорог в Арктической зоне России // Инфраструктура транспорта. 2021. № 1 (1). С. 98–107.
9. Лабюк А.И. Российский Дальний Восток в арктической политике Китая // Россия и АТР. 2022. № 2 (116). С. 129–147.
10. Медведев Д.А., Полончук Р.А., Шашок Л.А. Арктическая политика Китая в первой четверти XXI века / под ред. С.Н.Гриняева. М.: АНО ЦСОИП, 2020. 84 с.

11. Кобышев В.Н., Кобзева М.А. Политика Китая в Арктике: традиции и современность // Сравнительная политика. 2017. № 1. С. 77–92. DOI: 10.18611/2221-3279-2017-8-1-77-92.
12. Кобзева М. А. Сотрудничество России и КНР в сфере арктического судоходства: состояние и перспективы // Арктика и Север. 2021. № 43. С. 89–108. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.43.89.
13. Карандашева В.Ю. Политика Китая в Арктическом регионе // Проблемы постсоветского пространства. 2019. № 6 (1). С. 24–32. URL: <https://doi.org/10.24975/2313-8920-2019-6-1-24-32> (дата обращения 23.12.2023).
14. Леонов С.Н., Заостровских Е.А. Развитие Северного морского пути и рост активности КНР в Арктике как предпосылки усиления транспортного каркаса Дальнего Востока // Регионалистика. 2021. Т.8, № 2. С. 54–70. URL: <http://dx.doi.org/10.14530/reg.2021.2.54> (дата обращения 23.12.2023).
15. Тарасов П.И., Зырянов И.В., Хазин М.Л. Транспортный коридор через Западную Якутию // ГИАБ. 2018. № 6. С. 170–184.
16. Федорова Н.А. Проблемы и перспективы развития промышленности в Республике Саха (Якутия) // Региональная экономика и управление. 2016. № 4 (48). URL: <https://eee-region.ru/article/4845> (дата обращения 23.12.2023).
17. Рейновская ветка достойно послужила Транссибу // Гудок. Забайкальская магистраль. № 45. 18.11.2011. URL: <https://www.gudok.ru/zdr/172/?ID=602161> (дата обращения 29.10.2023).
18. РЖД расширит транзитные возможности Транссиба в районе транспортного узла Сковородино // ИА «Интерфакс». 27.02.2023. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=208203> (дата обращения 29.10.2023).
19. Бушуев Н.С., Шкурников С.В., Герасимов В.А. и др. Особенности проектирования трассы железной дороги в условиях вечной мерзлоты // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019. Т. 63, № 3. С. 135–142. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).135-142.
20. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В.М.Катцова; Росгидромет. СПб.: Научно-емкие технологии, 2022. 676 с.
21. Большая российская энциклопедия 2004–2017. URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/5864526> (дата обращения 30.11.2023).

Задачи совершенствования методов технологического проектирования морских торговых портов



А. Л. Кузнецов,
д-р техн. наук, профессор
кафедры портов
и грузовых терминалов
Государственного
университета морского
и речного флота им. адм.
С. О. Макарова (ГУМРФ),



А. М. Сампиев,
канд. экон. наук, директор
по производству
АО «Ленморнишпроект»,



А. Д. Семенов,
аспирант ГУМРФ,



А. О. Иванов,
аспирант Центрального
научно-исследовательского
и проектного института
Минстроя России

Разрыв экономических связей с традиционными партнерами и необходимость переключить товаропотоки на новые направления потребовали коренной перестройки транспорта. При этом многие порты, составляющие основу транспортной инфраструктуры внешней торговли, оказались расположенными не в самых востребованных географических локациях или же не соответствующими грузопотокам.

Технологическое проектирование — это разработка технологических решений, необходимых при строительно-монтажных работах, вводе в эксплуатацию и работе инженерных объектов. Этот творческий процесс подчиняется многим ограничениям и рекомендациям, основные из которых сведены в документ «Нормы технологического проектирования» для соответствующих отраслей [1, 2].

Нормы технологического проектирования объектов транспортной инфраструктуры, как и вся практика их применения, в нынешнем виде были сформированы в годы восстановления разрушенного народного хозяйства после Великой Отечественной войны. Необходимость быстро получить результат в условиях дефицита кадров и операционных ресурсов обусловило требования простоты и однозначности содержащихся в этих документах рекомендаций и методов расчета. В сложившихся обстоятельствах такая регламентация являлась оправданным и рациональным решением, позволяющим избежать грубых ошибок и просчетов, свойственных масштабным и многочисленным проектам создания объектов транспортной инфраструктуры в быстро меняющихся экономических условиях.

Эффективность и полезность норм поддерживалась и господствующей моделью командно-административного хозяйствования, позволявшей использовать унифицированные технологические решения, оборудование и технологии, а также не выдвигавшей требования финансово-экономического плана вслед-

ствие отсутствия конкуренции и наличия государственного распределения грузопотоков и ресурсов.

В условиях относительно узкого спектра технических средств и соответствующих технологий унификация без дополнительных усилий обеспечивала более-менее приемлемый уровень эффективности за счет действия эффекта масштабной экономии. Централизация управления экономикой в сфере транспорта предусматривала также сбор полной и достоверной информации о работе всех объектов транспортной инфраструктуры, что позволяло без особого труда так же централизованно проводить всесторонний анализ опыта их эксплуатации, а отсутствие конкуренции создавало все условия для открытого обмена опытом и распространения лучших операционных практик в фактически стандартных условиях.

Унификация, предсказуемость и стабильность линии экономического развития обуславливали надежность и достоверность методов планирования на всех его горизонтах и уровнях, позволяя создавать такие эффективные инструменты, как непрерывный план-график работы порта.

Однако в конце десятилетия, которое тогда называли «эпохой развитого социализма», все перечисленные выше факторы постепенно стали менять знак направленности своего влияния. Во многом развал СССР был обусловлен не политическими, а экономическими причинами, хотя их детальный анализ выходит за рамки настоящей работы.

Безусловно, в отношении объектов

транспортной отрасли, напрямую определяющей экономику любой страны, все турбулентные события конца XX в. не могли не оказать влияния. Превращение морских и сухопутных терминалов в субъекты жесткой конкуренции, глadiatorская борьба за грузопотоки, почти полная утрата «страховочных сетей» господдержки, непредсказуемость путей экономического развития государства и потеря возможности стратегического и тактического планирования поставили их в совершенно иные коммерческие и финансово-экономические условия.

На самом деле все перечисленное полностью изменило суть игры для всех ее участников. В то же время государство и производные от него органы регулирования пытались на разных уровнях и по разным причинам сохранить свое влияние. Хотя цель игры изменилась, ее организаторы и судьи пытались оставить за собой роль устанавливающих правила. При этом отрицать появление не только новых экономических моделей, но и транспортных технологий было невозможно, и правила игры в аспекте технологического проектирования объективно требовали изменений. В отношении морских торговых портов это выразилось в последовательном появлении нескольких редакций технологических норм. Общим недостатком всех этих попыток было сохранение жесткой регламентации в отношении технологических решений при расширении возможной вариативности отдельных структурных и параметрических характеристик.

В то же время весь ход развития мировой транспортной отрасли и методов проектирования объектов ее инфраструктуры говорил о том, что предметами такой жесткой регламентации должны служить лишь объекты и процессы, непосредственно связанные с обеспечением безопасности. Все остальные аспекты, касающиеся использования технологических решений для обеспечения коммерческих преимуществ, должны быть выведены из сферы регламентации. Несмотря на растущее понимание этой проблемы со стороны всех причастных, осколки государственного аппарата сумели сохранить за собой главенствующее положение в этой сфере деятельности в форме государственных экспертиз. Как следствие, в проектной документации ее составители все чаще в качестве вариантов указывали предлагаемые нормами технологического проектирования решения как обязательные, но не как ре-

альные и рекомендуемые. Крайним проявлением этого подхода стала практика подготовки двух вариантов отчетов по проекту: первый представлялся в органы для получения необходимых разрешений, а второй содержал предложения по его реальному функционированию.

Вообще методические проблемы существующих норм технологического проектирования были обусловлены историей их появления. В основе всех расчетов, содержащихся в исходных нормах, лежали расчетно-аналитические методы [3–6]. При этом вначале достаточно компактные и ограниченные по объему данные позволяли составлять представление о типовых значениях всех исходных расчетных величин, а малый размер пространства возможных технологических решений обуславливал предложение небольшого числа расчетных формул для вычисления искомых выходных параметров.

Технологическое проектирование в различных инженерных сферах и проектах существенно различается по цели, объему и содержанию, поэтому говорить о конкретных задачах его совершенствования следует в соответствующем контексте.

Проектирование морских перегрузочных комплексов — сложный и длительный процесс, в который вовлечены многочисленные группы инженеров разных специальностей. При этом практически всегда выполняются научно-исследовательские работы.

Хорошей практикой в настоящее время становится выполнение математического и физического моделирования волновых процессов, оценка влияния ледовых условий на гидротехнические сооружения, математическое моделирование движения наносов при дноуглублении акватории для оценки межсезонной заносимости и др. Требования к выполнению данных видов исследований определяются нормативными документами (например, СП 38.13330.2018), а также заказчиками строительства.

Потребность в научно-исследовательских работах может возникнуть на любой стадии реализации проекта, если у проектировщиков нет тривиальных инструментов решения возникшей проблемы, когда положения действующей нормативной базы не могут дать однозначного решения проблемы. Также обращаются к научному исследованию при решении задач по снижению стоимости проектных решений.

Однако в технологическом проектировании морских перегрузочных комплексов вопрос выполнения научно-исследовательских работ, позволяющих внедрить элементы «бережливого проектирования», до настоящего времени не осмыслен проектировщиками и проверяющими их экспертными организациями.

Сейчас основным документом, в соответствии с которым ведется технологическое проектирование морских перегрузочных комплексов, является СП 350.1326000.2018 «Нормы технологического проектирования морских портов» (далее — Нормы).

Основные технологические параметры морских перегрузочных комплексов, которые выделяются в Нормах:

- проектная мощность;
- количество причалов;
- пропускная способность причала;
- валовая интенсивность грузовых работ;
- длина причальной линии;
- пропускная способность железнодорожного и автомобильного грузовых фронтов;
- площадь и вместимость склада.

Данные технологические показатели определяют облик и экономику проектируемого терминала, не влияя на безопасность и надежность конструкций. Вариация их значений не создает угрозы жизни и здоровью людей. При этом требования к исполнению Норм в части определения данных показателей избыточны, приводят к завышенным результатам и могут применяться для ранних (предпроектных) стадий проектирования.

Определение технологических показателей на этапе разработки проектной документации должно вестись с применением современного математического инструмента, а именно имитационного моделирования, позволяющего рассмотреть различные сценарии изменения исходных данных с учетом вариации расчетных параметров. Как следствие, основными задачами совершенствования методов технологического проектирования является внедрение подхода имитационного моделирования для расчета каждого элемента, представленного выше.

Вероятностные методы расчета технологических параметров

Появление новых транспортно-логистических технологий расширило спектр параметров и ужесточило требования к экономической эффективности принимаемых технологических решений

результаты статистических испытаний



Рис. 1. Результаты статистических испытаний по методу Монте-Карло

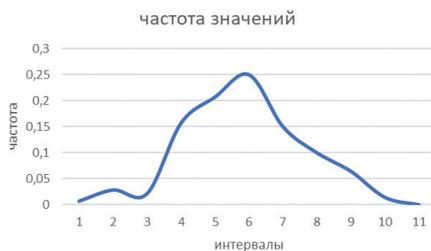


Рис. 2. График статистической обработки результатов

из-за роста конкуренции. Это постепенно привело к необходимости работы со всеми расчетными параметрами как не с детерминированными, а со случайными величинами. В этом случае все проектные переменные также становились случайными величинами, колеблющимися вокруг некоторых центральных значений. Между тем в современных методах расчета технологических параметров центральное место занимает оценка вероятности получения тех или иных значений, на основе которых заказчик формирует предпринимательские решения.

К такой ситуации оказались не готовы все участники отечественного рынка проектирования транспортных объектов — как проектанты, так и заказчики. Вообще, классическая математика не представляет каких-либо стандартных средств для работы с вероятностными величинами. Первым и практически единственным на сегодня средством, которое позволяет работать со случайными величинами в формульных зависимостях, являются методы Монте-Карло [7, 8].

Суть их состоит в том, что по вероятностным характеристикам входящих в формулы аргументов генерируются их конкретные значения, которые подставляются в расчетные формулы как детерминированные. В результате многократного повторения таких «испытаний» редкие сочетания аргументов приводят к редким же значениям соответствующей



Рис. 3. Динамика изменения показателя в ходе моделирования

функции, а часто встречающиеся комбинации — соответственно к более частым (рис. 1).

Если стандартным методом математической статистики подсчитать количество попаданий полученных значений в выбранные интервалы, то можно составить представление о плотности распределения искомой величины, которая получается соответствующей формулой (рис. 2).

Вероятностные методы расчета технологических параметров существенно расширили возможности традиционного аналитического подхода. Кроме того, необходимость создания более комплексного подхода к интерпретации результатов проектирования стала поводом к формированию новой парадигмы, когда проектная документация из фиксированного и обязательного к исполнению решения превратилась в инструмент поддержки предпринимательского замысла.

Имитационное моделирование

В конце XX в. рост требований к проектируемым объектам транспортной инфраструктуры естественно способствовал все более углубленному анализу особенностей ее функционирования. В то же время методы статистического моделирования по сути оставались лишь весьма ограниченным расширением расчетно-аналитического подхода, учитывающего лишь наличие определенной вариатив-

ности и изменчивости параметров проектируемого объекта.

Кроме того, для получения адекватных результатов их использование требовало указания точных параметров распределений, применяемых в расчетах случайных величин, что в большинстве случаев сделать невозможно. Таким образом, использование методов Монте-Карло несло в себе некоторую субъективность и неопределенность, от которых принципиально невозможно было избавиться. Образно говоря, этот подход являлся «моделированием леса», в то время как практика требовала «моделирования деревьев», составляющих этот лес.

Поскольку проектирование заключается в создании еще не существующего объекта, но с заданными характеристиками, их можно было проанализировать только на моделях нового типа, учитывающих происходящие в проектируемом объекте технологические процессы в их взаимодействии.

Развитие математических методов анализа бизнес-процессов и появление новой объектно ориентированной технологии программирования привело к появлению и новой парадигмы анализа создаваемых объектов — имитационному моделированию [9, 10]. Оно заключается в отражении нужного числа внутренних элементов изучаемого объекта и формулировке законов их взаимодействия между собой. При этом какого-либо единого алгоритма работы всей систе-

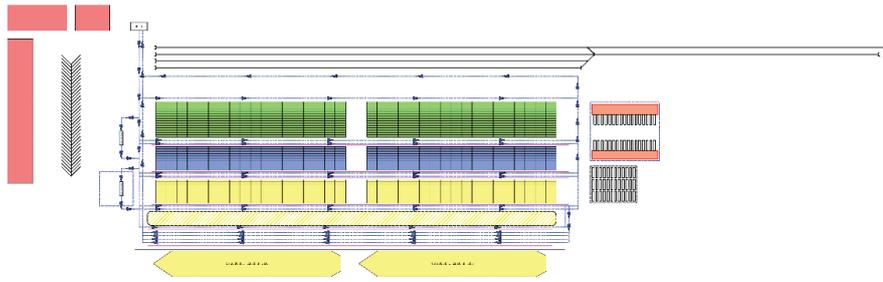


Рис. 4. План контейнерного терминала, сгенерированный компьютером

мы, составленной из этих элементов, не задается. Поведение системы (то есть изменение ее выходных параметров во времени) определяется совокупной реакцией взаимодействующих элементов на определенные входные воздействия.

В ходе имитационного эксперимента с моделью в течение определенного времени можно регистрировать динамику изменения того или иного выходного параметра, входящего в компоненты системного поведения (рис. 3).

Как видно из рис. 3, получаемые с помощью имитационного моделирования результаты по форме напоминают результаты вероятностях методов (см. рис. 1), однако их динамика определяется не случайными комбинациями меняющихся параметров, а внутренними причинно-следственными связями между происходящими в модели процессами. Тем не менее, статистический аппарат для получения характеристик оцениваемых величин остается тем же самым.

В этом отношении имитационное моделирование представлялось наиболее перспективным и мощным инструментом проектирования, способным вывести его на качественно новый уровень. К сожалению, несмотря на отдельные впечатляющие успехи, широкого распространения этот инструмент не получил. Основной причиной этому послужил тот факт, что моделирование методически является средством анализа, а не синтеза. С его помощью можно получить данные об одном конкретном объекте, которому адекватна данная модель. Вариативность параметров модели приводит к непредсказуемой вариативности ее поведения, что автоматически требует планирования и проведения массы модельных экспериментов. Сложность внутренней структуры и программной реализации модели делает эту задачу весьма трудоемкой и затратной.

Кроме того, сложность построения имитационной модели требовала обяза-

тельного установления ее адекватности, поскольку модель, адекватность которой по объекту не доказана, имеет нулевую гносеологическую ценность. Если два разработчика представят два варианта с разным поведением, какой из них следует выбрать для поддержки технологических решений проекта?

Имитационные модели, полезные и нужные при соблюдении многих разнородных условий и допущений, очевидно не могли создаваться самими проектировщиками из-за отсутствия должных компетенций. Привлечение сторонних исполнителей было и остается весьма затратным, в то время как заказчик в большинстве случаев не склонен нести дополнительные расходы на компоненты проекта с неясными преимуществами.

Еще одним барьером на пути внедрения имитационного моделирования становится многовариантность проектной процедуры. Имитационная модель создается *ad hoc*¹, и чем точнее она отражает свойства конкретного объекта, тем менее оказывается применима к другому.

Наконец, последним препятствием повсеместного внедрения имитационного моделирования было как минимум скептическое отношение к нему органов государственной экспертизы. Регламентов, которые бы устанавливали границы применения этого инструмента, в нормах технологического проектирования нет, а проявлять инновационный подход к проверке выполнения жестких требований норм контролирующие органы не хотели и не могли.

Развитие информационных технологий и искусственного интеллекта

При составлении технического задания исполнитель требует от заказчика точного и полного перечня значений множества исходных данных, касающихся физических и логистических ограничений, состава и характеристик флота

и сухопутных транспортных средств, параметров движения наземного транспорта, результатов геологических и гидрографических изысканий, структуры ожидаемого грузопотока и пр.

Между тем заказчик, как правило, имеет об этом лишь самое общее представление, если имеет его вообще. Решение, таким образом, принимает за него исполнитель, что в значительной мере предопределяет субъективность общего направления расчетов и возможные диапазоны значений ключевых параметров.

В то же время развитие и расширение внедрения информационных технологий принципиально предоставляет источники всех этих данных. Однако их объем, различная природа и многообразие способов представления в полной мере относит их к категории «больших данных». Для извлечения полезной составляющей из этого бесконечного информационного пространства требуется использовать соответствующие инновационные методы и технические средства.

Конечные результаты, получаемые в виде типовой процедуры технологического проектирования, в более-менее однозначном формате представляют все пространственные и технические характеристики отдельных компонентов, входящих в структуру проектируемого инфраструктурного объекта.

При этом сложность формы территории и акватории, выделенной под реализацию проекта, требует принятия весьма неформальных решений по их размещению, взаимной компоновке и привязке к реальной конфигурации. Результаты, полученные в теории искусственного интеллекта, позволяют сегодня не столько подменить человеческий интеллект в этой роли, сколько предложить человеко-машинный интерфейс системы поддержки принятия соответствующих решений.

Так, на рис. 4 представлен пример сгенерированного компьютером (по данным технического задания и в полном соответствии с действующими Нормами) плана контейнерного терминала.

На рис. 5 приведен пример соответствующей этому варианту трехмерной модели терминала, также сгенерированной компьютером.

На рис. 6 показан пример размещения штабелей полученного склада контейнерного терминала на территории непрямоугольной формы, предложенный компьютером.

¹ Ad hoc — «для данного случая» (лат).

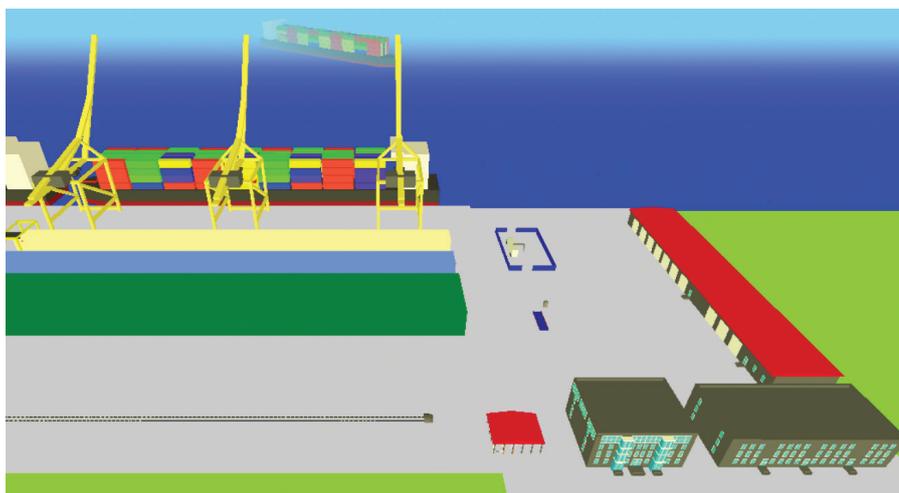


Рис. 5. Трехмерная модель контейнерного терминала



Рис. 6. Сгенерированный компьютером вариант конфигурации склада

Расширение возможностей компьютера в отношении генерации текстовой и графической информации позволяют в полностью автоматическом режиме выпускать пояснительные записки, планы компоновки, ситуационные планы, технологические разрезы операционных схем, таблицы состава оборудования, зданий и сооружений, архитектурно-планировочные решения и прочие обязательные составляющие проектной документации в форме, полностью соответствующей установленным требованиям. Все сказанное позволяет многократно снизить трудоемкость и время создания проектной документации, как минимум, на начальных этапах этой процедуры.

Выводы и рекомендации

1. Изменение норм технологического проектирования велось без учета научно-технического прогресса в части возможности использования математических инструментов и всеобщей автоматизации техники и оборудования, явившейся причиной ускорения всех технологических операций, а также современных тенденций в развитии

информационных технологий и искусственного интеллекта.

2. Наиболее перспективным подходом к модернизации общепринятых методов технологического проектирования является использование вероятностных методов расчета, а также построение имитационных моделей.

3. Использование имитационных моделей имеет свои сложности, в частности, отсутствие универсальности, необходимость большого перечня допущений, требующих согласования с заказчиком, длительность сроков построения.

4. В качестве системного решения описанных в исследовании проблем является внесение изменений в действующие технологические нормы проектирования, которые позволят распространить применение современных методов проектирования. ■

Источники

1. СП 350.1326000.2018. Нормы технологического проектирования морских портов. М.: Стандартинформ, 2018. 218 с.
2. РД 31.31.37-78 (ВНТП 01-78). Нормы технологического проектирова-

ния морских портов (утв. Министерством морского флота 30.12.1977 и 25.10.1978). М.: Морфлот, 1980. 121 с.

3. Кузнецов А. Л., Сампиев А. М., Семенов А. Д., Кириченко А. В. Направление совершенствования норм технологического проектирования морских портов // Вестн. АГТУ. Сер. Морская техника и технология. 2022. № 2. С. 92–101. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2022-2-92-101>.

4. Сампиев А. М. Применение метода Монте-Карло для оценки эффективности использования бюджета рабочего времени морского терминала // Вестн. ГУМРФ. 2019. Т. 11, № 1. С. 68–77. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-1-68-77.

5. Валькова С. С. Методика оценки склада морского порта методами имитационного моделирования / Валькова С. С., Васильев Ю. И. // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. — 2019. — № 3 — С. 485–498.

6. Щербакова-Слюсаренко В. Н. Разработка функциональной модели контейнерного терминала типа «Сухой порт» и принципов ее использования в технологическом проектировании / Щербакова-Слюсаренко В. Н., Погодин В. А., Ткаченко А. С. // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. — 2017. — № 1 (41) — С. 48–60.

7. Fishman G. S. Monte Carlo: concepts, algorithms, and applications. Springer, 1996. 587 p.

8. Кузнецов А. Л., Кириченко А. В., Погодин В. А., Щербакова-Слюсаренко В. Н. Роль имитационного моделирования в технологическом проектировании и оценке параметров грузовых терминалов // Вестн. АГТУ. Сер. Морская техника и технология. 2017. № 2. С. 93–102. DOI: 10.24143/2073-1574-2017-2-93-102.

9. Кузнецов А. Л., Погодин В. А., Спасский Я. Б. Имитационное моделирование работы порта с учетом дифференцированных метеоусловий // Эксплуатация морского транспорта. 2011. № 1. С. 3–8.

10. Кузнецов А. Л., Кириченко А. В., Щербакова-Слюсаренко В. Н. Бенчмаркинговые показатели в технологическом проектировании контейнерных терминалов // Вестн. ГУМРФ. 2018. Т. 10, № 1. С. 7–19. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-7-19.

Классификация грузовых систем современных танкеров



Н. М. Подволоцкий,
д-р техн. наук, профессор
кафедры теплотехники,
судовых котлов и вспомо-
гательных установок
Государственного универ-
ситета морского и реч-
ного флота им. адмирала
С. О. Макарова

Конструкция судов танкерного флота и их отдельных узлов непрерывно совершенствуется как в мировом, так и отечественном кораблестроении. Между тем те или иные новации, например грузовые системы с новыми типами насосов, до сих пор не входят в программу подготовки соответствующих специалистов. Такую ситуацию необходимо оперативно исправить.

Согласно современной технической литературе, в настоящее время имеется три основных типа грузовых систем, используемых на танкерах: линейная, кольцевая и с перепускными переборочными клинкетами [1–5]. В основу классификации положен принцип расположения всасывающих трубопроводов в танках. Благодаря развитию танкерного флота конструкции этих грузовых систем совершенствуются, появляются принципиально новые конструкции, поэтому данная тема представляет практический интерес.

Линейная грузовая система конструируется по принципу «дерева»: через грузовые танки прокладывается магистральный трубопровод, к которому подсоединяются отрезки с клапанами для откачки либо заполнения танков. Каждый магистральный трубопровод оборудуется грузовыми центробежными насосами и обслуживает одну автономную группу танков, в которой может перевозиться один сорт груза. Взаимозаменяемость грузовых насосов обеспечивается двумя секущими клапанами с ручным приводом, расположенным в насосном отделении. Одновременно секущие клапаны изолируют автономные группы танков, исключая смешение груза, если в группах перевозятся разные его сорта.

Грузовые насосы линейных грузовых систем располагаются в насосных отделениях между машинно-котельным отделением и грузовым объемом. В связи с повышенными требованиями к защите окружающей среды современные танкеры строятся двухкорпусными. В межкорпусном пространстве, объем которого по требованиям Международной морской организации (International Maritime Organization, IMO) должен составлять около 35 % от дедвейта, перевозят чистый балласт. В связи с этим судо-

вой корпусный набор стали располагать в балластных танках. Грузовые танки на современных танкерах без судового набора имеют гладкие переборки и днище. Отсутствие днищевого набора в грузовых танках упростило зачистные операции.

Наличие второго дна позволило расположить приемники грузовой системы (основной и зачистной) в колодцах, что еще больше упростило процесс зачистки. Устройство грузового трубопровода на небольшой высоте от второго дна снизило высоту всасывания грузового насоса, позволило уменьшить гидравлические потери, снизить уровень и, соответственно, объем груза для зачистки.

До реконструкции танкеров грузовой трубопровод располагали поверх днищевого набора в танках. Приемный трубопровод располагался на уровне около 2 м и выше над днищем танка, что увеличивало гидравлические потери и способствовало увеличению остатка груза для последующей зачистки. Отсутствие днищевого набора облегчило условия для зачистки грузовых танков, позволило отказаться от зачистной системы и перенести ее функции на грузовую.

В результате в эксплуатации начали применять грузовые системы с автоматизированной зачисткой, выполняемой высокопроизводительными грузовыми насосами. На магистральных трубопроводах усовершенствованной грузовой системы перед входом жидкости в грузовой насос устанавливается сепарационная емкость для разделения сред груз–воздух, поступающих при зачистке.

Воздух, идущий при зачистке в сепарационную емкость, скапливается в верхней части, а в нижней аккумулируется груз, уровень которого контролируется с помощью регулятора. В сепарационной емкости контролируются верхний и нижний уровни груза. По достижении отметки нижнего уровня, при котором



воздух почти полностью заполняет объем сепарационной емкости, вакуумный насос автоматически включается на откачку воздуха. Этот процесс сопровождается повышением уровня груза в сепарационной емкости. По достижении верхнего предельного уровня вакуумный насос автоматически отключается. Затем по мере зачистки, сопровождающейся поступлением воздуха в сепарационную емкость, уровень груза в ней понижается и достигает нижнего значения, при этом вакуумный насос автоматически включается. Далее процессы повторяются.

По мере снижения уровня груза в зачищаемом танке количество воздуха, поступающего в сепарационную емкость, увеличивается. В результате растет частота включения вакуумного насоса. При всех условиях зачистки грузовой насос работает устойчиво, без срыва подачи, так как сепарационная емкость обеспечивает непрерывное поступление в грузовой насос жидкой фазы за счет поддержания в ней заданного уровня.

Для исключения возможного срыва работы грузовой насоса при завершении зачистки его функционирование регулируется разными способами.

Ранее на танкерах применялись две системы слива груза: линейная грузовая

с центробежными несамовсасывающими насосами для слива основной массы груза и линейная зачистная, оборудованная самовсасывающими насосами объемного типа для зачистки остатков груза. Они включаются после срыва работы грузового насоса из-за образования вихревой воронки около приемника, ограничений подтекания груза через днищевой набор судна к приемнику системы и кавитационных явлений. Во всех этих случаях газовая составляющая поступает в насос.

Таким образом, в современной классификации грузовых систем под линейной грузовой системой следует понимать модернизированную грузовую систему, выполняющую функции зачистной системы высокопроизводительными грузовыми насосами, что сокращает время грузовых операций.

Разновидностью линейной грузовой системы является грузовая система с перепускными переборочными клинкетами. Ее магистральные трубопроводы не имеют отростков, ведущих в танки. Груз принимается в магистраль лишь из одного танка — кормового в данной группе, поэтому магистральные трубопроводы этой системы имеют минимальную длину. Прием груза в другие танки данной группы происходит перепуском через

перепускные переборочные клинкеты, расположенные у основания переборок, из танка, заполняемого через магистральный трубопровод данной группы.

Привлекательность этой системы заключается в сокращении длины трубопроводов, идущих по танкам. Однако у такой системы пониженная маневренность, она не обеспечивает выборочную разгрузку и погрузку танков, а лишь одновременную, может использоваться для перевозки только одного сорта груза.

За рубежом небольшое количество супертанкеров оборудовано грузовой системой с перепускными переборочными клинкетами. В отечественной практике этой системой оборудовано несколько танкеров малого дедвейта.

Преимущества данной грузовой системы — снижение стоимости за счет сокращения длины магистральных трубопроводов и количества клапанов, а также увеличение грузоподъемности. Однако перепускные переборочные клинкеты вместо применяемых в современных линейных системах поворотных затворов кратно дороже, поэтому выигрыш в снижении стоимости незначительный.

Рассматриваемая грузовая система имеет множество недостатков, поэтому не получила распространения и в насто-

ящее время системы с перепускными переборочными клинкетами не применяются.

Кольцевая грузовая система используется при расположении магистральных трубопроводов в бортовых танках. Она предполагает расположение грузовых танков тройками. При парном же их расположении (только бортовых) кольцевая грузовая система вырождается в линейную. Для завершения конструкции грузовой системы необходимо соединить магистральные трубопроводы перемычками и отрезками с клапанами в танках.

Кольцевая грузовая система обладает большей маневренностью и повышенной надежностью, так как разгрузка возможна по магистрали левого либо правого борта. Однако количество танков на танкере, где применяется кольцевая грузовая система, больше, чем на судне аналогичного дедвейта, но оборудованном линейной грузовой системой. В последнем случае план по танкам может быть реализован по схеме, когда к двум центральным примыкает одна пара бортовых, что сокращает количество танков. Кольцевая грузовая система оборудуется насосами объемного типа, выполняющими грузовые и зачистные операции. В этом случае необходимы также основные грузовые и зачистные приемники.

В целом по сравнению с линейной грузовой системой кольцевая имеет несколько большую массу, а следовательно, и стоимость за счет увеличения длины трубопроводов в танках, большего количества клапанов для обеспечения большей маневренности и увеличения количества переборок. Система используется на танкерах малого дедвейта и танкерах-снабженцах. Поскольку система имеет ограниченное применение, модернизации она не подвергалась.

Как следует из изложенного, грузовые системы совершенствуются в направлении уменьшения поступления газовой составляющей во всасывающий трубопровод для предотвращения срыва работы грузового насоса при сниженном уровне груза в разгружаемой емкости. Такой подход позволяет выполнить разгрузку основной части груза и зачистку грузовым насосом.

Наиболее полно этим условиям удовлетворяет пока не вошедшая в классификацию грузовая система, оборудованная погружными грузовыми насосами. Система успешно применяется на танкерах, химовозах, нефтевозах примерно до

80 тыс. т, а также танкерах-продуктовозах и бункеровщиках.

Эта система оборудуется центробежными погружными гидро- либо электроприводными насосами, устанавливаемыми у кормовой переборки танков в колодец небольшого объема глубиной около 0,2 м, расположенный в настиле второго дна. К насосу не подводится всасывающий трубопровод, откачиваемый груз поступает непосредственно в насос и далее по нагнетательному трубопроводу отводится по назначению.

Зачистка как наиболее проблемная часть грузовых операций происходит в условиях непрерывного стекания груза в колодец у кормовой переборки танка. При зачистке образуется вихревая воронка, через которую в насос поступает воздух и происходит его прохват. Однако эти явления не приводят к срыву работы насоса, так как воздух в него поступает в смеси с грузом, который непрерывно стекает в колодец за счет естественного дифферента на корму по мере разгрузки танкера. Разгрузка и последующая зачистка выполняются грузовым насосом. Минимальный остаток груза в колодце на современном танкере составляет около 20 л.

Грузовая система с погружными насосами имеет упрощенную конструкцию за счет отсутствия всасывающего трубопровода и лишена недостатков, присущих обычной линейной системе на режиме зачистки: вихреобразования около приемника, прохвата воздуха, кавитационных явлений.

Поскольку главной проблемой полной разгрузки танкера является зачистка, грузовая система без всасывающего трубопровода значительно упрощает конструкцию и уменьшает проблемы зачистки. По данным норвежской фирмы FRAMO, выпускающей грузовые системы с гидроприводными погружными грузовыми насосами, такими системами оборудовано более 2000 судов.

Таким образом, за последние десятилетия параллельно с прогрессивным развитием танкерного флота совершенствовалась и конструкция грузовых систем, а также технология грузовых и зачистных операций в направлении повышения эффективности. В результате в настоящее время на танкерах, оборудованных линейными грузовыми системами, зачистные операции выполняются центробежными грузовыми насосами с улучшенными условиями всасывания, что позволило отказаться от зачистных

систем. При этом следует отметить новые конструкции грузовых систем с погружными грузовыми насосами, выполняющими зачистные операции, также не имеющими всасывающего трубопровода.

Современные грузовые системы можно классифицировать по частоте применения на танкерах и по эффективности:

1) линейные грузовые системы, выполняющие функции зачистных. Ими оборудован основной состав мирового танкерного флота;

2) грузовые системы с погружными грузовыми насосами, также выполняющими функции зачистных систем, не имеющие всасывающего трубопровода. Только фирма FRAMO оборудовала ими более 2000 судов;

3) кольцевые грузовые системы. Применяются на танкерах-продуктовозах и бункеровщиках, количество которых ограничено;

4) грузовые системы с перепускными переборочными клинкетами. Танкеры, оборудованные такими системами, были экспериментальными. В настоящее время не эксплуатируются.

Изучение грузовых систем с погружными грузовыми насосами не входит программу подготовки специалистов по танкерам. С учетом развития грузовых систем и их ранжировки рекомендуется внести коррективы в программу обучения, включив информацию о новых грузовых системах, сосредоточиться на подготовке по наиболее распространенным типам грузовых систем в соответствии с предложенной ранжировкой. **■**

Источники

1. Баскаков С.П., Конаков А.Г., Развозов С.Ю. Основы безопасности эксплуатации танкера: учебник / под общ. ред. С.П.Баскакова. СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О.Макарова, 2015. 804 с.
2. Костылев И.И., Денисенко Н.И., Петухов В.А. Безопасность эксплуатации технологических комплексов танкеров: учеб.-справ. пособие. СПб.: Элмор, 2001. 192 с.
3. Марковский Р.Р. Технология морских перевозок наливных грузов и работы нефтеналивного терминала: практич. пособие. СПб.: МОРСАР, 2008. 352 с.
4. Модельные курсы ИМО 1.01,1.02,1.04.
5. Радченко П.М. Технические средства наливных судов и их эксплуатация: учеб.-справ. пособие. Ч. 2. Специальные системы. Владивосток: МГУ им. адм. Г.И.Невельского, 2005. 389 с.

Вспомогательная система для ускорения автомобиля на основе принципов рекуперации энергии торможения



С. В. Данилов,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Технологические
машины и переработка
материалов» Северо-
Кавказской государствен-
ной академии (СКГА),

При трогании автотранспортного средства с места в выхлопных газах содержится максимум вредных веществ, а двигатель и весь кузов подвержены наибольшей вибрации, сопровождающейся шумом. Проблему можно решить, придав автомобилю дополнительную энергию для ускорения, тем самым уменьшив нагрузку на двигатель. Это приведет к сокращению расхода топлива, выбросов газов и шума.

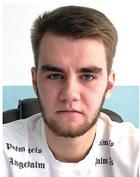


Р. Ш. Мамаев,
генеральный директор
ООО «АвтоРэт»,

Функционирование транспортно-портного комплекса приносит стране ежегодный экологический ущерб в размере около 1,5% от валового национального продукта. При этом его большая часть связана с автотранспортом (63%), который выделяет в атмосферу городов России до 80% от всех вредных выбросов.

трогании, экономии топлива, уменьшению износа деталей и агрегатов.

Таким образом, системы РЭТ разрабатываются и применяются с целью минимизации затрат на топливо, а также повышения экологической и эксплуатационной эффективности городского автомобильного транспорта. Поэтому их использование наиболее выгодно на автобусах и мусоровозах из-за городского режима эксплуатации с штатными ускорениями и торможениями на перекрестках, переездах и остановочных пунктах.



Д. В. Рыбак,
студент СКГА,

Частое трогание с места, разгон и торможение автомобилей городского общественного транспорта помимо экологических последствий также дает снижение экономической эффективности и технической надежности работы транспортных средств. В связи с этим использование систем рекуперации энергии торможения (РЭТ) является перспективным направлением повышения эффективности эксплуатации автотранспорта [1].

В данной работе анализируется ряд уже запатентованных в нашей стране устройств и предлагается новая модель вспомогательной системы для ускорения эксплуатируемых автобусов и мусоровозов. Она характеризуется простотой конструкции, надежностью деталей, узлов и агрегатов, достаточной мощностью, низкой себестоимостью при производстве и техническом обслуживании¹.



Р. Ш. Шайлиев,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Технологические
машины и переработка
материалов» СКГА

Мировые автоконцерны активно внедряют на выпускаемых автомобилях вспомогательные системы для ускорения разгона на основе РЭТ, что особенно актуально для крупных городов и мегаполисов. На Западе такими системами оснащены многие автобусы, которые не уступают по ряду показателей автобусам, сохраняя мощность и запас хода, не будучи привязанными к черте города, электрозаправочным станциям.

В рамках данного проекта проанализирована работа автобуса ПАЗ 3205 на маршруте Медсанчасть — Универсам протяженностью 13 км в г. Черкесске [2]. Для исследования использовались натурные наблюдения и техническая информация обслуживающего маршрут МУП «Черкесское городское пассажирское автотранспортное предприятие № 1». Маршрут включал 16 остановок и 15 светофоров. За 12 часов наряда проводилось 10 рейсов. Пробег составлял 260 км

Аналогичными системами оснащаются и некоторые мусоровозы, поскольку при утилизации придомовых отходов они многократно проходят цикл «разгон — торможение». Это способствует снижению выбросов в окружающую среду города, уменьшению шумности при

¹ Научно-исследовательская работа проводилась при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере программы «Студенческий стартап».

со средней скоростью 35 км/ч. Было зафиксировано 320 плановых циклов «торможение — остановка — разгон».

За основу была взята информация за год по 5 автобусам. При этом произошел 31 сход с неисправностями трансмиссии, из которых 6 — из-за сцепления. Статистическая обработка показала, что математическое ожидание пробега сцепления на отказ составляет 11 132 км, а коэффициент вариации — 1,14, что свидетельствует о низкой надежности сцепления. Это подтверждается в работе [3]. Также проведено исследование режимов движения автобусов по указанному маршруту [4].

Для оценки экономической эффективности использования РЭТ на городском пассажирском транспорте предлагается показатель «коэффициент экономии топлива» [5], определяемый по выражению

$$K_{\text{ЭТ}} = (1 - Q_{\text{АП}} / Q_{\text{А}}) 100, \quad (1)$$

где $Q_{\text{АП}}$ — расход топлива (л) в городском цикле за время в наряде после установки РЭТ;

$Q_{\text{А}}$ — расход топлива автомобилем без РЭТ.

Данный коэффициент показывает долю сэкономленного топлива в процентах.

Рассмотрим потребление топлива автомобилем, работающим в режиме «разгон — торможение» и на холостом ходу. По результатам анализа движения в городских условиях установлено время работы двигателя в различных режимах: 28% — холостой ход, 23% — разгон, 20% — торможение, 29% — движение с относительно постоянной скоростью.

Потребление топлива на разгон (γ) вычисляем по формуле

$$Q_{\text{пол}} = A_{\text{пол}} g_{\text{ср}}, \quad (2)$$

где $A_{\text{пол}}$ — полная работа ускорения с учетом КПД трансмиссии без сопротивления воздуха, Н·м = Дж; $g_{\text{ср}}$ — средний удельный расход топлива, г/(кВт·ч) = г/3,6 · 10⁶ Дж.

$$A_{\text{пол}} = \frac{\delta_{\text{ср}} m_a g_a^2}{2\eta_{\text{ТР}}}, \quad (3)$$

где g_a — скорость автомобиля в конце разгона, м/с; $\eta_{\text{ТР}}$ — КПД трансмиссии; m_a — масса автомобиля, кг; $\delta_{\text{ср}}$ — коэффициент вращающихся масс трансмиссии и колес автомобиля (при отключенном двигателе).

Численные расчеты для автобуса ПАЗ 3205 показали, что потребление топлива на ускорение до 40 км/ч составит 0,055 кг при плотности бензина АИ-92 0,75 кг/л. На 320 запланированных за смену в 12 часов разгонов расходуется 23,5 л топли-

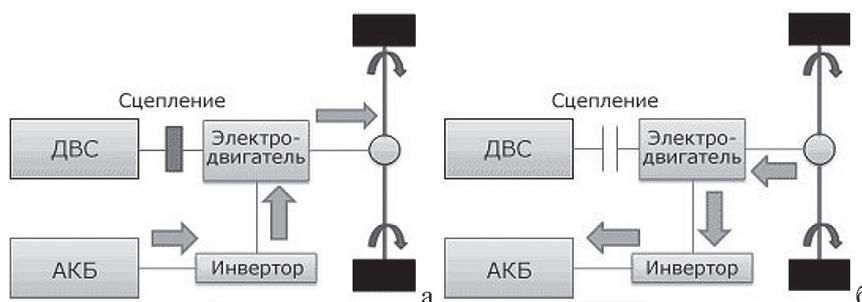


Рис. 1. Схема РЭТ гибридного автомобиля: а) ускорение, б) торможение

ва, что составляет почти 25% от общего количества.

Использование РЭТ снизит стоимость эксплуатации за счет экономии топлива, а также продолжительности наработки на отказ агрегатов и узлов: двигателя, сцепления, коробки переключения передач, кривошипно-шатунного механизма, тормозных цилиндров, колодок и др.

При этом система рекуперации энергии торможения автомобиля, беря на себя часть функций, разгружает их от износа, не только снижая затраты на техническое обслуживание, но и уменьшая потери, связанные с простоями транспортного средства в ремонте [2, 3, 6].

Нужно отметить, что в настоящее время все реально эксплуатируемые вспомогательные системы для ускорения автомобиля на основе РЭТ устанавливаются исключительно на новые машины «с завода» и работают на электрическом или маховиковом принципах. Причем все они выпускаются зарубежными компаниями.

Устанавливать такие устройства на уже эксплуатируемый годами автотранспорт дорого, так как надо менять целиком конструкцию движителя автомобиля, устанавливая новые агрегаты и узлы: литий-ионный аккумулятор, электродвигатель, инвертор, маховиковую систему высокой частоты вращения, связанную с редуктором заднего моста или карданным валом, другие узлы (рис. 1).

В то же время отметим, что в работах [5, 7] пытались обосновать эффективность использования пневмогидравлического аккумулятора или маховичной трансмиссии на уже эксплуатируемом автотранспорте. Кроме того, надо констатировать, что и газобаллонное оборудование (ГБО) автопроизводители тоже сначала устанавливали только на новые автомобили, а сегодня специализированные малые предприятия предоставляют эту услугу для уже работающего транспорта, несмотря на высокий риск при

эксплуатации ГБО.

Однако задача данного исследования — разработать устройство с возможностью установки на уже эксплуатируемый городской автотранспорт. Основное преимущество предлагаемой разработки — доступная возможность оснастить автомобиль системой РЭТ без внесения существенных изменений в его конструкцию при соблюдении параметров безопасности движения. Предлагаемое устройство характеризуется малыми размерами и весом, низкой себестоимостью и энергозатратами при установке, мобильностью.

Сначала рассмотрим конструктивные, технологические и экономические недостатки уже существующих устройств. В конструкции, запатентованной как «Трансмиссия автомобиля с маховичным накопителем энергии» [8], пружинный механизм от двигателя к трансмиссии передает недопустимую силу крутящего момента, а используемый здесь механизм упругости имеет низкую энергоемкость и не даст особого эффекта при аккумулировании энергии.

В схеме рекуператора [9] (рис. 2) энергия аккумулируется механически при помощи роторно-пластинчатого мотора, который изначально неэффективен, имеет низкий КПД. Также неэффективен поршневой привод пневмогидроаккумулятора (ПГА), который будет быстро выходить из строя из-за вибрации.

Довольно сложна, затратна и недостаточно эффективна в работе еще одна система РЭТ авторское свидетельство «Рекуперативный гидропривод» [10]. В процессе преобразования потенциальной энергии в кинетическую гидромотор будет работать нестабильно, возможны утечки рабочей жидкости.

Также рассмотрена система рекуперации энергии торможения [11], в конструкции которой гидромотор-насос (ГМН) соединен с предохранительным клапаном ПГА через электронные

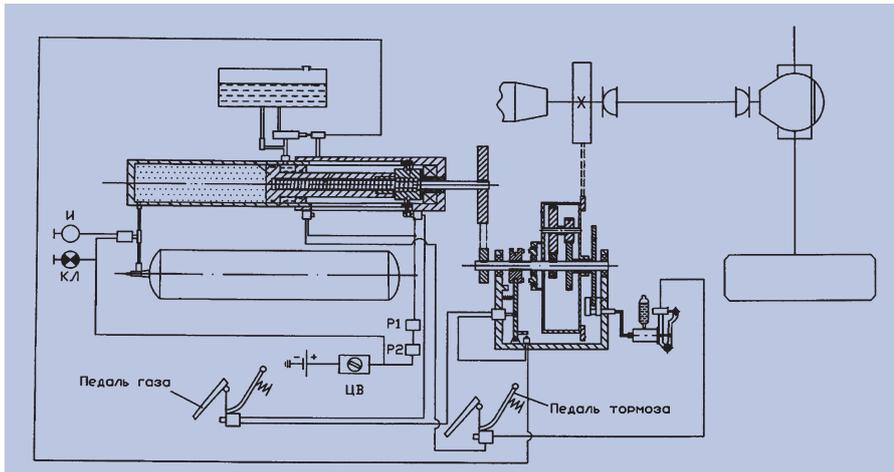


Рис. 2. Схема рекуператора с винтовым поршневым приводом пневмогидроаккумулятора

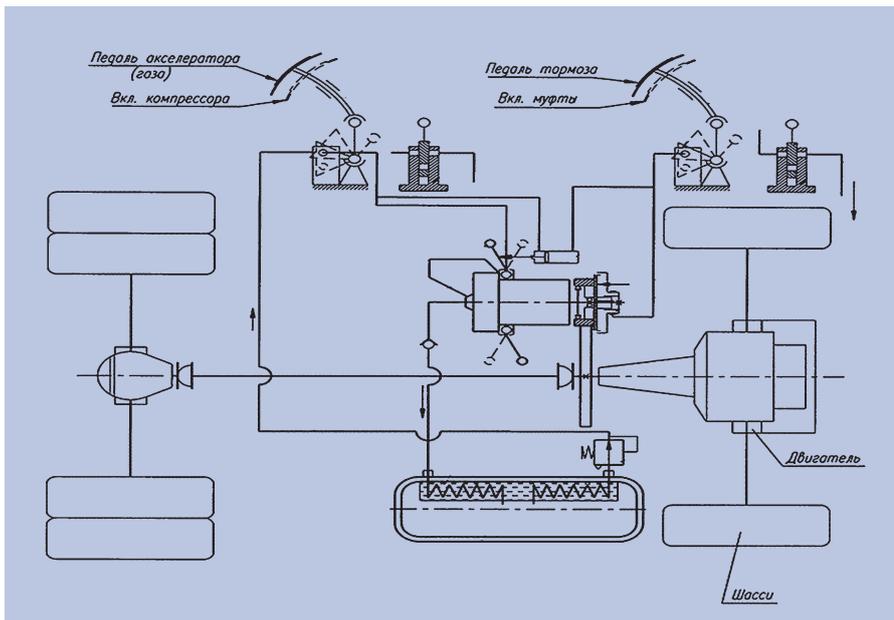


Рис. 3. Схема рекуператора [11]

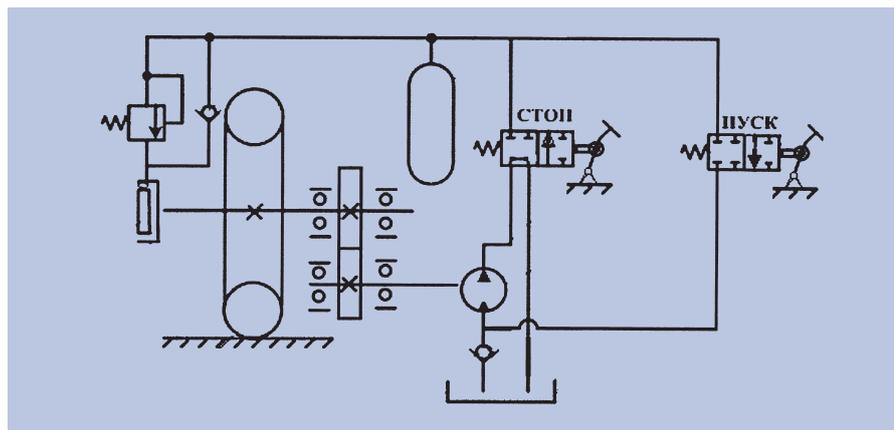


Рис. 4. Схема пускотормозного устройства транспортного средства

гидрораспределители рукавами высокого давления (рис. 3). Вал ГМН имеет жесткую зубчатую передачу с тормозным шкивом. Из недостатков можно выделить сложность устройства и дороговизну его установки на автомобиль, технологически сложные техническое обслуживание и ремонт, а также то обстоятельство, что

при торможении кинетическая энергия преобразуется в тепловую за счет дросселирования рабочей жидкости гидросистемы управления шкивом колодочного тормоза.

Более сопоставим с нашей разработкой по техническим решениям рекуператор, запатентованный как «Пускотормоз-

ное устройство транспортного средства» [12] (рис. 4).

Однако его конструктивным недостатком является снятие энергии крутящего момента с колес, а не с карданного вала, что удорожает конструкцию в два раза, так как для балансовой устойчивости устройства и всего автомобиля будут задействованы симметрично два или четыре колеса.

Кроме того, жесткая зубчатая передача будет быстро изнашиваться, подвергаясь отказам из-за постоянных вибрационных воздействий и качения колес при движении автомобиля. На каждое колесо нужен отдельный гидромотор-насос, а если передачу силы крутящего момента с двух колес замкнуть на один, то конструкция устройства заметно усложнится, увеличится ее стоимость, а также масса за счет передаточных валов.

Также здесь отсутствует понижающий редуктор, который мог бы высокие обороты колеса снизить для передачи крутящего момента на вал ГМН, находящийся в покое, а при разгоне — обратно с вала на колесо.

Предлагается следующая усовершенствованная вспомогательная система для ускорения автомобиля на принципах РЭТ (рис. 5). Конструкция снабжена двумя автоматическими гидрораспределителями 7 и 8, соединяющими через гидролинии 1, 4, 10 пневмогидроаккумулятор 9 и гидромотор-насос 6, один из которых 7 включается при ускорении автомобиля, а второй 8 — при торможении. Распределитель 7 через гидролинию 10 соединен с ПГА 9 для нагнетания в него рабочей жидкости, а распределитель 8 — через гидролинию 1 с ГМН 6 для вращения его вала. Карданный вал автомобиля 15 через цепную передачу 5 и электромуфту 12 связан с редуктором 11, понижающим и повышающим обороты вращения. Для передачи силы крутящего момента с выходного вала двигателя автомобиля 13 через карданный вал 15 в прямом и обратном направлениях вал редуктора 11 непосредственно связан с валом ГМН 6.

Система работает следующим образом. При торможении автомобиля включается гидрораспределитель 7 (замыкается линия), срабатывает электромуфта и крутящий момент передается с карданного вала через цепную передачу и редуктор на вал гидромотор-насоса, работающего как насос. Он качает масло из бака в пневмогидроаккумулятор до срабатывания датчика давления. После закрытия клапана отключаются

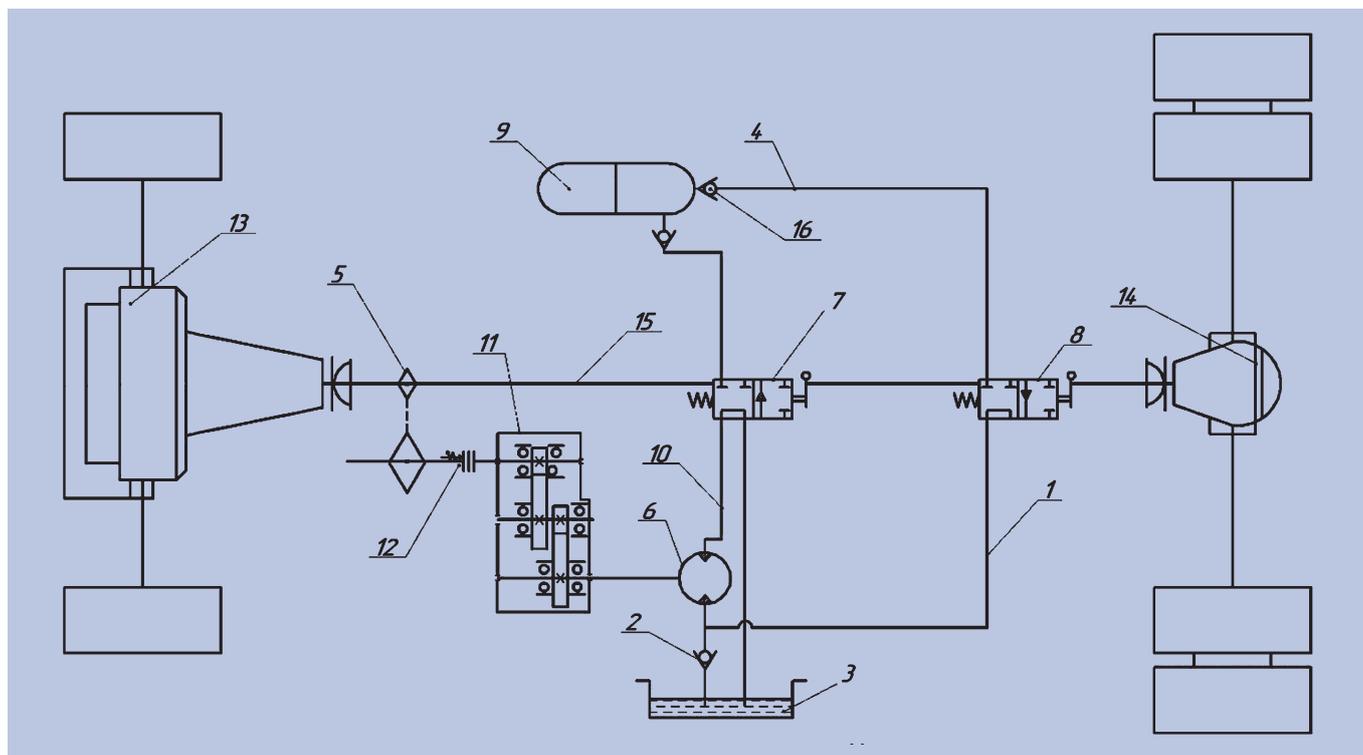


Рис. 5. Предлагаемая схема вспомогательной системы для ускорения автомобиля на принципах РЭТ: 1, 4, 10 – гидролинии; 2, 16 – обратные клапаны; 3 – бак для рабочей жидкости (моторного масла); 5 – цепная передача; 6 – гидромотор-насос; 7, 8 – гидрораспределители; 9 – пневмогидроаккумулятор; 11 – редуктор; 12 – электромуфта; 13 – двигатель; 14 – редуктор заднего моста; 15 – карданный вал

гидрораспределитель и электромуфта, гидромотор-насос не работает.

Для начала движения автомобиля включается гидрораспределитель 8 (закрывается линия), срабатывает электромуфта, открывается клапан. Масло под давлением из пневмогидроаккумулятора поступает в гидромотор-насос, вращая его вал. Сила крутящего момента с вала ГМН, работающего как мотор, через редуктор и цепную передачу передается на карданный вал автомобиля, вращая его. Транспортное средство начинает движение.

Таким образом, из приведенного описания принципа работы разработанной системы видно, что она выгодно отличается от существующих аналогов простотой конструкции надежностью деталей, узлов и агрегатов, достаточной мощностью, дешевизной технического обслуживания и низкой себестоимостью при производстве. ■

Источники

1. Данилов С. В., Рябов И. М., Омарова З. К. Анализ пускотормозного устройства транспортного средства // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2021. Т. 20, № 6. С. 263–266.
2. Мамаев Р. Ш., Хасанов С. М., Данилов С. В. Об одном применении систем рекуперации энергии торможения

автомобиля в городском режиме эксплуатации // Современная наука глазами студентов: Сб. материалов студенческой науч.-практ. конф. (технические науки) СевКавГА. Черкесск, 2022. С. 20–25.

3. Попов А. В., Чернова Г. А., Великанова М. В., Губанов Д. А. Анализ возможных причин возникновения неисправностей сцеплений автобусов Volgabus // Грузовик. 2020. № 5. С. 31–34.
4. Рыбак Д. В., Данилов С. В. Анализ режимов движения пассажирского автомобильного транспорта на городских маршрутах г. Черкесска // Научно-исследовательские публикации. 2022. № 1. С. 47–49.
5. Рябов И. М., Омарова З. К., Юсупов Ю. Г., Данилов С. В. Оценка экономической эффективности модернизации городских автобусов и автомобилей-такси путем установки системы рекуперации энергии торможения // Грузовик. 2019. № 8. С. 36–40.
6. Рыбак Д. В., Данилов С. В., Шайлиев Р. Ш. Схема вспомогательной системы для разгона городского автомобильного транспорта / Актуальные вопросы современной науки и практики: Сб. науч. ст. по материалам IX Междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2022. С. 36–42.
7. Королев В., Костюк И., Черепнина Т., Рогов В. Рекуперация энергии на го-

родских автобусах // Русский инженер. 2020. № 2 (67). С. 38–42.

8. Трансмиссия автомобиля с маховичным накопителем энергии. Пат. на полезную модель № 116595 U1 РФ, МПК F16H 33/02, B60K 6/10: № 2011149797/11: заявл. 07.12.2011: опубл. 27.05.2012 / Блохин А. Н., Кропп А. Е.; Нижегородский гос. тех. ун-т им. Р. Е. Алексеева (НГТУ).
9. Рекуператор. Пат. на полезную модель 103516 РФ, МПК В 60 К 6/12, г. / Рябов И. М., Чернышов К. В., Ковалев А. М. ВолгГТУ. 2011.
10. Авторское свидетельство № 1024622 А1 СССР, МПК F16H 33/02. Рекуперативный гидропривод: № 3304327: заявл. 12.06.1981: опубл. 23.06.1983 / А. Г. Черный; заявитель КУРСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ. – EDN HAUBWT.
11. Рекуператор. Пат. № 2214928 С2 РФ, МПК В60К 6/12, F01B 17/02: № 2001119667/28: заявл. 16.07.2001: опубл. 27.10.2003 / Гулевский А. Н.
12. Пускотормозное устройство транспортного средства. Пат. на полезную модель № 158458 U1 РФ, МПК В60Т 13/14, В60Т 1/10, F16D 61/00: № 2015109504/11: заявл. 18.03.2015: опубл. 10.01.2016 / Ляшенко Ю. М., Рыжиков В. А., Ревякина Е. А. и др.; Донской гос. тех. ун-т (ДГТУ).

Влияние исторических особенностей развития города на современную транспортную систему на примере г. Тюмени



С. П. Санников,
канд. техн. наук,
заведующий кафедрой
автомобильных дорог
и аэродромов Тюменского
индустриального
университета (ТИУ),



В. Д. Тимоховец,
канд. техн. наук, доцент
кафедры автомобильных
дорог и аэродромов ТИУ,



А. Н. Кланк,
студент ТИУ

Архитектурный облик любого города имеет сеть улиц и городских дорог, а ее развитие влияет на многие аспекты жизнедеятельности населения. В процессе формирования городской среды появляется множество периферийных по отношению к основной транспортной сети узлов, что приводит к снижению уровня развитости и равномерности улиц.

Сегодня на территории Российской Федерации насчитывается 16 городов-миллионников. Некоторые из них из-за низких темпов агломерирования рискуют потерять это звание и сдать позиции.

Одной из характерных черт развития современных мегаполисов является присоединение к ним близлежащих населенных пунктов, что позволяет именовать их агломерациями [1, 2]. Такой способ развития непосредственно связан с градостроительной структурой.

Развитие улично-дорожной сети (УДС) городов всегда зависит от особенностей их исторического развития [3]. В частности, сама структура взаимного расположения улиц закладывается, как правило, на ранних этапах формирования населенного пункта (рис. 1).

Следовательно, оптимизировать среду устаревающего мегаполиса обычно сложнее, чем более молодого, так как город разрастался хаотично, без градостроительных планов. Это явление характерно для многих мегаполисов и регионов.

В результате показатель плотности УДС (отношения общей протяженности улиц к площади города) у старых городов больше, чем у новообразовавшихся населенных пунктов, в которых предусмотрены дальнейшие (при необходимости) сценарии формирования и совершенствования.

Развитие городов — процесс, в результате которого образуются уникальные геометрические улично-дорожные сети. Сети городов Тюмени и Перми (рис. 1а, в) можно считать эффективными, так как они имеют простые радиально-кольцевую и прямоугольную формы соответственно. К малоэффективным можно отнести сеть Челябинска (рис. 1б), где наблюдается смешанная схема. Лишь треть города имеет правильные геометрические формы сети, что говорит о слабом градостроительном опыте и низком темпе возможного развития.

К наиболее перспективным городам, которые потенциально могут стать мегаполисами, относятся Саратов, Тюмень и Барнаул. Федеральная служба государственной статистики относит сюда же

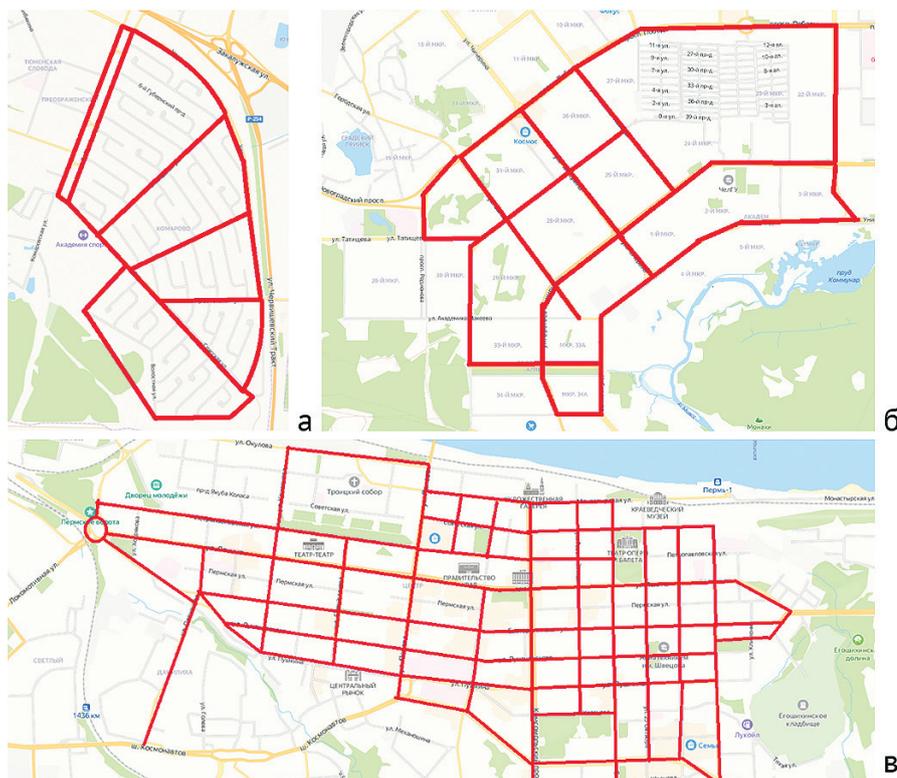


Рис. 1. Геометрические сети в Тюмени (а), Челябинске (б) и Перми (в)

Ижевск и Тольятти, но у них наблюдается убыль населения: $-0,68\%$ и $-4,85\%$ соответственно, что не позволяет отнести их к перспективным. Для облегчения анализа была составлена таблица сравнения наиболее перспективных городов по наиболее значимым показателям (табл. 1).

При детальном изучении показателей городов Барнаул был исключен из-за существенно более низкой численности населения, чем у Тюмени и Саратова. Анализ таблицы позволяет сделать вывод, что плотность сети улиц Саратова выше плотности тюменской и пермской сетей в 8 раз. Как показывает практика, для современных городов такая величина критична, поскольку сказывается на формировании транспортной инфраструктуры: развитие улиц и улучшение дорожной обстановки в этих условиях невозможны.

Оценить развитость УДС как в настоящем времени, так и в перспективе можно при рассмотрении ее как системы, состоящей из множества отдельных элементов уличной среды. При этом необходимо исследовать широкий спектр взаимосвязанных характеристик и показателей (рис. 2).

Из приведенных характеристик для экспертного анализа были выбраны наиболее основные значимые показатели: геометрические, эксплуатационные и количественные. Остальные (второстепенные) группы, не рассматривались, поскольку являются следствием основных.

Расчет значений по выбранным факторам в преобладающем большинстве выполнялся для дорог г. Тюмени, так как прирост населения здесь колоссальный, и процесс агломерации будет менее контролируемым, что является наиболее значимым фактором при выборе исследуемого города. Дополнительным фактором в пользу выбора г. Тюмени является включение его в Стратегию пространственного развития, о чем заявил губернатор Тюменской области А. В. Моор [4].

Результаты исследования для одной из главных улиц Тюмени (ул. Республики) приведены в табл. 2.

Как уже было сказано, существенное влияние на формирование УДС в целом и отдельных транспортных линейных сооружений в частности оказывают исторические особенности разрастания города. Для учета данного фактора и обоснования причин загруженности было детально изучено становление рассматриваемой городской единицы.

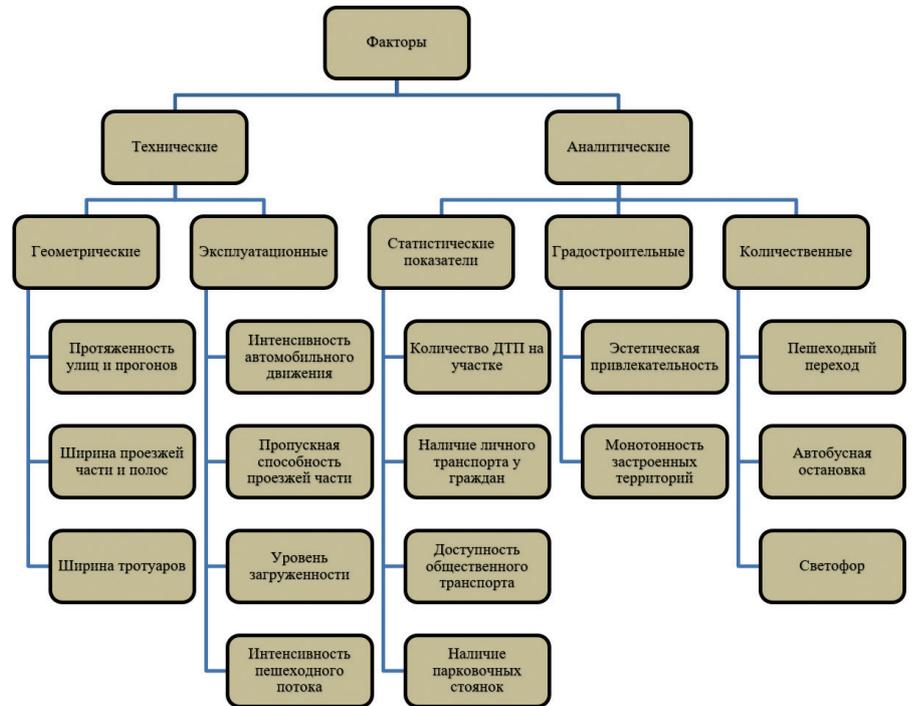


Рис. 2. Схема принадлежности факторов к различным показателям и их влияние

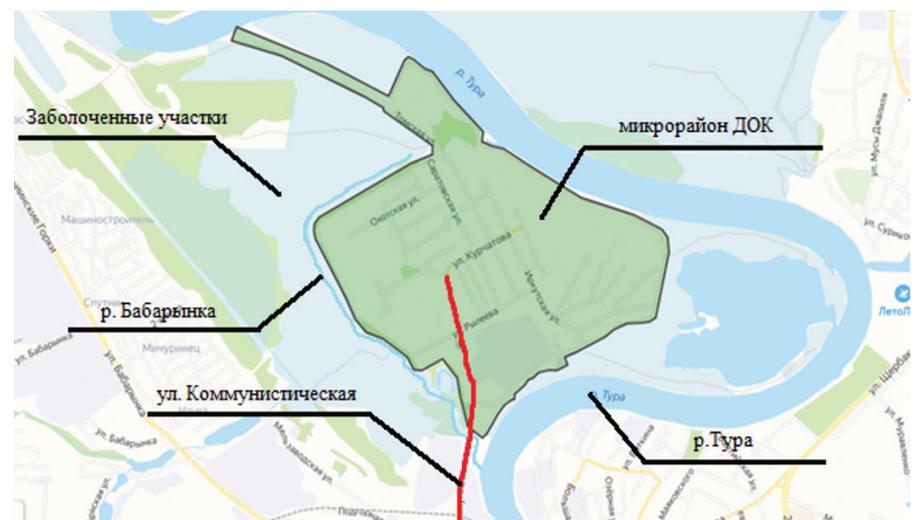


Рис. 3. Карта микрорайона ДОК г. Тюмени

Прежде чем стать городом с высококоразвитой транспортной инфраструктурой, Тюмень активно формировалась в конце XIX — начале XX в. [5]. Здесь активно развивалась деревообрабатывающая промышленность, с запада страны переносили военные предприятия, что увеличило приток населения. Наибольшее влияние на изменение дорожно-транспортной среды оказало развитие нефтегазовой промышленности на севере области, в результате чего в Тюмень съезжались ученые, инженеры и рабочие. В настоящее время город притягивает население близлежащих населенных пунктов и других городов, что является основополагающим фактором урбанизации.

Неразвитость УДС Тюмени объясняется многими причинами, связанными,

в частности, с историей ее развития: планы строительства города не соответствовали требованиям времени, не учитывали более прогрессивные методы.

Планировка транспортной сети выполнена методом свободного распределения [6], исходя из географического расположения основных предприятий, т.е. инфраструктура активно развивалась в непосредственной близости от мест работы. Уличная сеть формировалась с учетом их функционального назначения для обеспечения удобных подъездных путей к градообразующим объектам [7]. Однако по мере увеличения территорий повышалась сложность планировки УДС.

Малоэффективная, не приспособленная для пропуска интенсивного автомобильного потока УДС Тюмени

Таблица 1. Дорожно-транспортная характеристика городов и численность их населения

Город	Численность населения по данным Росстата на 2021 г., тыс. чел.	Прирост населения, %	Площадь города, км ²	Общая протяженность улиц и дорог, км
Пермь	1027	+3,5	800,5	1147
Саратов	901	+7,57	394	5214
Тюмень	847	+45,64	698	1327
Барнаул	631	+3,02	322	340,7
Тольятти	685	-4,85	300	1498
Ижевск	623	-0,68	315	890

требовала специализированного подхода к решению этой задачи. Ранее для повышения эффективности работы транспортной сети и установления причинно-следственных связей низкой работоспособности УДС были рассмотрены этапы формирования города.

В настоящее время УДС структурно совершенствуется: уменьшается число заторов, устраняются тупики [8], соединяются улицы, что позволяет оптимизировать дорожно-транспортную среду. Однако темпы такого совершенствования отстают от темпов роста города.

Изучив данные табл. 2, авторы решили рассматривать сеть улиц совокупно, а не дискретно, так как отдельные прогоны находятся одновременно в нескольких районах и микрорайонах города, где имеется множество центров притяжения автомобильного движения, т.е. оптимизация дорожной ситуации должна базироваться на дедуктивном методе.

В качестве наглядного примера совокупного рассмотрения улиц приведем микрорайон ДОК, имеющий проблемы, характерные для УДС города. ДОК с одной стороны окружен болотом, с другой — рекой (рис. 3), полуостров соединяется с городом единственной улицей — Коммунистической. На этом участке линейного сооружения наблюдаются заторы, которые невозможно регулировать, требуется альтернативное линейно-транспортное сооружение. Высокая загруженность дороги, ведущей в ДОК в настоящее время, — актуальная проблема, возникшая вследствие особенностей исторического развития Тюмени на ранних этапах. После оценки приведенных характеристик для улучшения УДС микрорайона необходимо качественно спроектировать планы улиц для въезда и выезда на данную территорию с учетом грунтово-геологических особенностей местности.

Таблица 2. Технические характеристики ул. Республики г. Тюмени

№ прогона	N, авт/сут	P, авт/сут	Z	L, м	Численность				Т
					СВ, шт.	ПД, шт.	ПП, шт.	АО, шт.	
1	18 246–19 181	76 364	0,24–0,25	1180	4	4	6	3	Нет
2	16 415–17 240	76 364	0,22–0,23	320	2	4	2	1	-
3	23 183–24 314	58 909	0,37–0,39	980	4	3	5	2	-
4	42 238–44 405	117 818	0,36–0,38	530	3	6	2	2	-
5	53 096–55 819	117 818	0,44–0,47	1150	3	6	2	5	-
6	44 079–46 340	117 818	0,37–0,40	1810	7	6	7	10	-
7	41 168–43 279	82 909	0,50–0,52	1590	4	4	4	4	-
8	43 517–45 748	82 909	0,52–0,55	2850	5	4	5	10	Нет

Примечания: N — интенсивность движения, авт/сут; P — пропускная способность проезжей части, авт/сут; Z — уровень загрузки, долевые единицы; L — протяженность прогона, м; СВ — светофоры, шт.; ПД — полосы движения, шт.; ПП — пешеходные переходы, шт.; АО — автобусные остановки, шт.; Т — наличие тупика на концах прогона.

Для ликвидации проблем предложены два основных направления. Первое предусматривает детальный анализ каждого района для разработки и строительства УДС в виде непрерывной системы, учитывающей функциональное назначение улиц и дорог. Второе предполагает создание благоприятной сети улиц на ранних этапах проектирования и планирования новых районов города, чтобы минимизировать затраты времени на передвижение.

Также следует отметить, что оценка УДС должна проводиться комплексно, учитывать не только транспортные потоки, но и архитектурные особенности города, планировку зданий и социальные аспекты.

Таким образом, решения, предложенные для устранения проблем улично-дорожной сети, в совокупности оптимизируют обстановку на улицах Тюмени и создадут благоприятные условия для жителей и гостей города. ■

Источники

1. Мартяхин Д. С., Косцов А.В., Мордвин С.С. Проектирование городских улиц и дорог: учеб.-метод. пособие. М.: МАДИ, 2018. 68 с.
2. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов: учеб. для студентов вузов. М.: Транспорт, 1990. 240 с.
3. Менделев Г.А. Транспорт в планировке городов: учеб. пособие. М., 2005. 135 с.
4. Александр Моор: развитие агломераций — приоритетная задача правительства Тюменской области // Комс. правда. 2024. 20 марта. URL: <https://www.kr.ru/online/news/5726406> (дата обращения 22.03.2024).
5. Иваненко А.С. Прогулки по Тюмени. 3-е изд., перераб. Тюмень: Слово, 2006. 312 с.
6. Агасьянц А.А. Основные предпосылки повышения эффективности улично-дорожной сети // Совершенствование транспортных систем городов: тезисы сообщений Всесоюз. науч.-техн. семинара, Суздаль, 9–11 ноября 1989. М.: ЦНИИП градостроительства, 1989. С. 20–23.
7. Михайлов А. Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей // Вест. стипендиатов DAAD. Иркутск: ИрГТУ, 2002. С. 9–15.
8. Булавина Л.В. Проектирование и оценка транспортной сети и маршрутной системы в городах. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. 48 с.

Людмила А. Андреева, д-р техн. наук, заместитель директора АО «Промтрансстрой»,

Евгений П. Дудкин, д-р техн. наук, руководитель НОЦ «Городской и промышленный транспорт» Петербургского государственного университета путей сообщения,

Сергей Н. Корнилов, д-р техн. наук, профессор кафедры логистики и управления транспортными системами Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова,

Алексей Т. Попов, канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Организация перевозок» Липецкого государственного технического университета.

Промышленный транспорт: проблемы государственного регулирования // Транспорт РФ. — 2024. — № 2 (111). — С. 3–6.

Дана оценка роли промышленного транспорта в структуре грузовых перевозок России. Проанализирована система централизованного управления железнодорожным промышленным транспортом в СССР. Выявлены недостатки государственного регулирования отрасли в настоящее время. Даны предложения по оптимизации ситуации в сфере управления железнодорожным транспортом необщего пользования и технологическим транспортом предприятий в Российской Федерации.

Ключевые слова: промышленный транспорт, железнодорожный транспорт, железнодорожный транспорт необщего пользования, технологический транспорт.

Контактная информация: ed@pgups-tempus.ru

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

Алексей Д. Разуваев, канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика транспортной инфраструктуры и управление строительным бизнесом» РУТ (МИИТ).

Методология достижения роста экономической эффективности транспортных систем на основе качественного совершенствования и интенсификации использования инфраструктуры // Транспорт РФ. — 2024. — № 2 (111). — С. 7–10.

Дано определение качественного совершенствования транспортной инфраструктуры с экономической точки зрения. Предложена модель инфраструктурно-экономической трансмиссии, обеспечивающей трансформацию качественного совершенствования и последующей интенсификации использования транспортной инфраструктуры, улучшение экономических результатов деятельности транспортной системы. Сделан вывод, что для конкретных транспортных систем должны разрабатываться комплексные мероприятия, обеспечивающие эффективный переход от постановки стратегических задач к кардинальному улучшению экономических результатов.

Ключевые слова: экономическая эффективность транспортных систем, интенсификация использования транспортной инфраструктуры, качественное совершенствование транспортной инфраструктуры, механизм инфраструктурно-экономической трансмиссии, инфраструктура железных дорог, цикл PDCA.

Контактная информация: macheretda@rambler.ru

Александр С. Мишарин, д-р техн. наук, президент Российской академии транспорта,

Николай Г. Шабалин, д-р техн. наук, начальник департамента научных исследований, аналитики и совершенствования научно-технической деятельности АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте»,

Сергей В. Бушуев, канд. техн. наук, проректор по научной работе Уральского государственного университета путей сообщения.

Оценка перспективы сокращения межпоездных интервалов за счет применения новых технологий интервального регулирования // Транспорт РФ. — 2024. — № 2 (111). — С. 11–17.

Освещены направления развития технологии интервального регулирования движения поездов, подходы к моделированию и программные решения по анализу пропускной способности участков железных дорог. Рассмотрена модель межпоездных интервалов под влиянием всех действующих в эксплуатации факторов, построенная на данных локомотивных систем безопасности АСУТ-НБД2 и нормативной информации АСУ-ДИ. Получено распределение вероятности минимального межпоездного интервала на грузонапряженном участке. Определена перспектива сокращения межпоездных интервалов при применении АБТЦ-МШ с последующим переходом к гибридной системе управления движением поездов.

Ключевые слова: интервальное регулирование движения поездов, виртуальная сцепка, автоблокировка, моделирование межпоездных интервалов, гибридная система управления движением.

Контактная информация: sbushuev@usurt.ru

Ефим Н. Розенберг, д-р техн. наук, первый заместитель генерального директора АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (НИИАС),

Зелимхан Б. Хакиев, канд. физ.-мат. наук, заместитель начальника научно-технического комплекса интеллектуальных систем контроля и управления АО «НИИАС»,

Владислав С. Кузьмин, ведущий специалист АО «НИИАС».

Система мониторинга для обеспечения функциональной безопасности ответственного технологического процесса движения поездов // Транспорт РФ. — 2024. — № 2 (111). — С. 18–24.

Обоснована необходимость использования данных, формируемых системами технической диагностики и мониторинга инфраструктуры железнодорожного транспорта, при решении задач обеспечения функциональной безопасности ответственного технологического процесса движения поездов. Разработана марковская модель, описывающая транспортный комплекс, предложен перспективный облик системы управления движением поездов, обеспечивающей интеграцию с системами мониторинга и технической диагностики. Сформулированы основные требования к перспективной системе управления движением поездов с учетом необходимости обеспечения интероперабельности сложных технических систем и технологических процессов.

Ключевые слова: мониторинг, техническая диагностика, функциональная безопасность, движение поездов, интероперабельность.

Контактная информация: n.sazonov@vniias.ru

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

Оксана Д. Покровская, д-р техн. наук, заведующая кафедрой «Управление эксплуатационной работой» ПГУПС,

Тамила С. Титова, д-р техн. наук, первый проректор, проректор по научной работе ПГУПС.

Результаты исследования востребованности съемных кузовов и железнодорожного подвижного состава для их перевозки // Транспорт РФ. — 2024. — № 2 (111). — С. 25–31.

Охарактеризованы некоторые результаты маркетингового исследования востребованности железнодорожной перевозки грузов в съемных кузовах. Составлен портрет потенциального потребителя. Сформулирован перечень коммерческих требований (потребительских ожиданий) к потенциальному транспортному продукту. Дана оценка клиентоориентированности и платежеспособного спроса. Сформулирован ряд рекомендаций по «выходу» на рынок новых транспортно-логистических продуктов по перевозке грузов в съемных кузовах.

Ключевые слова: съемный кузов, подвижной состав, маркетинговое исследование, портрет потребителя,

исследование востребованности, новый транспортно-логистический сервис, железнодорожные перевозки.

Контактная информация: insight1986@inbox.ru

Олег С. Валинский, канд. техн. наук, ректор Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),

Константин К. Ким, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Электротехника и теплоэнергетика» ПГУПС.

Разработки ПГУПС в области нетрадиционной и возобновляемой энергетики // Транспорт РФ. — 2024. — № 2 (111). — С. 32–38.

Рассматриваются оригинальные конструктивные решения в области нетрадиционной возобновляемой энергетики, выполненные на кафедре «Электротехника и теплоэнергетика» ПГУПС за последние три года. Разработки касаются преобразования энергии светового излучения, сбраживания биомассы, водного потока и волн в электрическую энергию. Приводится схема использования и результаты исследований электрохимических генераторов на основе водородных топливных элементов в системе электропитания вагона-электростанции, в которой в качестве основного источника выступают дизель-генераторные агрегаты с синхронными генераторами стандартного исполнения.

Ключевые слова: нетрадиционная энергетика, возобновляемая энергетика, электрическая энергия, электрический генератор, световое излучение.

Контактная информация: kimkk@inbox.ru

Алексей А. Локтев, д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой «Транспортное строительство» Российского университета транспорта (РУТ) (МИИТ),

Лилия А. Илларионова, канд. техн. наук, доцент кафедры «Здания и сооружения на транспорте» РУТ (МИИТ).

Моделирование влияния локальных неровностей железнодорожного пути на распространение вибраций // Транспорт РФ. — 2024. — № 2 (111). — С. 39–41.

Предлагается алгоритм учета влияния дефектов и отступлений от проектного состояния на поверхности катания колеса и рельса на динамическое поведение элементов верхнего строения пути. Фрагмент железнодорожного пути предлагается моделировать с помощью уравнений вертикальных колебаний упругой балки. Определяющие соотношения интегрируются с помощью схем линеаризации неизвестных функций, при этом конструкция пути содержит узловые точки, в которых сосредоточена приведенная масса и прикладывается внешняя нагрузка от колесных пар. Каждый элемент верхнего строения пути предлагается описывать с помощью упругих элементов Герца с различными параметрами жесткости.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, оценка вибрации, локальные дефекты колеса и рельса, упругие элементы.

Контактная информация: aaloktev@yandex.ru

Владимир А. Анисимов, д-р техн. наук, профессор кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I,

Анастасия К. Слатина, инженер-проектировщик отдела пути и сооружений ПАО «ЛенГипрострой».

Международный мультимодальный транспортный коридор Мохэ — Рейново — Якутск — Тикси // Транспорт РФ. — 2024. — № 2 (111). — С. 42–46.

Рассмотрены конкурентные преимущества и проблемы Дальнего Востока и Арктической зоны России, обоснована актуальность развития транспортной инфраструктуры данных регионов в новых геополитических условиях. Дан краткий анализ перспектив расширения торговых отношений России и северо-восточных провинций Китая. Предложено международный мультимодальный транспортный коридор Мохэ — Рейново — Якутск — порт Тикси, связывающий Северный морской путь и северо-восточную провинцию Китая Хэйлуцзянь. Предложены варианты возможных направлений новой железной дороги Якутск (Нижний Бестях) — порт Тикси с учетом географических особенностей местности.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, международный транспортный коридор, Дальний Восток, Арктическая зона, транзитный потенциал.

Контактная информация: anisvl@mail.ru

Александр Л. Кузнецов, д-р техн. наук, профессор кафедры портов и грузовых терминалов Государственного университета морского и речного флота им. адм. С. О. Макарова (ГУМРФ),

Адам М. Сампиев, канд. экон. наук, директор по производству АО «Ленморниипроект»,

Антон Д. Семенов, аспирант ГУМРФ,

Артемий О. Иванов, аспирант ЦНИИП Минстроя России.

Задачи совершенствования методов технологического проектирования морских торговых портов // Транспорт РФ. — 2024. — № 2 (111). — С. 47–51.

Сложившаяся практика технологического проектирования морских торговых портов уже давно подверглась критике участников транспортной деятельности, из-за медленных изменений методической и административно-правовой основ этой деятельности. На данном этапе противоречие между потребностями транспортной индустрии и возможностью проектных организаций по их обеспечению стало еще более острым. Развитие методов технологического проектирования сдерживается целым рядом причин разной природы и значимости, но каждая из них по отдельности служит препятствием для его блокировки. В исследовании представлены основные причины, проанализирована степень их влияния, указаны возможности их устранения.

Ключевые слова: морской порт, сухой порт, проектирование, строительство, технологическое проектирование, имитационное моделирование, статистическое моделирование, морской терминал, контейнерный терминал, наливной терминал, навалочный терминал.

Контактная информация: thunder1950@yandex.ru

Николай М. Подволоцкий, д-р техн. наук, профессор кафедры теплотехники, судовых котлов и вспомогательных установок Государственного университета морского и речного флота им. адм. С. О. Макарова.

Классификация грузовых систем современных танкеров // Транспорт РФ. — 2024. — № 2 (111). — С. 52–54.

Повышение эффективности грузовых операций танкеров привело к разработке и внедрению грузовых систем линейного типа, центробежные грузовые насосы которых выполняют зачистные операции, и систем без всасывающего трубопровода с погружными грузовыми насосами, также выполняющих зачистные операции. Это изменяет ранжировку и дополняет классификацию грузовых систем. Предложена следующая классификация: линейная грузовая система, система с погружными грузовыми насосами, кольцевая и система с перепускными переборочными клинкетками. Новая классификация позволяет изменить программу подготовки специалистов.

Ключевые слова: танкер, грузовая система, грузовой насос, зачистная система, линейная грузовая система, система с погружными грузовыми насосами, кольцевая система, система с переборочными перепускными клинкетками, программа подготовки специалистов.

Контактная информация: kostylevii@gumf.ru

Сергей В. Данилов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологические машины и переработка материалов» Северо-Кавказской государственной академии (СКГА),

Рамазан Ш. Мамаев, генеральный директор ООО «АвтоРэт».

Дмитрий В. Рыбак, студент СКГА,

Рустам Ш. Шайлиев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологические машины и переработка материалов» СКГА.

Вспомогательная система для ускорения автомобиля на основе принципов рекуперации энергии торможения // Транспорт РФ. — 2024. — № 2 (111). — С. 55–58.

Проведен анализ по выявлению конструктивных, технологических и экономических недостатков существующих устройств и схем для вспомогательной системы ускорения автомобиля. Приведены результаты теоретических исследований по обоснованию эффективности конструктивной схемы, выбора и взаимного расположения узлов и агрегатов предлагаемой разработки системы рекуперации энергии торможения автомобиля.

Ключевые слова: вспомогательная система для ускорения, гидромотор-насос, пневмогидроаккумулятор, рекуперация энергии торможения автомобиля, сила крутящего момента.

Контактная информация: sergey-danilov1@yandex.ru

Сергей П. Санников, канд. техн. наук, заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов Тюменского индустриального университета (ТИУ),

Вера Д. Тимоховец, канд. техн. наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ТИУ,

Александр Н. Кланюк, студент ТИУ.

Влияние исторических особенностей развития города на современную транспортную систему на примере г. Тюмени // Транспорт РФ. — 2024. — № 2 (111). — С. 59–61.

Исследуются вопросы оптимизации градообразующего строя и улично-дорожной среды с целью развития сети улиц. Произведен анализ этапов формирования дорожно-транспортной системы, доказана взаимосвязь этапов и возможность выявления трудностей, связанных с структурно-формационным и техническим совершенствованием. Предложены методы решения этих проблем. Предложены разработки стратегий оптимизации градостроительства и улучшения городской инфраструктуры для обеспечения более эффективного использования пространства и повышения качества жизни горожан.

Ключевые слова: формирование, структуризация, улично-дорожная сеть, система, совершенствование, городская среда.

Контактная информация: klanyuksasha@mail.ru

Lyudmila A. Andreeva, Dr. Sci. (engineering), Deputy director of Promtransniiproekt JSC,

Evgeny P. Dudkin, Dr. Sci. (engineering), Head of the Scientific and Educational Center “Urban and Industrial Transport” at the St. Petersburg State University of Railway Communications,

Sergey N. Kornilov, Dr. Sci. (engineering), Professor of the Department of Logistics and Transportation System Management at Novos Magnitogorsk State Technical University,

Alexey T. Popov, Cand. Sci. (engineering), Head of the “Transport Organization” Department at Lipetsk State Technical University,

Ilya P. Potapov, graduate student of the “Urban Planning” Department at the Central Research and Design Institute of the Ministry of Construction of Russia, Executive Director of the Russian Academy of Transport (RAT)

Industrial Transport: Issues of State Regulation // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 2 (111). — P. 3–6.

An assessment of the role of industrial transport in the structure of freight transportation in Russia is provided. The system of centralized management of industrial railway transport in the USSR is analyzed. The shortcomings of state regulation of the industry at present are identified. Suggestions are made for optimizing the situation in the field of management of non-public railway transport and technological transport of enterprises in the Russian Federation.

Keywords: industrial transport, railway transport, non-public railway transport, technological transport.

Contact information: ed@pgups-tempus.ru

Dmitry A. Macheret, Dr. Sci. (economy), First Deputy Chairman of the Unified Scientific Council of Russian Rail-

ways JSC, Professor at the Russian University of Transport (RUT) (MIIT),

Alexey D. Razueva, Cand. Sci. (economy), Associate Professor of the Department “Economics of Transport Infrastructure and Construction Business Management” at RUT (MIIT).

Methodology for Achieving Economic Efficiency Growth of Transport Systems Based on Qualitative Improvement and Intensification of Infrastructure Use // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 2 (111). — P. 7–10.

The definition of qualitative improvement of transport infrastructure from an economic point of view is given. A model of infrastructure-economic transmission is proposed, ensuring the transformation of qualitative improvement and subsequent intensification of the use of transport infrastructure, improving the economic results of the transport system’s activities. It is concluded that comprehensive measures should be developed for specific transport systems to ensure an effective transition from setting strategic tasks to fundamentally improving economic results.

Keywords: economic efficiency of transport systems, intensification of transport infrastructure use, qualitative improvement of transport infrastructure, mechanism of infrastructure-economic transmission, railway infrastructure, PDCA cycle.

Contact information: macheretda@rambler.ru

Alexander S. Misharin, Dr. Sci. (engineering), President of the Russian Academy of Transport,

Nikolay G. Shabalin, Dr. Sci. (engineering), Head of the Department of Scientific Research, Analytics and Improvement of Scientific and Technical Activities at the Scientific Research and Project Design Institute for

Informatization, Automation, and Communication in Railway Transport,

Sergey V. Bushuev, Cand. Sci. (engineering), Vice-Recto for Research at the Ural State University of Railway Transport.

Assessment of the Prospect of Reducing Inter-Train Intervals through the Application of New Interval Regulation Technologies // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 2 (111). — P. 11–17.

The directions of development of train interval regulation technology, approaches to modeling, and software solutions for analyzing the capacity of railway sections are highlighted. A model of inter-train intervals under the influence of all factors in operation, built on the data of locomotive safety systems ASUT-NBD2 and regulatory information ASU-DI, is considered. The probability distribution of the minimum inter-train interval on a freight-intensive section is obtained. The prospect of reducing inter-train intervals using ABTC-MSH with subsequent transition to a hybrid train management system is determined.

Keywords: train interval regulation, virtual coupling, automatic blocking, modeling of inter-train intervals, hybrid train management system.

Contact information: sbushuev@usurt.ru

Yefim N. Rosenberg, Dr. Sci. (engineering), First Deputy General Director of the Scientific Research and Design Institute for Informatization, Automation, and Communication in Railway Transport (NIAS),

Zelimkhan B. Hakiev, Cand. Sci. (physics and mathematics), Deputy Head of the Scientific and Technical Complex of Intelligent Control and Management Systems at NIAS,

Vladislav S. Kuzmin, Lead specialist at NIAS.

Monitoring System to Ensure Functional Safety of the Responsible Technological Process of Train Movement // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 2 (111). — P. 18–24.

The necessity of using data generated by technical diagnostics and monitoring systems of railway infrastructure in solving problems of ensuring the functional safety of the responsible technological process of train movement is substantiated. A Markov model describing the transport complex is developed, and a prospective look of the train movement control system is proposed, ensuring integration with monitoring and technical diagnostics systems. The main requirements for the prospective train movement control system are formulated, taking into account the need to ensure interoperability of complex technical systems and technological processes.

Keywords: monitoring, technical diagnostics, functional safety, train movement, interoperability.

Contact information: n.sazonov@vniias.ru

Yuri P. Boronenko, Dr. Sci. (engineering), Head of the “Wagons and Rolling Stock” Department at the Emperor Alexander I St. Petersburg State University of Railway Communications (PGUPS),

Oksana D. Pokrovskaya, Dr. Sci. (engineering), Head of the “Operation Management” Department at PGUPS,

Tamila S. Titova, Dr. Sci. (engineering), First Vice-Rector, Vice-Rector for Research at PGUPS.

Research Results on the Demand for Container Wagons and Railway Rolling Stock for Their Transportation // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 2 (111). — P. 25–31.

Some results of marketing research on the demand for railway transportation of goods in container wagons are characterized. A portrait of the potential consumer is compiled. A list of commercial requirements (consumer expectations) for the potential transport product is formulated. An assessment of customer orientation and payment demand is given. A series of recommendations is formulated for entering the market with new transport and logistics products for the transportation of goods in container wagons.

Keywords: container wagon, rolling stock, marketing research, consumer portrait, demand research, new transport and logistics service, railway transportation.

Contact information: insight1986@inbox.ru

Oleg S. Valinsky, Cand. Sci. (engineering), Rector of the Emperor Alexander I St. Petersburg State University of Railway Communications (PGUPS),

Konstantin K. Kim, Dr. Sci. (engineering), Head of the “Electrical Engineering and Heat Power Engineering” Department at PGUPS.

Developments of PGUPS in the Field of Non-traditional and Renewable Energy // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 2 (111). — P. 52–58.

Original design solutions in the field of non-traditional renewable energy executed at the Department of Electrical Engineering and Heat Power Engineering at PGUPS over the past three years are considered. Developments relate to the conversion of light radiation energy, biomass fermentation, water flow, and waves into electrical energy. A scheme for the use and research results of electrochemical generators based on hydrogen fuel cells in the power supply system of a wagon power station is provided, in which diesel-generator units with synchronous generators of standard design act as the main source.

Keywords: non-traditional energy, renewable energy, electrical energy, electrical generator, light radiation.

Contact information: kimkk@inbox.ru

Alexey A. Loktev, Dr. Sci. (physics and mathematics), Head of the “Transport Construction” Department at the Russian University of Transport (RUT) (MIIT),

Liliya A. Illarionova, Cand. Sci. (engineering), Associate Professor of the “Buildings and Structures in Transport” Department at RUT (MIIT).

Modeling the Influence of Local Irregularities of the Railway Track on Vibration Propagation // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 2 (111). — P. 39–41.

An algorithm for accounting for the influence of defects and deviations from the design condition on the wheel and rail running surface on the dynamic behavior of track superstructure elements is proposed. A fragment of the railway track is suggested to be modeled using equations of vertical vibrations of an elastic beam. The determinant relationships are integrated using linearization schemes of unknown functions, with the track structure containing nodal points where concentrated mass is located and external load from wheel pairs is applied. Each element of the track superstructure is proposed to be described using Hertz elastic elements with different stiffness parameters.

Keywords: railway transport, vibration assessment, local defects of wheel and rail, elastic elements.

Contact information: aaloktev@yandex.ru

Vladimir A. Anisimov, Dr. Sci. (engineering), Professor of the “Survey and Design of Railways” Department at the Emperor Alexander I St. Petersburg State University of Railway Communications,

Anastasia K. Slatina, Design Engineer at the Track and Structures Department of LenGiprostroy PJSC.

International Multimodal Transport Corridor Mohe — Reino — Yakutsk — Tiksi // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 2 (111). — P. 42–46.

The competitive advantages and problems of the Far East and the Arctic zone of Russia are considered, and the relevance of developing the transport infrastructure of these regions in new geopolitical conditions is justified. A brief analysis of the prospects for expanding trade relations between Russia and the northeastern provinces of China is given. An international multimodal transport corridor Mohe — Reino — Yakutsk — Port Tiksi, connecting the Northern Sea Route and the northeastern province of China Heilongjiang, is proposed. Options for possible directions of the new railway Yakutsk (Lower Bestyakh) — Port Tiksi, taking into account the geographical features of the terrain, are suggested.

Keywords: transport infrastructure, international transport corridor, Far East, Arctic zone, transit potential.

Contact information: anisvl@mail.ru

Alexandr L. Kuznetsov, Dr. Sci. (engineering), Professor of the Department of Ports and Cargo Terminals at the Admiral S.O. Makarov State University of Maritime and River Fleet (GUMRF),

Adam M. Sampiev, Cand. Sci. (economy), Production Director at LenmorNIIPProject LLC,

Anton D. Semenov, Graduate Student at GUMRF,

Artemiy O. Ivanov, Graduate Student at the Central Research Institute of the Ministry of Construction of Russia.

Tasks for Improving the Methods of Technological Design of Seaports // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 2 (111). — P. 47–51.

The established practice of technological design of seaports has long been criticized by participants in transport activities due to slow changes in the methodological and administrative-legal foundations of this activity. At this stage, the contradiction between the needs of the transport industry and the capabilities of design organizations to meet them has become even more acute. The development of methods for technological design is constrained by a whole range of reasons of various natures and significance, but each of them individually serves as an obstacle to its blocking. The study presents the main reasons, analyzes the degree of their influence, and indicates possibilities for their elimination.

Keywords: seaport, dry port, design, construction, technological design, simulation modeling, statistical modeling, marine terminal, container terminal, bulk terminal.

Contact information: thunder1950@yandex.ru

Nikolay M. Podvolotsky, Dr. Sci. (engineering), Professor of the Department of Heat Engineering, Ship Boilers and Auxiliary Installations at the Admiral S.O. Makarov State University of Maritime and River Fleet.

Classification of Cargo Systems of Modern Tankers // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 2 (111). — P. 52–54.

The increase in the efficiency of cargo operations of tankers has led to the development and implementation of linear-type cargo systems, the centrifugal cargo pumps of which perform stripping operations, and systems without suction pipelines with submersible cargo pumps, also performing stripping operations. This changes the ranking and complements the classification of cargo systems. The following classification is proposed: linear cargo system, system with submersible cargo pumps, ring and system with bypass transfer manifolds. The new classification allows adjusting the training program for specialists.

Keywords: tanker, cargo system, cargo pump, stripping system, linear cargo system, system with submersible cargo pumps, ring system, system with bypass transfer manifolds, specialist training program.

Contact information: kostylevii@gumrf.ru

Sergey V. Danilov, Cand. Sci. (engineering), Associate Professor of the Department of Technological Machines and Materials Processing at the North Caucasus State Academy (SKGA),

Ramazan Sh. Mamaev, General Director of AutoRet LLC,

Dmitry V. Rybak, Student at SKGA,

Rustam Sh. Shayliev, Cand. Sci. (engineering), Associate Professor of the Department of Technological Machines and Materials Processing at SKGA.

Auxiliary System for Accelerating a Vehicle Based on the Principles of Brake Energy Regeneration // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 2 (111). — P. 55–58.

An analysis was conducted to identify structural, technological, and economic shortcomings of existing devices and schemes for an auxiliary system for vehicle acceleration. The results of theoretical studies to justify the effectiveness of the design scheme, the selection and mutual arrangement of units and assemblies of the proposed development of the vehicle brake energy regeneration system are presented.

Keywords: auxiliary system for acceleration, hydro-motor pump, pneumatic-hydraulic accumulator, vehicle brake energy regeneration, torque.

Contact information: sergey-danilov1@yandex.ru

Sergey P. Sannikov, Cand. Sci. (engineering), Head of the Department of Roads and Airfields at the Tyumen Industrial University (TIU),

Vera D. Timokhovets, Cand. Sci. (engineering), Associate Professor of the Department of Roads and Airfields at TIU,

Alexander N. Klanyuk, Student at TIU.

Influence of Historical Features of City Development on the Modern Transport System Using the Example of Tyumen // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 2 (111). — P. 59–61.

Issues of optimizing the city-forming structure and road environment for the development of the street network are studied. An analysis of the stages of formation of the road transport system is carried out, the interrelation of stages and the possibility of identifying difficulties associated with structural and technical improvement is proven. Methods for solving these problems are proposed. Strategies for optimizing urban development and improving urban infrastructure to ensure more efficient use of space and improve the quality of life of city residents are suggested.

Keywords: formation, structuring, street network, system, improvement, urban environment.

Contact information: klanyuksasha@mail.ru



**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



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



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



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



Проведение комплексных научно-исследовательских работ



Разработка предложений по повышению перерабатывающей способности станций, разработка имитационной модели



Разработка комплексных схем организации улично-дорожной сети



Разработка схем транспортного планирования и комплексных планов развития транспортной инфраструктуры регионов