

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ЭКОНОМИКЕ, ПРАКТИКЕ

**Состояние и развитие высокоскоростного
железнодорожного транспорта в России**

Специальный выпуск



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>



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

**Президент В. В. Путин:**

«Мы начинаем масштабный проект по созданию сетей высокоскоростных железных дорог» 3

Состояние и развитие высокоскоростного железнодорожного транспорта в России 6

А. С. Мишарин, И. П. Потапов, Л. С. Антонова.

Скорость и инновации: наука и технологический суверенитет (устойчивость) в проекте ВСМ 7

О. С. Валинский, И. П. Киселёв.

Научное обеспечение проектирования и строительства высокоскоростных железнодорожных магистралей..... 11

А. И. Гурьев.

Проектирование высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург: что сделано ... 29

А. А. Альхимович.

Нормативно-правовая база высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург 32

О. В. Ефимова, О. Н. Покусаев.

Декомпозиция экономических критериев и задач при организации высокоскоростного железнодорожного движения 34

А. Д. Разуваев.

Экономическая оценка перспектив развития высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры в России 38

М. А. Марченко, О. Д. Покровская.

Повышение эффективности диспетчерского управления высокоскоростным движением 44

А. Б. Никитин, В. В. Моисеев.

Технические нормы и требования к системам автоматики и телемеханики высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург 49

А. Т. Бурков, В. Г. Жемчугов, М. А. Иванов, В. В. Сероносов.

Универсальные электротяговые сети переменного тока высокоскоростных магистралей с трехсистемным электроподвижным составом 53

Д. Н. Роенков, П. А. Плеханов.

Радиосвязь для высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург 58

А. А. Воробьев, Д. Д. Каримов, К. А. Сотников, Н. В. Богданов.

Управление аэродинамическим взаимодействием высокоскоростного поезда с элементами искусственных сооружений тоннельного типа 62

Аннотации 69

Abstracts 71

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 ответствен-
ности за содержание рекламных материалов.

Установочный тираж 7 000 экз.

Подписано в печать 04.03.2024.

Отпечатано:
типография издательства «Прометей».

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

Тел.: +7 (495) 730-70-69.

E-mail: info@prometej.su.

Заказ №

Редакционный совет

Мишарин А. С. — президент Российской академии транспорта,
главный редактор журнала «Транспорт РФ»
Олерский В. А. — председатель редакционного совета журнала
Дружинин А. А. — руководитель Федерального агентства железнодорожного транспорта
Пашков К. А. — директор административного департамента Минтранса РФ
Ефимов В. Б. — президент Союза транспортников России, вице-президент РАТ
Гапанович В. А. — президент НП «ОПЖТ», член РАТ
Валинский О. С. — ректор ПГУПС
Ефимова О. В. — 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 Севе-
ро-Западного регионального отделения РАТ

Белозеров В. Л. — д. э. н., председатель
Общественного совета при Ространснадзо-
ре, член Президиума РАТ

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

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

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

Валинский О. С. — 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 под-
комитета по транспорту и логистике коми-
тета РСПП по международному сотрудни-
честву, директор Центра стратегического
развития логистики

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

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

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

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

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

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

Кочетков А. В. — д. т. н., председатель
Поволжского регионального отделения РАТ

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

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

Малыгин И. Г. — д. т. н., директор
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 Восточ-
ного регионального отделения РАТ

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

Потапов И. П. — исполнительный дирек-
тор РАТ

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

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

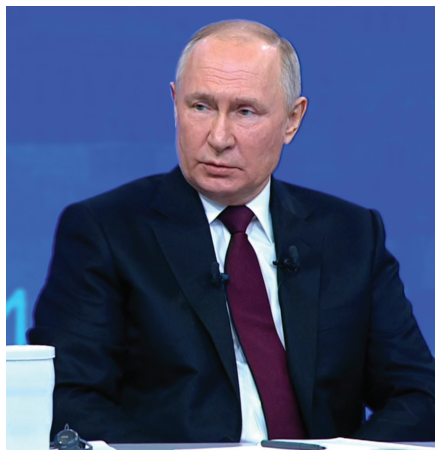
Соколов Ю. И. — д. э. н., директор Инсти-
тута экономики и финансов РУТ (МИИТ),
председатель Центрального отделения РАТ

Тимофеев О. Я. — д. т. н., профессор кафе-
дры конструкции и технической эксплуата-
ции судов СПбГМТУ

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

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

Президент В. В. Путин: «Мы начинаем масштабный проект по созданию сетей высокоскоростных железных дорог»



Мы расширяем, как известно, БАМ и Транссиб, модернизируем другие магистрали и подходы к морским портам, включая Азово-Черноморский и Каспийский бассейны, одновременно начинаем масштабный проект по созданию сетей высокоскоростных железных дорог.

В качестве первого шага такой маршрут должен кардинально сократить время в пути между двумя крупнейшими агломерациями нашей страны: Москвой и Санкт-Петербургом. Затем такие трассы должны соединить столицу с братской Белоруссией, с Минском, Воронежем, Нижним Новгородом, Казанью, Екатеринбург, Ростовом-на-Дону, обеспечить доступность курортов Черноморского побережья — большую, лучшую доступность для наших граждан. И особо подчеркну: в перспективе, безусловно, будем строить их до Луганска и Донецка.

Планируется, что высокоскоростные магистрали пройдут по территориям, где живет более 111 миллионов наших граждан, а это 80 % населения страны.

Из выступления на IV Железнодорожном съезде 15 декабря 2023 г.

Что касается развития вообще путей сообщения: и авиационных средств передвижения, и железнодорожных, автомобильных — всё это развивается. Вы упомянули и про высокоскоростную дорогу. Да, она у нас планируется. Первый этап — это Москва — Петербург, но потом и на юг возможно развитие, и даже не то что возможно, мы думаем об этом.

Но на сегодняшний день нужно сделать главное — надо создать эффективную, дееспособную структуру, которая бы этим занималась и сделала бы хороший бизнес-план, модель развития.

Это всё возможно. Над этим и правительство, и инициаторы этого процесса думают и предлагают решения. Это и Сбербанк, это и мэрия Москвы,

и правительство, повторяю, включается в эту работу.

Конечно, если между Москвой и Петербургом будет 2 часа 15 минут — вы знаете, внутри Москвы люди до работы добираются больше по времени, — это будет совсем другая история, совсем другое развитие.

То же самое это касается юга страны: Краснодар, Кубани в целом, Ставропольского края, Ростовской области, да и того же Крыма. Поэтому работа в этом отношении начинается. Надеюсь, что она будет эффективно развиваться дальше.

Из выступления на прямой линии с гражданами и большой пресс-конференции с представителями СМИ 14 декабря 2023 г.



По сути, это пилотный проект, имею в виду строительство на первом этапе ветки Москва – Санкт-Петербург. Эта работа станет, должна стать первым, стартовым этапом развития высокоскоростного железнодорожного сообщения в России. А это принципиально другой уже, конечно, уровень технологий и транспортных услуг, современные рабочие места и передовые компетенции, новые возможности для граждан и наших регионов.

Добавлю, что сама по себе готовность браться за такие сложнейшие проекты и способность их реализовать — это своего рода интегральный показатель нашего возросшего технологичного, научного, кадрового, индустриального потенциала. Это новые компетенции, и, судя по всему, мы подошли к тому, чтобы их реализовывать.

Повторю, строительство высокоскоростной магистрали между Москвой и Санкт-Петербургом — это только начало. В перспективе — организация такого сообщения в направлении Рязани, Казани, Екатеринбурга, Адлера, а также столицы Беларуси — Минска.

Выделенные высокоскоростные маршруты помогут заметно нарастить пропускную способность железных дорог, разгрузят аэропорты, будут способствовать росту внутреннего туризма и деловой активности.

Реализация проекта, создание всей необходимой инфраструктуры и подвижного состава должны вестись именно на нашей собственной технологической базе.

Сегодня показали на площадке «Уральских локомотивов», что сделано за последние годы предприятием и инженерным центром и что готовы сделать в самое ближайшее время. То есть заделы все созданы.

Завод успешно проектирует и производит по-настоящему современную, передовую железнодорожную технику, электровагоны и поезда. И собирается она на отечественных материалах и комплектующих, оснащенных, кроме всего прочего, и нашим программным продуктом. На мощностях завода уже может быть налажено серийное производство и высокоскоростных поездов.

Подчеркну, это важнейший технологический проект для нашего машиностроения в целом. Ведь в крупной, долгосрочной, технологически сложной программе развития высокоскоростного сообщения примут участие десятки, если не сотни трудовых коллективов, научных институтов, подрядных организаций по всей стране. Поэтому уже сейчас нужно заниматься вопросами тесной кооперации, выстраивания эффективных производственных цепочек.

И конечно, проект магистрали Москва — Санкт-Петербург должен быть детально проработан с регионами, по территории которых пройдет эта трасса. Прошу руководителей субъектов Федерации максимально ответственно подойти к решению задач, связанных с этим проектом. Это шесть регионов: Москва, Санкт-Петербург, Ленинградская, Новгородская, Тверская, Московская области. Суммарно в них проживает около 30 миллионов человек. Это 20 % всего населения страны.

В целом рассчитываю, что региональные власти, федеральные ведомства, компания «Российские железные дороги», другие наши ведущие компании, бизнес примут самое активное и заинтересованное участие в предстоящей масштабной работе.

Из выступления В. В. Путина на совещании по строительству высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург в ООО «Уральские локомотивы» (г. Верхняя Пышма) 15 февраля 2024 г.



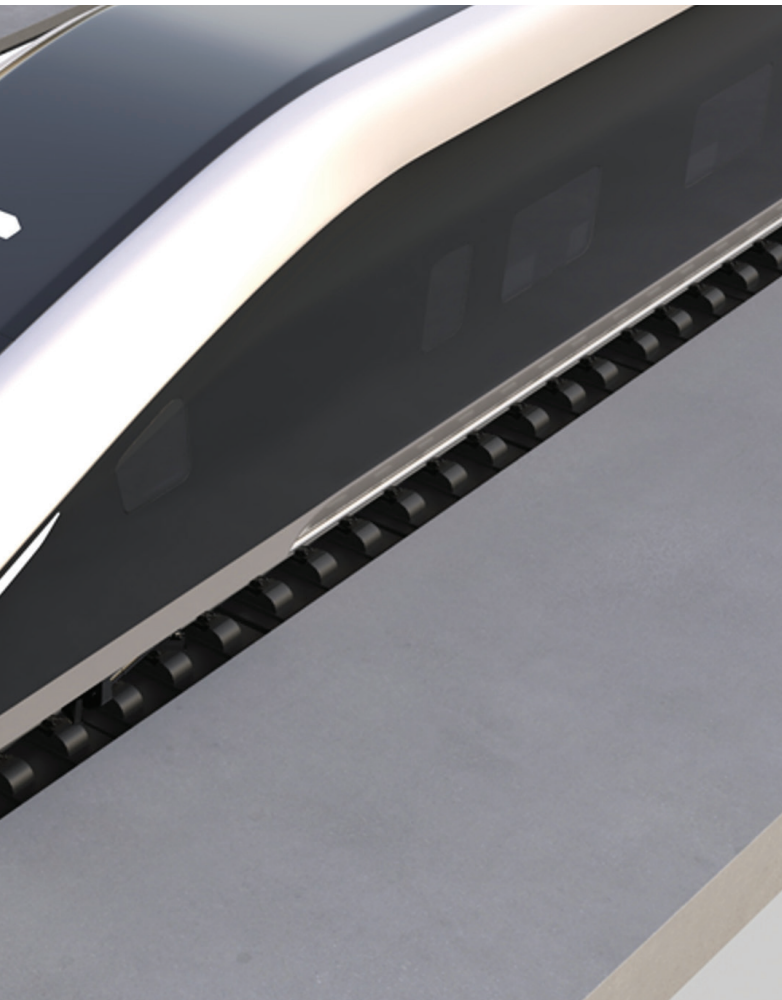
В. Г. Савельев, министр транспорта РФ

Реализация ВСМ является для России проектом века и позволит войти в круг стран, имеющих высокоскоростное железнодорожное сообщение, сделать большой рывок в направлении технологического суверенитета, приобретая новые компетенции в железнодорожном строительстве и машиностроении, обеспечить качественно новый уровень мобильности и жизни граждан нашей страны. Проект ВСМ от Москвы до Санкт-Петербурга является для России первым, не имеющим аналогов.



О. В. Белозеров, генеральный директор — председатель правления ОАО «РЖД»

Первый этап мы предполагаем, будет реализован ориентировочно до 2030 г., и в это же время будет построен для использования наш полностью российский высокоскоростной поезд. Причем уровнем он будет выше, чем существующие высокоскоростные поезда. Скорость движения — до 400 км/ч. В новом высокоскоростном составе будет восемь вагонов, мы уже утвердили внешний вид. Предусматриваем четыре класса обслуживания — первый, бизнес, комфорт и базовый. Будут оборудованы игровая зона для детей, кухня с баром в вагоне-бистро и мультимедийная информационная развлекательная система.



С. С. Собянин, мэр Москвы

Задачи, которые поставил президент по данному проекту, позволят создать в России самые современные технологии в высокоскоростном транспортном машиностроении, увеличат технологический суверенитет нашей страны, существенным образом повлияют на возможности жителей быстрее передвигаться не только между двумя столицами, а еще между Тверью и Великим Новгородом, Великим Новгородом и Санкт-Петербургом.



Г. О. Греф, председатель правления публичного акционерного общества «Сбербанк России»

Будет и динамическая система ценообразования, и (цена) в зависимости от количества остановок, потому что там поезда будут ходить через каждые 15 минут. Поэтому все будет очень динамично», — сказал Греф. Отвечая на реплику журналистов, что с появлением ВСМ «самолеты умрут», глава Сбербанка заметил, что не умрут.



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

Состояние и развитие высокоскоростного железнодорожного транспорта в России

В рамках V Бетанкуровского международного форума 1 декабря 2023 г. в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I прошел круглый стол «Состояние и развитие высокоскоростного железнодорожного транспорта в России».

В нем приняли участие президент Российской академии транспорта, председатель совета директоров АО «Синара — Транспортные машины», главный редактор журнала «Транспорт РФ» А. С. Мишарин (модератор), ректор ПГУПС О. С. Валинский, первый проректор, проректор по научной работе ПГУПС Т. С. Титова, исполнительный директор РАТ И. П. Потапов, заведующая кафедрой «Экономика, организация производства и менеджмент» РУТ (МИИТ), ученый секретарь РАТ О. В. Ефимова, почетный профессор ПГУПС, главный научный редактор журнала «Транспорт БРИКС» И. П. Киселев, первый заместитель генерального директора, главный инженер АО «Росжелдорпроект» В. С. Коломиец, заместитель главного инженера, директор по техническому и технологическому развитию АО «Росжелдорпроект» А. А. Алхимович, генеральный директор АО «Инжиниринговый центр железнодорожного транспорта» А. А. Кирейцев, а также ведущие ученые и специалисты из ПГУПС, РУТ (МИИТ), АО «НИИАС», АО «Федеральная пассажирская компания» и др.

В выступлениях участников круглого стола обсуждались вопросы проектирования высокоскоростной железнодорожной линии Москва — Санкт-Петербург, создание высокоскоростного поезда, состоя-



Слева направо: первый проректор, проректор по научной работе ПГУПС Т. С. Титова, президент Российской академии транспорта А. С. Мишарин, ректор ПГУПС О. С. Валинский.



Слева направо: ученый секретарь РАТ О. В. Ефимова, исполнительный директор РАТ И. П. Потапов, почетный профессор ПГУПС, главный научный редактор журнала «Транспорт БРИКС» И. П. Киселев

ние нормативно-правовой базы, научное сопровождение проекта, а также другие организационные, технические, экономические и социальные аспекты.



Заведующие кафедрами ПГУПС. На переднем плане слева направо: А. В. Романов («Железнодорожный путь»), Ю. П. Бороненко («Вагоны и вагонное хозяйство»), А. М. Евстафьев («Электрическая тяга»), А. Ф. Колос («Строительство дорог транспортного комплекса»)



Слева направо: заместитель генерального директора — директор Санкт-Петербургского филиала АО «НИИАС» П. А. Попов, шеф-редактор журнала «Транспорт РФ», эксперт Общественного совета при Ростраснадзоре А. И. Гурьев



Слева направо: генеральный директор АО «Инжиниринговый центр железнодорожного транспорта» А. А. Кирейцев, первый заместитель генерального директора, главный инженер АО «Росжелдорпроект» В. С. Коломиец, заместитель главного инженера, директор по техническому и технологическому развитию АО «Росжелдорпроект» А. А. Алхимович



Круглый стол «Состояние и развитие высокоскоростного железнодорожного транспорта в России»

Скорость и инновации: наука и технологический суверенитет (устойчивость) в проекте ВСМ



А. С. Мишарин,
д-р техн. наук,
заведующий кафедрой
«Высокоскоростные
транспортные системы»
Российского университета
транспорта (РУТ)
(МИИТ), президент
Российской академии
транспорта (РАТ),



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



Л. С. Антонова,
аспирант кафедры
«Высокоскоростные
транспортные системы»
РУТ (МИИТ)

Научная мысль всегда была символом движения вперед, позволяла человечеству совершать рывок, служила техническому прогрессу. И сегодня от достижений ученых зависят технологическое развитие нашей страны, рост национальной экономики, обеспечение обороноспособности, повышение благосостояния миллионов граждан.

Россия находится в состоянии интенсивной трансформации экономики, социального устройства, культуры, научно-технологической сферы. Скорость и сложность трансформационных процессов, с одной стороны, создают риски и угрозы, а с другой — предоставляют возможности для выхода на качественно новый уровень состояния развития общества, науки и промышленности.

Создание собственных технологий должно стать национальной идеей, поскольку только они обеспечат гражданам высокое качество жизни, а стране — безопасность и интеллектуальное лидерство в будущем [1].

Путь к технологическому суверенитету приводит к появлению «новой промышленности» с расчетом не только на крупные корпорации, но и на малые инновационные предприятия, технологические компании, научные центры и отраслевые университеты.

Достижение суверенитета возможно при системной синергии государства, бизнеса, университетов и научных организа-

ций. Россия всегда славилась своими учеными и изобретателями, основоположниками отрасли, начиная от Ивана Кулибина, который изобрел водоход — речное судно с вододействующим двигателем, позволяющим двигаться против течения. Кстати, это хорошее напоминание, что первоочередная задача науки — сделать жизнь людей лучше, ибо Кулибин изобрел это судно, будучи потрясенным картиной тяжелого труда волжских бурлаков.

Или, например, Ефим и Мирон Черепановы. Благодаря их разработкам Россия стала первой страной в мире, построившей свой собственный национальный паровоз без непосредственного участия зарубежных специалистов. В 1834 г. Черепановы закончили создание первого локомотива и первой рельсовой дороги в России, а уже на следующий год были построены паровоз, способный перевозить до 17 т грузов, и чугунная железная дорога от фабрики Демидовых на рудник, которую ввели в эксплуатацию на 3 года раньше Царскосельской железной дороги.

История говорит нам, что русские ученые в любые времена всегда были на передовом крае науки и научных открытий (рис. 1).

Транспорт и транспортные системы с научной точки зрения интересны тем, что здесь есть место для внедрения абсолютно любых технологий, и наоборот: решения, которые изначально разрабатывались для транспорта, находили применение в других отраслях. Но сделать изобретение — это только половина дела. Задачей не менее важной является его реализация, активное применение на практике с пользой для людей.



Рис. 1. Великие русские ученые и открытия в сфере транспорта

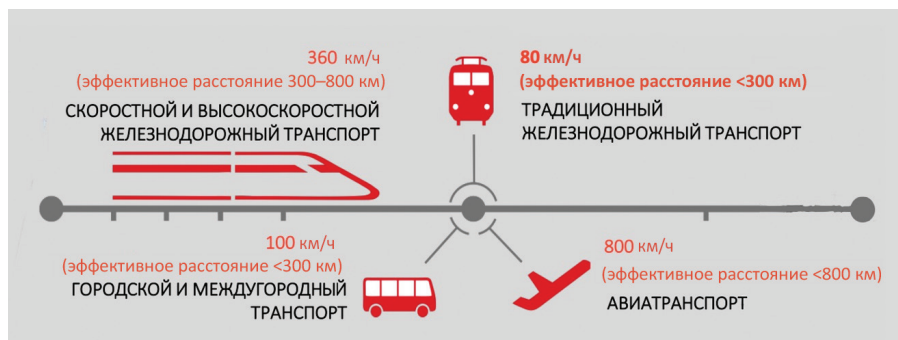


Рис. 2. Схема распределения видов транспорта по скорости и эффективному расстоянию

Транспортная наука — это результат синергии научных знаний из разных областей, таких как физика, математика, информатика, экономика, социология, и — подчеркнем — бионика.

Сегодня на транспорте активно внедряются технологии искусственного интеллекта, беспилотные и малолюдные технологии, экологически чистые виды топлива, новые материалы и конструкции.

Современные технологии используют принципы и закономерности, заложенные природой и доказавшие свою эффективность сотнями миллионов лет существования жизни на земле. Бионика применяется не только при строительстве зданий и в архитектуре, но и на транспорте, в машиностроении, начиная от формы крыла самолета и заканчивая «искусственным зрением», которое сегодня используется на всех видах транспорта для беспилотного движения.

Повышение уровня жизни и прогресс общества приводят к росту важности в сознании людей показателя «полезное время в пути», которое становится одним из ключевых факторов при выборе способа поездки. Для обеспечения равномерного развития транспортной системы России необходимо строительство высокоскоростных магистралей (ВСМ) с целью перевозки пассажиров на расстояния 300–800 км со скоростью 300–400 км/ч (рис. 2).

Создание ВСМ Москва — Санкт-Петербург — один из крупнейших транспортных проектов, который будет реализован в новейшей истории России. Это касается стоимости строительства, масштаба и объема используемых новых технологий (рис. 3).

О необходимости и важности введения магистралей между Москвой и Санкт-Петербургом как первой части мегапроекта создания сети ВСМ России заявил президент В. В. Путин на цере-

монии открытия движения по третьей линии Московских центральных диаметров (МЦД-3): «Проект скоростной железной дороги между Москвой и Санкт-Петербургом обсуждается нами давно. Мне кажется, что сейчас мы действительно подошли к возможности его реализации. Скорость движения возрастет существенным образом, и время в пути для пассажиров уменьшится с сегодняшних 4 часов 5 минут до 2 часов 15 минут между Санкт-Петербургом и Москвой, а между Тверью и Москвой это будет уже 39 минут, и между Великим Новгородом и Санкт-Петербургом — 29 минут вместо сегодняшних 3 часов 10 минут».

С учетом ВСМ суммарный ожидаемый пассажиропоток между Москвой и Санкт-Петербургом составит более 50 млн поездок. Запуск высокоскоростной магистрали на данном участке изменит структуру годового пассажиропотока: увеличится объем железнодорожных перевозок и снизится доля авиаперелетов, использования личного транспорта, автобусных перевозок».

Реализация проекта объединит две крупнейшие агломерации страны и обеспечит наиболее комфортное условие для частных поездок, стимулирует экономику регионов и, как следствие, повысит качество жизни населения [2].

ВСМ способствуют росту экономических показателей не только конечных городов, но и регионов, находящихся на линии следования. Реализация проектов будет иметь долгосрочный положи-

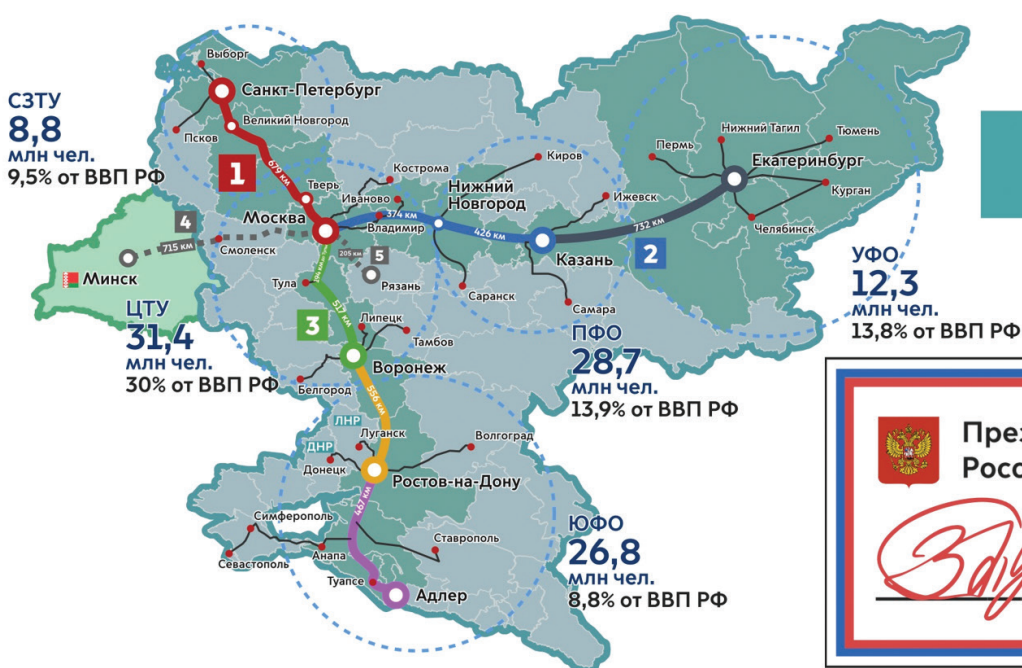


Рис. 3. Схема развития ВСМ в Российской Федерации



Рис. 4. Схема проекта ВСМ «Евразия»

тельный эффект для роста ВВП (прирост 14,1–22,6 трлн руб. суммарно до 2060 г. в номинальном выражении).

Благодаря строительству высокоскоростных магистралей сместятся места концентрации населения, что будет способствовать развитию существующих, а возможно, и образованию новых городов-спутников, которые впоследствии могут развиваться до уровня крупных городов и мегаполисов. Реализация проектов ВСМ приведет к возникновению значительного заказа в сфере машиностроения, науки, образования и т. д.

При этом следует подчеркнуть, что строительство и эксплуатация высокоскоростных магистралей представляет собой сложный технологический процесс, связанный с задействованием большого числа компаний и финансовых институтов, в связи с чем будет запущена цепная реакция по развитию различных межотраслевых связей [2].

Строительство одной только ВСМ Москва — Санкт-Петербург создаст потребность в трудовых ресурсах в количестве 40 тыс. чел., среднегодовая потребность в машинах и механизмах превысит 12 тыс. ед., рельсов — более 167 тыс. т.

Успешная реализация первого проекта ВСМ в России создаст также нормативную и технологическую базу для дальнейшего выполнения Программы организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в РФ [3], которая

подразумевает создание новых железнодорожных линий, в первую очередь, коридоров на Юг и трассы Запад — Восток (ВСМ «Евразия») [4] (рис. 4).

Особую роль в процессе реализации проекта занимает наука. Именно исследования и опытно-конструкторские работы позволяют достичь заданных скоростей, безопасности и комфорта пассажиров. Разрабатываются подвижной состав, системы автоматики, телемеханики и связи, новые конструкции верхнего строения пути и оснований, мостов и многое другое.

В частности, для достижения технологического суверенитета в области реализации проектов ВСМ создается отечественный высокоскоростной пассажирский поезд, способный развивать крейсерскую скорость до 400 км/ч (рис. 5). Этот проект реализуется совместно компаниями ОАО «РЖД» и АО «Синара — Транспортные Машины». Строительство планируется на заводе ООО «Уральские локомотивы».

Это будет электропоезд с распределенной тягой, 8-вагонный, с моторными вагонами 1, 3, 6 и 8. Он может эксплуатироваться по системе многих единиц в сдвоенном режиме, т. е. 8 + 8 вагонов. Поезд является двухсистемным и может работать под напряжением 25 кВ переменного тока и 3 кВ постоянного.

Демонстрационная скорость определена 400 км/ч, максимальная эксплуата-

ционная скорость на переменном токе — 360 км/ч, на постоянном — 250 км/ч. Это соответствует лучшим мировым аналогам на сегодняшний момент.

Количество мест для пассажиров предусматривается от 430 до 460. Вагоны будут четырех классов: 1-й, бизнес-класс, комфорт-класс и базовый.

Разработаны кузова вагонов, сцепки, тележки, крэш-системы, а также решения, представляющие собой комплекс программно-аппаратных средств, обеспечивающих централизованный контроль и управление высокоскоростным электропоездом без помощника машиниста.

Приняты технические решения по созданию системы электроснабжения собственных нужд, задачей которой является обеспечение электрической энергией вспомогательных систем электропоезда и пассажиров. Система включает в себя интеллектуальные преобразователи, обеспечивающие питание электрических сетей с учетом нагрузки, состояния электропоезда и результатов самодиагностики. Алгоритмы резервирования системы электроснабжения собственных нужд позволяют повысить живучесть электропоезда и обеспечить гарантированное питание систем жизнеобеспечения и управления электропоезда.

Разработана концепция системы обеспечения микроклимата пассажирских салонов и служебных помещений.



Рис. 5. Проект российского высокоскоростного поезда

В том числе программно-аппаратного комплекса для управления оборудованием системы обеспечения микроклимата, обеспечивающего поддержание комфортных условий с оптимизированным энергопотреблением.

Разработана цифровая модель тяговой системы электропоезда, позволяющая моделировать эксплуатационные режимы на реальном профиле пути в условиях ограничений, накладываемых инфраструктурой, работой оборудования и расписанием движения.

Создана инновационная система развлечений и сервиса на борту поезда. Сегодня стабильный доступ в интернет на протяжении всей поездки является уже не только приятным бонусом, но и обязательным условием современного транспорта.

Разработка нового поезда ВСМ ведется группой российских конструкторов и ученых. Активно используется накопленный у нас опыт создания скоростных поездов и зарубежный опыт строительства высокоскоростного подвижного состава.

Безусловно, такие мега-проекты не смогут быть реализованы без участия государства с применением механизмов поддержки, таких как участие Фонда национального благосостояния, Фонда развития промышленности, крупнейших государственных банков и др. История показывает, что российская сеть железных дорог также строилась с участием государства, а именно с ис-

пользованием гособлигаций под гарантии Минфина.

Для обеспечения успешной реализации проекта необходима поддержка со стороны всех заинтересованных сторон, включая правительство, местные власти, бизнес-сообщество и общественные организации. Важно учитывать интересы и потребности всех регионов, через которые будет проходить железнодорожная магистраль, чтобы обеспечить максимальную эффективность проекта.

Особую роль в этом процессе занимает Министерство транспорта РФ, Министерство промышленности и торговли РФ, Правительство Москвы, организация финансирования (СБЕР).

Технический и технологический прогресс в сфере транспорта открывает новые возможности для повышения уровня мобильности населения путем создания высокоэффективных транспортных систем и снижения негативного воздействия на окружающую среду. При этом нельзя забывать, что внедрение новых технологий также формирует вызовы в области безопасности, приватности и регулирования. На них необходимо своевременно реагировать.

Развитие новых систем транспорта как основы бесшовной мультимодальной транспортной системы может быть достигнуто исключительно с помощью новых интеллектуальных технологий и сокращения сроков внедрения инноваций от проекта до практики.

Источники

1. Константинов И. Б., Константинова Е.П. Технологический суверенитет как стратегия будущего развития российской экономики // Вестник ПАГС. 2022. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskii-suverenitet-kak-strategiya-budushchego-razvitiya-rossiyskoy-ekonomiki> (дата обращения 25.01.2024).
2. Самохвалов И. О., Глухов В.В. Эффекты от реализации проектов развития высокоскоростных магистралей в России // Устойчивое ESG развитие интеллектуальных экосистем: моногр. / под ред. А.В.Бабкина. СПб.: СПбПУ, 2023. С. 276–288. DOI 10.18720/IEP/2023.3/10. EDN YCEE0J.
3. Программа организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в Российской Федерации. URL: https://www.rgups.ru/site/assets/files/172090/programma_organizacii_skorostnogo_i_vysokoskorostnogo_dvizheniia_v.pdf (дата обращения 25.01.2024).
4. Развитие скоростного и высокоскоростного сообщения в Российской Федерации [Текст] = Development of rapid and high-speed service in the Russian Federation / Мишарин А. С.; Российская акад. наук. — Москва : ВНИТИ, 2014. — 298 с. : ил., ISBN 978-5-902928-55-3

Научное обеспечение проектирования и строительства высокоскоростных железнодорожных магистралей

Хроника развития компетенций высокоскоростного железнодорожного транспорта в России



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



И. П. Киселёв,
д-р ист. наук, инженер
путей сообщения,
почетный профессор
ПГУПС

Понятие высокоскоростного железнодорожного транспорта

Колейные пути в виде металлических желобов, литых или кованных рельсов, известны давно¹. В XVI–XVII вв. их все более широко используют в шахтах, карьерах, на промышленных предприятиях.

27 сентября 1825 г. произошло эпохальное историческое событие — открылась первая в мире железная дорога общего пользования Стоктон и Дарлингтон в Англии. Оно изменило парадигму рельсового транспорта, который перестал быть исключительно специальным промышленным, и стал универсальным, пригодным

¹ В 1769–1770 гг. «Гром-камень» — обломок гранитной скалы массой около 2000 т, мегалит пьедестала памятника Петру I в Санкт-Петербурге — перемещали с помощью рельсов в виде дубовых желобов, обитых медью. С 1788 г. на Александровском пушечном заводе в Петрозаводске действовала построенная А. С. Ярцевым дорога с чугунными рельсами. В 1809 г. по проекту инженера П. К. Фролова построили чугунную колейную дорогу длиной около 2 км для перевозки руды между Змеиногорским рудником и Корбалихинским заводом на Алтае. Первая в России рельсовая дорога с паровой тягой построена в 1834 г. на Нижнетагильском заводе крепостными мастерами — отцом и сыном Е. А. и М. Е. Черепановыми [1].

Строительство в России первой высокоскоростной железнодорожной магистрали давно назрело. Такой проект стал бы органичным продолжением полуторазековой истории борьбы российских железнодорожников за увеличение скоростей движения поездов на железных дорогах страны.

ЧАСТЬ I Зарождение высокоскоростного железнодорожного транспорта в России

для грузовых и пассажирских перевозок. К середине XIX в. железные дороги стали доступны широким слоям населения, жизненно необходимы торговле, промышленности и сельскому хозяйству, государству. Как универсальный транспорт они развивались до середины XX столетия.

1 октября 1964 г. открытие первой в мире специализированной высокоскоростной железнодорожной магистрали (ВСМ) Токио — Осака вновь изменило парадигму железных дорог, которые до этого были универсальным транспортом смешанных грузовых и пассажирских перевозок с разными скоростями. На железнодорожном транспорте появилась важная разновидность — специализированный высокоскоростной транспорт со скоростями движения в коммерческой эксплуатации более 200 км/ч². Понятие «высокоскоростное железнодорожное

² Первоначально речь шла исключительно о пассажирских перевозках, но в последние годы начались и высокоскоростные грузовые перевозки, для чего в КНР уже построен первый грузовой высокоскоростной поезд.

движение» конвенционально³ и исторически сложившееся. В начале XX в. к нему относили скорости 150–180 км/ч, сегодня — свыше 250 км/ч⁴ [2].

Разделение на «обычные» и более быстрые поезда, в том числе «высокоскоростные», произошло на первых железных дорогах общего пользования. Понятия «более быстрый», «быстроходный», «скорый», «скоростной», даже «гоночный» применительно к поезду, паровозу, вагону возникли в первой половине XIX в.

Новые компетенции, связанные с повышением скорости движения, новые нормативные требования к инфра-

³ От лат. conventio — встреча, соглашение, договор, сделка; т. е. условный, принятый, соответствующий традиции, договору. На железнодорожном транспорте, в отличие от авиации, не существует физической величины, такой как скорость звука (около 340 м/с или 1230 км/ч), отделяющей «дозвуковую» скорость от «сверхзвуковой».

⁴ Рекорд скорости на традиционном железнодорожном пути 574,8 км/ч установлен 3 апреля 2007 г. французским поездом V150 на ВСМ Париж — Страсбург. Наибольшая скорость на магнитном подвесе (маглев) — 606 км/ч (Япония, 21 апреля 2015 г.).

структуре железных дорог и подвижному составу появлялись скачкообразно, с новыми техническими решениями, машинами, материалами.

В настоящее время на ВСМ эксплуатируется только электрический подвижной состав. В 1930–1950-е гг. для высокоскоростного движения использовалась тепловозная тяга и дизель-поезда, а в 1960–1970-е гг. предпринимались попытки создания газотурбинных высокоскоростных поездов. Но для обеспечения движения поездов со скоростями 200 км/ч и выше необходимую мощность может обеспечить только электрический привод.

Для движения поездов со скоростью более 200 км/ч необходимы специальные конструкции элементов инфраструктуры и подвижного состава, при этом увеличивается физический износ устройств и потребление энергии. При скорости более 300 км/ч резко возрастает аэродинамическое сопротивление. Сегодня в коммерческой эксплуатации максимальная скорость составляет 350 км/ч, ВСМ с большей скоростью в мире нет¹.

Протяженность ВСМ в мире² (в км) составляет 59 498, наибольшую протяженность имеют ВСМ КНР — 40 493, Испании — 3 917, Японии — 3 146, Франции — 2 745, Германии — 1 631 [3].

Стремление увеличить скорость движения поездов потребовало научно-исследовательских и инженерно-конструкторских работ в разных областях знаний. В настоящее время в мире действуют научно-исследовательские, конструкторские, производственные и учебные центры, занимающихся исследованиями в области железнодорожного транспорта, в том числе высокоскоростным движением, важную роль в координации этих работ играют Международный союз железных дорог, Организация сотрудничества железных дорог и др.

В РФ научные исследования и опытно-конструкторские разработки в области высокоскоростного железнодорожного транспорта ведут подразделения и дочерние организации ОАО «РЖД»: АО «ВНИИЖТ», АО «Скоростные магистрали», ряд НИИ и КБ, предприятия ряда министерств и ведомств, вузы системы Минтранса РФ и Росжелдора.

В статье рассмотрены основные этапы повышения скорости движения на железных дорогах через призму развития этого направления в первом высшем инженерном учебном заведении России — Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I, соотнесенные с решением задач железнодорожного транспорта в целом и хроникой повышения скорости движения поездов (см. с. 22–25, *таблица и график*).

Институт инженеров путей сообщения Императора Александра I — первый научно-исследовательский и инженерный центр высокоскоростных железнодорожных компетенций России

Основанный в 1809 г. Императором Александром I Институт Корпуса инженеров путей сообщения (ИКИПС) до конца XIX в. был единственным в стране научным центром сбора, анализа и обобщения материалов о рельсовом транспорте. В 1826 г. ИКИПС начал выпуск первого транспортного издания «Журнал путей сообщения»³, впервые поднявшего железнодорожную тематику.

В 1830-е гг. в ИКИПС формируются компетенции подготовки первых в стране инженеров-железнодорожников. Научно-образовательной базой стала информация о колеиных дорогах, собранная с 1809 г. в библиотеке и в открытом в 1813 г. Музее института [3]⁴, где формировался фонд иностранной и отечественной литературы, а также материалов, предоставленных профессорами вуза, посещавшими зарубежные железные дороги. В учебный курс строительного искусства (курс построений) входили материалы лекций и практических занятий по рельсовым путям. В 1830 г. в библиотеку поступили книги, чертежи, рисунки, привезенные из Англии профессором ИКИПС Габриэлем Ламе, который 15 сентября 1830 г. присутствовал на открытии первой в мире двухпутной железной дороги с паровой тягой Ливерпуль и Манчестер. По возвращении он прочитал цикл лекций «Построение железных дорог в Англии» [1].

В 1832–1833 гг. инженер путей сообщения профессор П. П. Мельников впер-

вые в России ввел в курс прикладной механики раздел о колеиных дорогах [4]. В 1835–1836 гг. инженер путей сообщения М. С. Волков в курсе построений впервые выделил раздел, содержащий сведения о разных типах и конструкциях рельсовых дорог [1]. В 1835 г. вышла в свет монография П. П. Мельникова «О железных дорогах» — первый академический труд на русском языке о новом виде транспорта [5]. Таким образом, в ИКИПС в 1830-х гг. впервые в России началось систематическое преподавание железнодорожного дела.

В 1837 г. П. П. Мельников и С. В. Кербедз были командированы для изучения железных дорог во Франции, Англии, Бельгии, Германии и Австрии. В 1839–1840 гг. Н. О. Крафт и П. П. Мельников по распоряжению Императора Николая I отправились на год в США для изучения железных дорог в условиях, близких к российским. Подготовленные ими иллюстрированные отчеты в нескольких томах стали первыми энциклопедическими материалами о железных дорогах на русском языке [6, 7]. К 1840-м гг. в библиотеке и музее ИКИПС сформировалась уникальная информационная база о железных дорогах мира.

11 ноября (30 октября) 1837 г. была открыта первая в России и шестая в мире железная дорога общего пользования — Царскосельская, наша страна в числе первых ввела в эксплуатацию передовой высокоскоростной вид транспорта.

Но на Царскосельской железной дороге использовались зарубежные новейшие технологии: все локомотивы, вагоны, другие технические устройства были закуплены за границей, иностранцами были машинисты и другие специалисты дороги — около 30 инженеров и техников из Германии и Австро-Венгрии.

Мы отдаем дань уважения памяти австрийского инженера, чеха Франца Антона Герстнера. При всей противоречивости его личности, будучи автором проекта Царскосельской железной дороги и бизнесменом, он заинтересовал идеей Николая I, который неплохо разбирался в военно-инженерном и строительном деле. В 1816 г. будущий государь совершил поездку по Европе и стал одним из первых россиян, увидевших действующие паровозы, попробовав себя в роли кочегара и машиниста [8].

Николай I поддержал создание акционерного общества Царскосельской железной дороги, а организатором стал сахарозаводчик граф Алексей Алексеевич

¹ Образно говоря, сегодня нет товарной продукции под названием «высокоскоростное железнодорожное движение со скоростью более 350 км/ч».

² Данные МСЖД на 1 октября 2023 г.

³ Старейший транспортный инженерный журнал страны «Железнодорожный транспорт».

⁴ Центральный музей железнодорожного транспорта РФ.

Бобринский, который вложил в него свой немалый капитал и не ошибся. Через несколько лет граф А. А. Бобринский оказал помощь П. П. Мельникову в реализации проекта Петербурго-Московской железной дороги.

После отъезда в 1838 г. Ф. А. Герстнера из России к управлению дорогой пришли российские инженеры путей сообщения — выпускники ИКИПС.

Царскосельская железная дорога, приобщившая страну к новейшим технологиям, дала возможность студентам ИКИПС получить практическую железнодорожную подготовку. «Царскосельская железная дорога в отношении ее общего значения для сети русских железных дорог и по той цели, которая имела в виду при решении ее сооружения, справедливо будет рассматриваться подобно достопамятным потешным полкам и ботику императора Петра I, давших России славные победоносные гвардию, армию и флот», — отметило собрание Императорского Русского технического общества, посвященное 50-летию дороги [1].

Минуло всего пять лет после открытия в России самой передовой транспортной системы — срок ничтожный по историческим меркам — и 1 (13) февраля 1842 г. Николай I вопреки позиции всех министров [9] подписал исторический указ о строительстве Петербурго-Московской железной дороги, опираясь на мнение молодых российских инженеров — выпускников Института Корпуса инженеров путей сообщения П. П. Мельникова, Н. О. Крафта, С. В. Кербедза, Д. И. Журавского, Н. И. Миклухи и др.

После «иностранной» Царскосельской железной дороги в 1842 г. на трассе будущей Петербурго-Московской магистрали российские инженеры самостоятельно провели изыскания, выбрали трассу, выполнили проектные работы, возвели небывалые мосты и другие сооружения. Россия от созерцания зарубежного технического чуда — железных дорог — перешла к собственному инженерному творчеству.

Российские инженеры, освоив и переработав применительно к условиям России зарубежный опыт, действовали на основе разработанных под руководством П. П. Мельникова, Н. О. Крафта и А. Д. Готмана норм проектирования и строительства магистральной линии. До начала изысканий инженер Н. И. Липин впервые в России разработал «Некоторые условия при производстве подобных изысканий для Петербурго-Московской железной до-

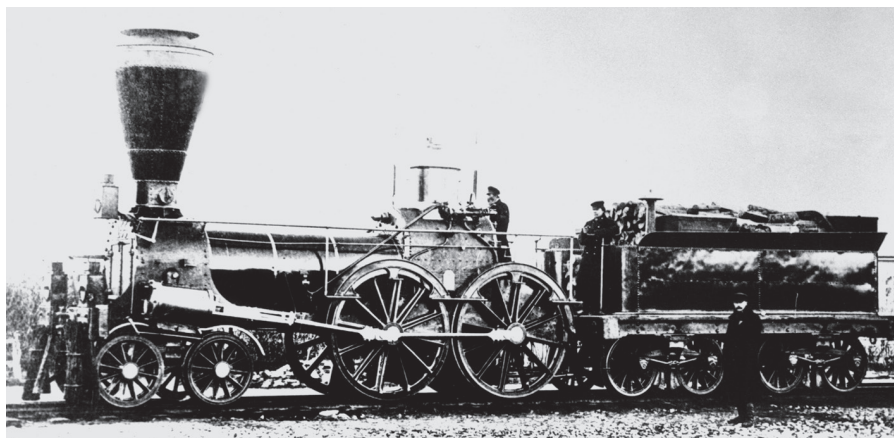


Рис. 1. Один из первых пассажирских паровозов типа 2-2-0 Петербурго-Московской железной дороги. 1860-е гг. [10]

роги». По предложению П. П. Мельникова Николай I в качестве консультанта пригласил американского специалиста майора Дж. Уистлера, с которым Мельников познакомился во время поездки в США. «Советы Уистлера были высоко профессиональны и весьма полезны для строителей» [1].

Возможность технологического прорыва всего лишь за пятилетие была предопределена созданной в России системой инженерного образования. Ее заложил в 1809–1824 гг. великий инженер, ученый, педагог и государственный деятель Августин Бетанкур, подготовивший инженеров, ставших первыми российскими железнодорожниками.

К 1844 г. П. П. Мельников с участием американских инженеров и предпринимателей Дж. Гаррисона и Т. Уайненса на Александровском заводе в Петербурге путем локализации (русификации) производства организовал выпуск самых сложных машин того времени — паровозов и вагонов. К 1849 г. построили 42 пассажирских и 120 товарных локомотивов, 70 пассажирских и более 2000 товарных вагонов [1]. На открытой 1 (13) ноября 1851 г. Петербурго-Московской¹ железной дороге работал подвижной состав только российского производства (рис. 1).

Дорога составляла 604 верст (644,4 км) и отличалась прямолинейностью — всего на 6,4 км длиннее воздушной прямой. На дороге были приняты относительно небольшие предельные уклоны². Сочетание

¹ С 1855 г. — Николаевская, с 1923 г. — главный ход Октябрьской железной дороги.

² Самый крутой уклон в 7,8 ‰ вынужденно устроили на Веребинском подъеме, в силу чего здесь возникали проблемы с движением грузовых поездов вверх и с торможением спускавшихся. 12 (24) февраля 1852 г. это привело к катастрофе: под уклон ушли несколько грузовых вагонов, которые столкнулись со встречным поездом, в результате погибли 5 человек. В 1881 г. был устроен Веребинский обход, что позволило уменьшить уклон на подъеме до 6 ‰, но удлинило трассу дороги до 649,7 км.

прямой трассы с минимальными радиусами кривых (1600 м на перегонах и 1065 м на отдельных пунктах) обеспечило высокие скорости движения. Более полутора веков магистраль Санкт-Петербург — Москва остается единственным высокоскоростным полигоном в России.

Во второй половине XIX в. в Министерстве путей сообщения Российской империи помимо Института инженеров путей сообщения (ИИПС)³ не имелось единого научного центра, не было и плана научно-исследовательских работ [1]. В последней трети столетия активизировалась работа выпускников ИИПС в технических отделах МПС и на конференциях руководителей служб дорог. На профессоров, специалистов и выпускников единственного транспортного вуза легла вся ответственность за научные и инженерные работы, сбор, анализ и обобщение информации о нормативной базе железных дорог, планирование их развития, возможности увеличения скорости. С ростом протяженности железных дорог и числа железнодорожных компаний остро встали вопросы унификации требований к системе железнодорожного хозяйства.

При императоре Александре II увеличилось количество частных железнодорожных компаний, особенно после отставки в 1869 г. с поста министра путей сообщения П. П. Мельникова. Усугубилась проблема контроля за железнодорожным строительством и эксплуатацией. В середине 1870-х гг. в стране из 53 железных дорог было немало частных, не отвечавших требова-

³ В 1964 г. изменился статус Института — сократилась военная подготовка, дано новое название — Институт инженеров путей сообщения, которому в 1877 г. присвоили имя Императора Александра I.

ниям возросших объемов перевозки [1]. Назрела необходимость создать единую законодательную базу железнодорожного транспорта, разработать единые правила технической эксплуатации железных дорог и унифицировать нормы строительства.

В 1877 г. профессор ИКИПС А. М. Шишков опубликовал первый фундаментальный труд «Эксплуатация железных дорог», который дал ответы на многие насущные проблемы организации движения поездов, правила их формирования и обеспечения безопасности [1]. Значительный вклад в формирование первого свода общих правил железных дорог — «Правил технической эксплуатации железных дорог, открытых для общего пользования, изданных в 1898 г.» — внесли ученые и выпускники ИИПС, в частности И. И. Рихтер, А. Н. Фролов, Н. А. Демчинский и др.

Важную роль в выработке позиции научной общественности, разработке и принятии нормативной базы проектирования и строительства Транссиба — величайшей магистрали всех времен и народов — сыграли ученые и выпускники ИИПС как самостоятельными работами, так и в рамках коллективной деятельности в Инженерном совете МПС (преобразованном из Технического отдела МПС в 1892 г.) в Императорском русском

техническом обществе (ИРТИ)¹, первым председателем которого был избран известный инженер путей сообщения, выпускник ИИПС А. И. Дельвиг.

В создании Транссиба выдающуюся роль сыграли выпускники ИИПС — изыскатели, проектировщики и строители дороги О. П. Вяземский, Н. Ф. Дормидонтов, А. Ф. Кипарисов, Н. С. Кругликов, А. В. Ливеровский, Н. П. Меженинов, Л. М. Розенгард, А. И. Урсати, В. С. Шмаков, основатель Новосибирска Н. Г. Гарин-Михайловский, основатель Харбина Н. С. Свягин и многие другие. В строительстве Транссиба участвовали более 200 выпускников ИИПС. Именами многих из них названы отдельные пункты Транссиба и КВЖД: Вяземская, Гедике, Дормидонтовка, Дроздов, Иловайская, Кнорринг, Краевский, Красицкий, Кругликово, Курдюмовка, Прохаско, Розенгартовка, Свягино, Сирарский, Шмаковка, Эбергардт и др. [11].

На протяжении XIX в. и первого десятилетия XX в. Институт инженеров путей сообщения Императора Александра I оставался единственным в стране научным и учебным центром формирования компетенций в области проекти-

¹ Общество было создано усилиями инженерного корпуса, промышленников, транспортников, включая профессоров ИИПС, в частности, директора Института инженеров путей сообщения Императора Александра I М. Н. Герсегонова. Устав общества император Александр II утвердил 22 апреля 1866 г.

рования и строительства железных дорог, включая вопросы повышения скорости движения².

1 сентября 1913 г. Императорское Московское инженерное училище ведомства путей сообщения было преобразовано в Императорский Московский институт путей сообщения и стало высшим учебным заведением с четырехлетним сроком обучения и пятым дипломным годом. Организатором и первым ректором ИМИУ был крупный ученый-гидравлик, выпускник ИИПС, его проректор Ф. Е. Максименко. С момента образования ИМИУ (МИИТ) около 30 выпускников ИИПС Императора Александра I (ЛИИЖТ) — видных ученых и специалистов — перешли на работу в новый вуз, стали его профессорами, заведующими кафедрами, деканами факультетов. Профессора Е. А. Гишман, Ф. П. Кочнев, Н. Т. Митюшин, Д. Ф. Парфенов, А. А. Эйхенвальд в разные годы были ректорами ИМИУ — МИИТ — РУТ [13].

² В 1896 г. открыто Императорское Московское инженерное училище (ИМИУ) ведомства путей сообщения — сегодня Российский университет транспорта (РУТ) (МИИТ), первоначально с трехгодичной подготовкой студентов. Закончившим курс ИМИУ присваивалось звание инженера-строителя [1]. «Инженеру-строителю, успешно выдержавшему при Институте инженеров путей сообщения Императора Александра I дополнительные испытания по особой программе, утвержденной Министерством путей сообщения, предоставляется звание инженера путей сообщения со всеми присвоенными ему правами» [12].

часть II От пара к электрической тяге: прогресс технологической платформы высокоскоростного железнодорожного движения

Проекты повышения скорости движения на железных дорогах России и СССР в первой половине XX в.

В начале XX в. в мире развивалось скоростное движение поездов с паровой тягой со скоростями до 100–120 км/ч. К этому времени в России сформировались отечественные школы паровозостроения, основанные на глубоких исследованиях в области механики подвижного состава, рельсового пути, паровых машин, теплотехники, экономики транспорта.

В 1904 г. выпускник и профессор ИИПС А. П. Бородин и преподаватель

М. В. Гололобов создали на Путиловском заводе в Петербурге Паровозную лабораторию с катковой³ станцией [14], впервые позволившую проводить исследования локомотивов на новом научном уровне.

В 1912 г. выпускник ИИПС профессор Ю. В. Ломоносов организовал при Инженерном совете МПС научно-

³ На стальной платформе укреплены вращающиеся катки, имитирующие рельсы, на которые колесами устанавливался паровоз в рабочем состоянии. При запуске паровой машины локомотив оставался на месте за счет вращения катков. Создавая сопротивление их движению специальными тормозами, моделировали работу паровоза с разной нагрузкой, при этом измеряли частоту вращения колес (скорость паровоза), расход топлива и воды.

исследовательское учреждение с несколько странно звучащим сегодня названием — Контора опытов над типами паровозов⁴ [15].

В декабре 1910 г. на Сормовском заводе под руководством Б. С. Малаховского и директора С. И. Михина, развивая идеи профессора Н. Л. Щукина, разработали проект и построили пять новых скоростных паровозов, получивших серийное

⁴ Проводились тягово-теплотехнические испытания различных паровозов в движении по железным дорогам. Поездная нагрузка, план и профиль линии сопоставлялись с показаниями динамометрического вагона — скоростью движения, тяговыми усилиями, а также с расходом топлива и воды. До 1917 г. проведены исследования российских паровозов серий О, Н, Ку, Ы, Б, У и С.

обозначение С (Сормовский) (рис. 2). 6 декабря 1913 г. весь путь от Петербурга до Москвы поезд с паровозом С из 9 пульмановских вагонов прошел за 7 ч 59 мин с максимальной скоростью 125 км/ч¹ [13]. Профессор Н. Л. Шукин вынашивал идею введения между Петербургом и Москвой дневных скорых поездов, однако начавшаяся война остановила проект [16].

Повышение скорости движения поездов остро поставило вопрос изучения аэродинамики подвижного состава. В 1909 г. профессор ИИПС Н. А. Рынин организовал в Институте аэродинамическую лабораторию, в которой начал изучать влияние воздушного потока на подвижной состав (рис. 3).

В 1909–1914 гг. при участии профессоров и специалистов ИИПС разработан проект и началось строительство первой в России высокоскоростной электрифицированной железнодорожной линии между Петроградом и городом Ораниенбаум — Ораниенбаумской электрифицированной линии (Оранэл). Рельсовый путь был уложен до поселка Стрельна, но начавшаяся война прервала реализацию проекта. В 1918 г. недостроенную линию включили в систему городского трамвая.

К середине 1930-х гг. железные дороги СССР были в целом восстановлены после разрушений революционных лет и гражданской войны. В стране уделяли большое внимание развитию железнодорожного транспорта. Акцент делался на увеличении массовых пассажирских перевозок, связанных с трудовой миграцией, а также грузовых, необходимых для реализации грандиозных планов социалистической индустриализации.

Научное обеспечение развития железных дорог вели несколько отраслевых институтов. В 1918 г. на базе организованной Ю. В. Ломоносовым Конторы опытов над типами паровозов сформирован Экспериментальный институт путей сообщения НКПС, который после нескольких преобразований стал Всесоюзным научно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта (ЦНИИ НКПС), сегодня — Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (АО «ВНИИЖТ») — крупнейший в стране научно-исследовательский центр железнодорожных технологий.

¹ Паровоз серии С являлся одним из лучших скоростных локомотивов Европы. Сегодня паровоз серии С № 68 — ценный экспонат Музея железных дорог России в Санкт-Петербурге.

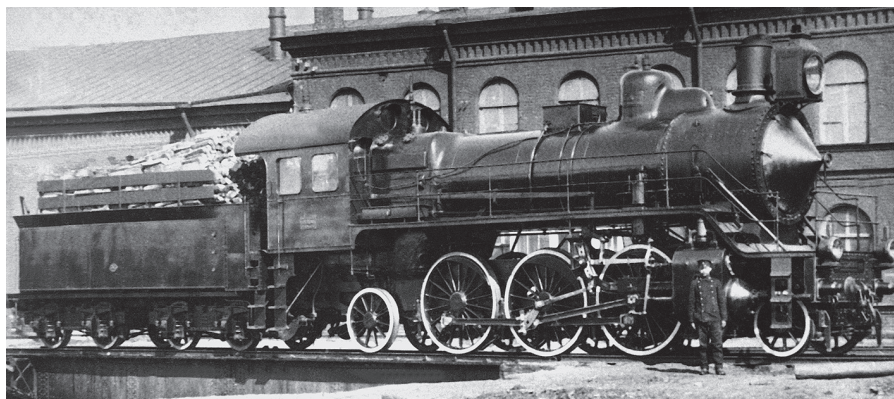


Рис. 2. Паровоз типа 1-3-1 серии С первого выпуска на Николаевской железной дороге. 1915 [10]

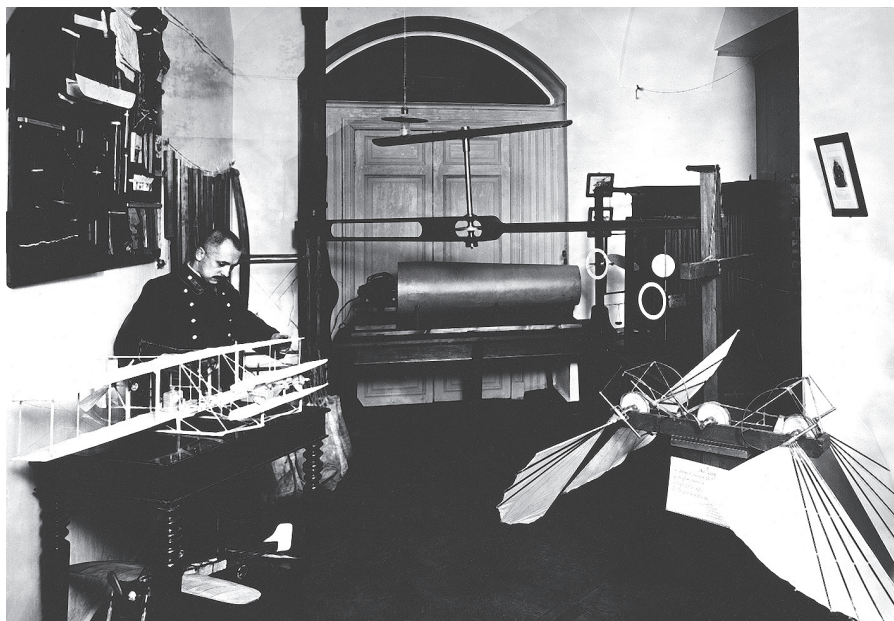


Рис. 3. Аэродинамическая лаборатория Н. А. Рынина в Институте инженеров путей сообщения Императора Александра I (Санкт-Петербург). Рубеж XIX–XX вв. [10]

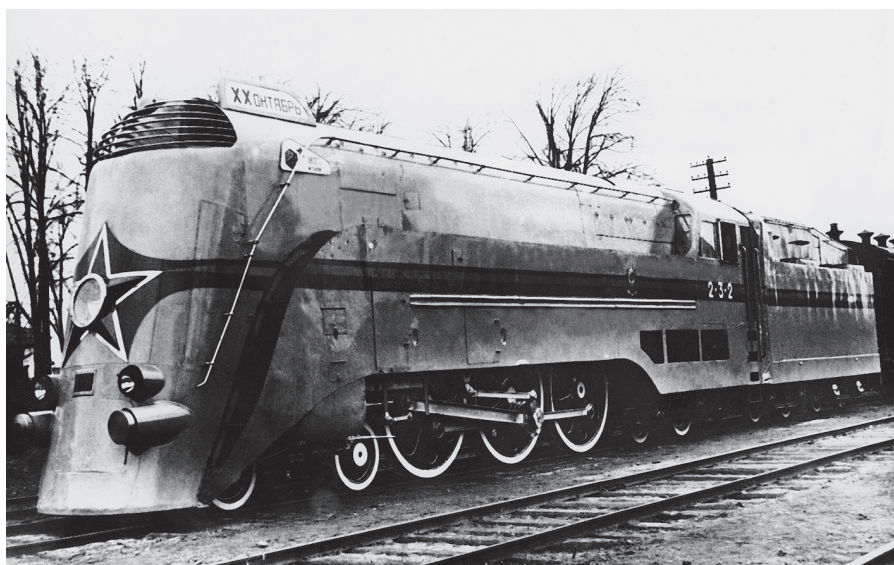


Рис. 4. Первый из скоростных паровозов типа 2-3-2 Коломенского завода. 1937 [10]

В 1930-е гг. Народный комиссариат путей сообщения (НКПС) поставил задачу увеличить подготовку инженеров путей сообщения. Два имеющихся вуза —

Ленинградский (ЛИИЖТ) и Московский (МИИТ) — не могли подготовить нужное количество специалистов. При активном участии профессоров и преподавателей

ЛИИЖТ и МИИТ созданы новые железнодорожные институты в Ростове-на-Дону, Харькове, Днепропетровске, Тифлисе (Тбилиси), Ташкенте, Томске (позже — в Омске), Новосибирске, Хабаровске [14].

Несмотря на то, что партийно-правительственная установка в 1930-е гг. нацеливала железные дороги на развитие грузовых перевозок, энтузиасты Наркомата путей сообщения и Наркомата тяжелого машиностроения вели разработки в области скоростного пассажирского движения.

29 июня 1938 г. на участке Лихославль — Калинин поезд в 14 осей, ведомый скоростным паровозом типа 2-3-2 Коломенского машиностроительного завода им. В.В. Куйбышева, установил рекорд скорости в СССР — 170 км/ч¹ (рис. 4) [17].

К концу 1930-х гг. на железных дорогах СССР еще более обострилась проблема обеспечения грузовых и массовых пассажирских перевозок. Попытки организовать скоростное пассажирское движение были явной помехой в решении главной задачи отрасли. Все проекты скоростного движения на железных дорогах СССР, включая постройку скоростных паровозов², электровозов³, электросекций⁴ и дизель-поездов⁵, а также оригинальные проекты скоростных монорельсовых систем⁶ (рис. 5), были

¹ Информация об этом была опубликована через год в 1939 г. в статье инженера П. А. Гурского в журнале «Транспортное машиностроение» [18, с. 4]. Если вспомнить, какие всенародные праздники сопровождали достижения советских летчиков, полярников, метростроителей, становится ясно, что прохладное отношение к рекордам скорости на железных дорогах СССР определялось руководством страны.

² Помимо двух опытных скоростных паровозов типа 2-3-2 Коломенского завода с обтекателями был построен скоростной паровоз типа 2-3-2 на Ворошиловградском заводе. В Ленинграде с участием ученых ЛИИЖТ проектировались скоростные пассажирские вагоны для поезда «Серебряная ласточка» под заказанные скоростные паровозы. Скоростные вагоны изготовлены не были [17].

³ В 1934 г. Коломенский завод построил скоростной пассажирский электровоз мощностью 2040 кВт с осевой формулой 2-3^о-2, рассчитанный на максимальную скорость 140 км/ч «ПБ21-01» (им. Политбюро, 21 т на ось). Локомотив успешно прошел испытания, но в скоростном движении не использовался, обслуживал обычные пассажирские и грузовые поезда [17].

⁴ В 1940 г. был закрыт успешно реализуемый проект создания скоростных (так называемых «курортных») электросекций: скоростной обтекаемой узкой и скоростной обтекаемой широкой [19].

⁵ Были прекращены проекты постройки скоростных автоматрис и скоростного дизель-поезда [20].

⁶ Речь идет о построенных в 1933–1938 гг. крупномасштабных действующих моделях оригинальных высокоскоростных монорельсовых средств: шароэлектрорельсовой системе Н. Г. Яромольчука и аэропоезде С. С. Вальднера. Модели успешно испытывали на опытных полигонах в Москве, где они развивали скорость до 150 км/ч [21, 22].

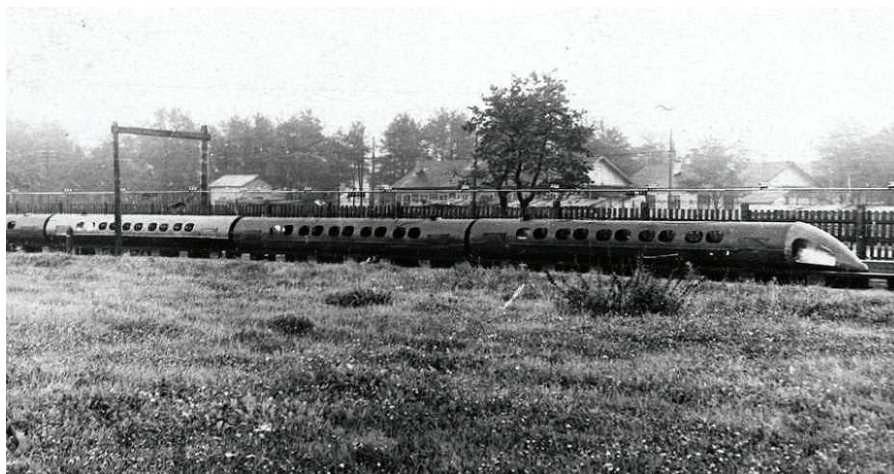


Рис. 5. Опытный шароэлектрорельсовый поезд Н. Г. Яромольчука на шародроме. Москва. 1933 [10]



Рис. 6. Первый скоростной тепловоз ТЭП60-001. 1961 [10]

закрыты, незавершенные конструкции подвижного состава сдали в металлолом, со скоростных паровозов демонтировали аэродинамические обтекатели, и они обслуживали обычные поезда.

Тем не менее, проведенные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы значительно продвинули специалистов в области скоростных транспортных средств, изучении взаимодействия подвижного состава и пути, аэродинамики скоростного движения, электрификации железных дорог, создания систем сигнализации для высоких скоростей. Многие из этого было востребовано в 1950-е гг.

Две послевоенные пятилетки потребовали от железнодорожников и строителей больших усилий по восстановлению разрушенной войной железнодорожной сети. Многие железные дороги европейской части страны пришлось фактически строить заново.

В 1948 г. министром путей сообщения СССР назначен выпускник ЛИИЖТ

Б. П. Бещев. С ним связаны разработка и воплощение в жизнь самого грандиозного в истории мирового железнодорожного транспорта плана технического переоснащения отрасли — электрификация железных дорог СССР.

Скоростное движение в СССР, как и в других странах, в послевоенный период было связано с использованием тепловозной тяги. Первые работоспособные магистральные тепловозы создали в Советской России в 1924 г. по проектам профессора ЛИИПС Я. М. Гаккеля и выпускника, профессора ИИПС Ю. В. Ломоносова. К 1950-м гг. советское тепловозостроение добилось значимых результатов: выпускалось несколько серий грузовых и пассажирских тепловозов. 6 августа 1960 г. опытный поезд массой 335 т с скоростным тепловозом ТЭП60 (рис. 6) достиг скорости 140 км/ч. 16 мая 1962 г. во время опытного рейса поезд массой 335 т с тепловозом ТЭП60-011 на одном из перегонов развил скорость 162 км/ч, а по главным путям станции

«Дубцы» — 174 км/ч [10]. К этому времени специалисты Октябрьской дороги и ученые ЛИИЖТ во главе с профессором С.В.Аmeliным создали новые стрелочные переводы Р65 марки 1/11, рассчитанные на скорость движения по прямому направлению до 160 км/ч.

К концу 1962 г. магистраль Ленинград — Москва была электрифицирована на всем протяжении, также проведена реконструкция пути и устройств СЦБ. В 1965 г. ввели в обращение дневной экспресс «Аврора» (рис. 7) с маршрутной скоростью 130,4 км/ч и общим временем хода 4 ч 59 мин [10].

В 1964 г. совместная творческая работа МПС, Октябрьской железной дороги, ЦНИИ МПС (ВНИИЖТ) и ЛИИЖТ была организационно оформлена в Общественный научно-исследовательский институт Октябрьской железной дороги (ОНИИ) [23], основным направлением деятельности которого стало обеспечение скоростного движения (рис. 8).

При активном участии ВНИИЖТ, ОНИИ, ЛИИЖТ реализовывались два проекта скоростного подвижного состава:

- на Калининском вагоностроительном заводе (КВЗ) — скоростных вагонов РТ200 («Русская тройка») (рис. 9) локомотивной тяги (до 200 км/ч) для эксплуатации с электровозом чехословацкого производства ЧС200;
- на Рижском вагоностроительном заводе — скоростного электропоезда (200 км/ч) ЭР200 (рис. 10).

Для исследований взаимодействия колеса и рельса на скоростях 200 км/ч и выше, что было необходимо для создания экипажной части нового подвижного состава, в 1970 г. на КВЗ был построен скоростной вагон-лаборатория (СВЛ)¹ с конструкционной скоростью 250 км/ч [17]. В феврале 1972 г. на Приднепровской железной дороге СВЛ достиг рекордной для колеи 1520 мм скорости 249 км/ч.

В 1974 г. КВЗ при участии специалистов ВНИИЖТ и ЛИИЖТ разработал проект и изготовил состав из 8 новых скоростных вагонов локомотивной тяги РТ200 [10] с кузовами из легких сплавов. Испытания вагонов РТ200 проводились с локомотивами ЧС2М, ЧС2Т, а также с электровозами ЧС200.

¹ Он представлял собой головной (прицепной) вагон электропоезда ЭР22 с дополнительным обтекателем на лобовой части перед кабиной машиниста и установленными на крыше двумя турбореактивными двигателями самолета ЯК-40. Они разгоняли вагон-лабораторию до высоких скоростей, при этом тележки вагона, не имевшие тяговых двигателей и редукторов, позволили провести результативные исследования.



Рис. 7. Отправление опытного скоростного экспресса № 5/6 Ленинград — Москва. 12 июня 1963 г. [10]

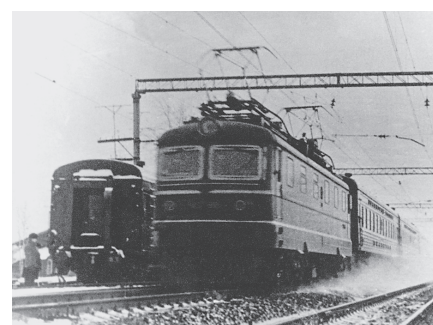


Рис. 8. Испытания стрелочного перевода, разработанного ПКБ Главного управления пути МПС и ЛИИЖТ с подвижным сердечником крестовины на станции Померанье Октябрьской железной дороги. Проход на скорости 228 км/ч. 26 февраля 1971 г. [10]

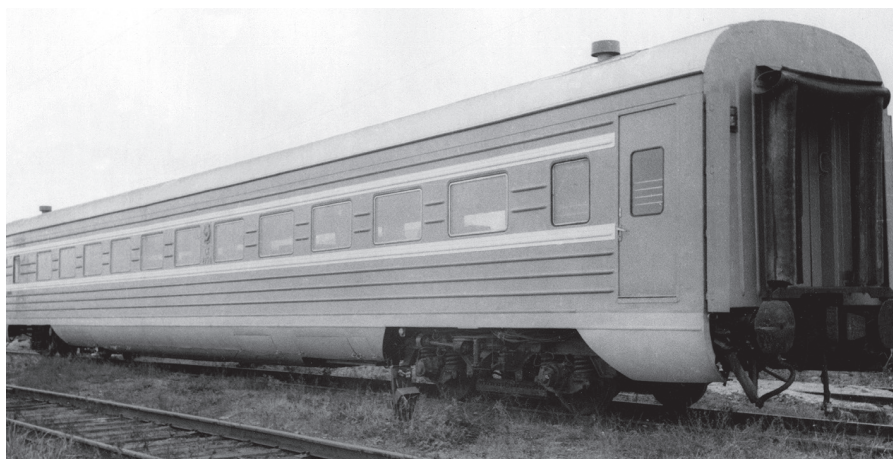


Рис. 9. Вагон РТ200 «Русская тройка». 1974 [10]

К концу 1974 г. РВЗ при участии ВНИИЖТ и ЛИИЖТ на базе Рижского филиала института разработал проект и изготовил 13 вагонов электропоезда ЭР200, включая два головных.

8 июня 1976 г. в испытательной поездке поезд ЭР200 достиг скорости 220 км/ч [24]. 26 июня 1976 г. поезд массой 210 т с электровозом ЧС200 с вагонами РТ200 также развил скорость 220 км/ч [10].

В отчете об успешных испытаниях отмечалось: «По техническим характе-



Рис. 10. Первая трехвагонная секция поезда ЭР200. 1974 [10]

ристикам созданный подвижной состав <ЭР200, ЧС200 и РТ200> соответствует современному уровню, достигнутому отечественным и зарубежным локомотиво- и вагоностроением» [25].

В 1976–1978 гг. продолжались испытания с составом из девяти опытных вагонов РТ200, после чего они были сняты с опытной эксплуатации для планового ремонта, который, однако, не был выполнен. Руководство МПС СССР приняло решение прекратить проект и отказаться от серийного производства вагонов РТ200. В сети железных дорог к тому времени, как и в стране в целом, множились экономические проблемы. МПС было не до скоростного движения. Вагоны РТ200 — квинтэссенция новейших технологий — были вскоре переданы под нужды в разные подразделения дороги и позже сданы в металлолом¹.

Вопрос о регулярной эксплуатации скоростного электропоезда ЭР200, с 1978 г. стоявшего «под забором»², поднял назначенный в 1982 г. министром путей сообщения СССР Н. С. Конарев.

28 февраля 1984 г. газета «Ленинградская правда» опубликовала объявление: «К сведению пассажиров железнодорожного транспорта. С 1 марта с. г. в сообщении Ленинград — Москва вводится в обращение скоростной экспресс № 17/18 с одной остановкой на ст. Бологое...» [26]. Началась регулярная эксплуатация поезда ЭР200.

Государственная научно-техническая программа «Высокоскоростной экологически чистый транспорт»

В 1988 г. по инициативе министра путей сообщения Н. С. Конарева силами десятков академических и проектных институтов, при активном участии ВНИИЖТ и ЛИИЖТ была разработана Государственная научно-техническая программа (ГНТП) «Высокоскоростной экологически чистый транспорт», которую 30 декабря 1988 г. утвердил Совет министров СССР. Ставилась задача построить ВСМ «Центр — Юг» (Ленинград — Москва — Крым и Кавказ) и создать для нее подвижной состав [27].

В 1991 г. образовано Российское акционерное общество «Высокоскорост-

¹ В конце 1980-х гг. в одном из вагонов РТ200, стоявших у Варшавского вокзала в Ленинграде, размещался видеосалон.

² Электропоезд, имевший в вагонах множество элементов, деталей и устройств тягового привода, видимо, представлял меньший интерес для «вагонного» использования в подразделениях дороги, поэтому и уцелел.



Рис. 11. Высокоскоростной отечественный электропоезд «Сокол» во время испытаний на опытном кольце ВНИИЖТ. Январь 2001 г. [10]

ные магистрали» (РАО «ВСМ»), которое во взаимодействии с институтами Ленгипротранс, ВНИИЖТ и ЛИИЖТ — ПГУПС разработало технико-экономическое обоснование (ТЭО) магистрали. В 1991–1995 гг. на базе ЛИИЖТ — ПГУПС действовал экспертный совет из ведущих ученых, который осуществлял научное сопровождение проекта, регулярно проводились технические конференции, научные слушания и семинары для экспертного обсуждения наиболее важных элементов ТЭО, успешно прошли две международные конференции.

В 1992–1995 гг. ТЭО ВСМ Санкт-Петербург — Москва получило положительное заключение государственной экспертизы, что позволило начать рабочее проектирование на основе разработанных при участии ВНИИЖТ и ПГУПС «Норм и технических условий проектирования ВСМ Санкт-Петербург — Москва», утвержденных 28 апреля 1997 г. Госстроем России [28, 29].

В соответствии с ГНТП «Высокоскоростной экологически чистый транспорт» с 1992 г. создавался высокоскоростной поезд «Сокол» (рис. 11, 12). РАО «ВСМ» во взаимодействии с ВНИИЖТ, ПГУПС и другими научно-исследовательскими организациями отрасли привлекли в качестве головной организации Центральное конструкторское бюро морской техники «Рубин» (Санкт-Петербург), имеющее большой опыт создания сложных транспортных систем.

В реализации проекта поезда «Сокол» принимали участие более 80 научно-исследовательских институтов и предприятий различных отраслей промышленности, специалисты и ученые

ВНИИЖТ, ПГУПС, ОАО «Завод Трансмаш», ОАО «ВНИИ Трансмаш», судостроительной фирмы «Алмаз», НПО «Аврора». В 1992–1999 гг. был изготовлен опытный шестивагонный поезд «Сокол».

В трудных экономических условиях РАО «ВСМ» с другими организациями создали новый российский электропоезд, который по своим параметрам не уступал мировым образцам и имел приемлемую для российских железных дорог цену. Поезд «Сокол» в целом, а также его отдельные агрегаты и узлы представляли собой базу нового поколения пассажирских электропоездов.

28 июля 1999 г. на заводе «Трансмаш» компания ЗАО «Сокол-350» в г. Тихвине Ленинградской области в присутствии министра путей сообщения В. Н. Старостенко передал поезд МПС РФ на ходовые испытания.

После осмотра поезда министр выразил благодарность участникам проекта — предприятиям и организациям России, которые принимали участие в его реализации. «Самое главное достижение: поезд на 90 % состоит из комплектующих российского производства», — подчеркнул В. И. Старостенко [24].

В 2000–2001 гг. «Сокол» проходил испытания на опытном кольце ВНИИЖТ на станции Щербинка и на линии Санкт-Петербург — Москва, где 29 июня 2001 г. развил скорость 236 км/ч³. Дальнейшее ее увеличение было невозможно из-за ограничений скорости на магистрали [30].

³ Это произошло на 407 км между станциями Спирово и Калашниково в движении по нечетному пути в сторону Москвы.

В 2002 г. «Сокол» вернули на завод в г. Тихвин с общим испытательным пробегом более 50 тыс. км. До 2005 г. РАО «ВСМ» и другие организации, включая РАН, пытались завершить проект и начать выпуск поездов, но руководство ОАО «РЖД» закрыло проект¹.

В целом социально-экономический кризис 1990-х гг., дефолт 1998 г., ухудшение социально-экономической ситуации не позволили начать строительство ВСМ и выпуск в серийное производство электропоездов «Сокол». Тем не менее, выполненный комплекс научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ВСМ и создание поезда «Сокол» значительно продвинули Россию в области высокоскоростного движения. Разработанная под руководством и при участии ученых и специалистов ВНИИЖТ и ЛИИЖТ — ПГУПС нормативная база ВСМ легла в основу дальнейшего созда-

¹ Через несколько лет поезд «Сокол» расчленили на две секции по три вагона, одна из которых находится в Музее железных дорог России в Санкт-Петербурге, а вторая экспонировалась на выставке железнодорожной техники на Рижском вокзале Москвы.

ния высокоскоростной железнодорожной магистрали.

Ученые ПГУПС под непосредственным руководством ректора В. И. Ковалёва представили результаты ГНТП «Высокоскоростной экологически чистый транспорт» в первой в России научной монографии в двух томах «Скоростной и высокоскоростной железнодорожный транспорт» (2001–2023 гг.) [31]. Большую часть авторского коллектива составляли ученые ПГУПС, крупные специалисты в своей области: В. Л. Белозеров, Л. С. Блажко, Г. И. Богданов, Ю. П. Борошенко, А. Т. Бурков, Д. В. Гавзов, Д. М. Голицинский, К. Н. Дьяков, Ю. И. Ефименко, Г. К. Зальцман, И. П. Киселёв, В. И. Ковалёв, Ю. Г. Козьмин, Е. А. Красковский. А. П. Ледяев, С. И. Логинов, О. А. Наседкин, А. Б. Никитин, А. М. Орлова, В. Е. Павлов, А. В. Плак, И. В. Прокудин, Вал. В. Сапожников, В. В. Сапожников, Б. Ф. Тарасов, А. В. Третьяков, М. М. Уздин, А. И. Хожанов, Н. А. Чурков, Е. Д. Шапилов, В. В. Яковлев, В. Ф. Яковлев, а также ученые и специалисты других



Рис. 12. Машинист-испытатель Д. В. Пегов в кабине поезда «Сокол». 2001 [10]

предприятий и научных организаций, включая институты РАН: А. Ф. Алимов, А. С. Арсентьев, С. В. Зубарев, Г. И. Ивахнюк, В. М. Коровкин, В. М. Малютин, В. А. Одинцов, Ф. С. Пехтерев, Л. В. Рымша, В. М. Саввов, Е. А. Сотников, В. И. Тулаев, Э. К. Потемкин, А. И. Чистобаев. В монографии комплексно и детально освещены теоретические и практические вопросы создания высокоскоростного железнодорожного транспорта, представлен комплекс задач, которые необходимо решить.

часть III Создаем высокоскоростной железнодорожный транспорт России

Современный этап освоения высоких скоростей на железнодорожном транспорте России и роль ПГУПС

С улучшением экономической и социально-политической ситуации в стране в начале 2000-х гг. было признано целесообразным поэтапное внедрение высокоскоростного движения, приобретение зарубежного подвижного состава для эксплуатации на реконструированных линиях.

В 2010-х гг. реконструировалась магистраль Санкт-Петербург — Москва для скорости движения до 250 км/ч, в разработке проектной документации и научном сопровождении которой активное участие принимали специалисты и ученые ПГУПС. На значительной части линии было проведено переустройство пути с расширением площадки земляного полотна, что позволило straightify его, усилено верхнее строение пути, заменены стрелочные переводы для движения по прямому направлению со скоростью более 200 км/ч.

Барьерными местами являлись островные вокзалы со станционными участками, требовавшие снижения скорости. Одним из таких вокзалов на станции Окуловка

пришлось пожертвовать, поскольку именно здесь расположен полигон на участке Мстинский Мост — Окуловка, на котором поезд достигает скорости 250 км/ч — максимальной для дорог России. Также был ликвидирован существовавший с 1881 г. Веребинский обход, на главных путях уложили новые стрелочные переводы с непрерывной поверхностью катания, введены тональные рельсовые цепи автоблокировки. Значительно усилена и частично реконструировала система электроснабжения линии с использованием новой контактной подвески КС-250 [22].

В качестве подвижного состава российские специалисты выбрали электропоезд ICE ³ германской компании Siemens, который к началу 2000-х гг. хорошо зарекомендовал себя не только в ФРГ, но и в Испании и КНР³.

² Третье поколение германских поездов Intercity-Express (с англ. «Междугородный экспресс» ICE), серия 403, или Siemens Velaro, эксплуатируется с 2000 г. Конструкционная скорость 330 км/ч, построен по схеме с распределенной тягой (4 моторных + 4 прицепных вагонов) для участков, электрифицированных на переменном токе напряжением 15 кВ частотой 16⅔ Гц.

³ В Испании AVE Class 103 (Velaro E), в КНР — CRH 3 (Velaro CH).

18–20 мая 2006 г. заключен договор между ОАО «РЖД» и корпорацией Siemens на изготовление в Германии и поставку в Россию высокоскоростных поездов [22].

Первоначально руководители ОАО «РЖД» предполагали наладить собственное производство поездов по германской технологии — локализацию производства, но это не было реализовано. Тем не менее, участие российских специалистов — большей частью выпускников и специалистов ПГУПС — в модификации немецких поездов для России, получивших обозначения Velaro Rus и «Сапсан»⁴ (рис. 13), принесло свои плоды, приобщило страну к технологиям производства современного высокоскоростного подвижного состава. В процессе создания поезда для России для колеи 1520 мм российские специалисты получили более 150 охранных свидетельств, авторами многих из них были сотрудники ПГУПС.

⁴ Поезда «Сапсан» с конструкционной скоростью 250 км/ч формируются из 10 вагонов и рассчитаны на 600 пассажиров с возможностью эксплуатации двоярных составов с управлением по системе многих единиц.

В 2009 г. в Россию поступили первые поезда «Сапсан». Испытания проходили на экспериментальном кольце ВНИИЖТ в Щербинке под Москвой, на скоростном полигоне Белореченская — Майкоп Северо-Кавказской железной дороги, а также на линии Москва — Санкт-Петербург. 7 мая 2009 г. «Сапсан» развил скорость 290 км/ч, установив рекорд для отечественных железных дорог [32].

Коммерческая эксплуатация поездов «Сапсан» на линии Москва — Санкт-Петербург началась 17 декабря 2009 г. В обращение ввели три пары поездов в сутки. Этот маршрут вскоре стал чрезвычайно популярен у пассажиров¹.

Началу эксплуатации «Сапсанов» предшествовала большая подготовительная работа по созданию эксплуатационной базы — электродепо «Металлострой» ТЧ-10 в пригороде Санкт-Петербурга, одного из лучших депо в мире по технической оснащенности.

Персонал был подготовлен для эксплуатации и обслуживания новых электропоездов. В этой работе важную роль сыграли кафедры ПГУПС «Электрическая тяга», «Вагоны и вагонное хозяйство» и ряд других, как и весь научно-педагогический коллектив вуза. Практически все машинисты, инженерный состав, руководители, связанные с эксплуатацией и обслуживанием поездов «Сапсан», являются выпускниками ПГУПС.

В структуре ОАО «РЖД» было создано специальное подразделение — Дирекция скоростного сообщения, отвечающая за весь комплекс вопросов, определенных ее названием. Ее первым руководителем стал выпускник ПГУПС, один из машинистов-испытателей «Сокола» Д. В. Пегов, ныне — заместитель генерального директора ОАО «РЖД», руководитель Дирекции тяги.

В 2003 г. сдан в эксплуатацию Единый диспетчерский центр управления (ЕДЦУ) Октябрьской железной дороги, который позволил на самом современном уровне организовать руководство сложной поездной работой на линии Санкт-Петербург — Москва, где совмещается движение скоростных, обычных пассажирских, пригородных и грузовых поездов (рис. 14).

¹ Для удовлетворения пассажирского спроса ОАО «РЖД» с 1 августа 2014 г. ввело в эксплуатацию двоянные составы поездов «Сапсан» сообщением Москва — Санкт-Петербург — Москва. Они состоят из 20 вагонов вместо десяти. Началу их эксплуатации предшествовало усиление электрического снабжения линии Санкт-Петербург — Москва.



Рис. 13. Поезд «Сапсан». 2009. Фото И. Куртова



Рис. 14. Единый диспетчерский центр управления Октябрьской железной дороги. 2009. Фото И. Куртова

Успешная реализация проекта организации движения поездов «Сапсан» на линии Санкт-Петербург — Москва со скоростью до 250 км/ч со всей остротой поставила перед ОАО «РЖД» и руководством страны вопрос о необходимости полноценного приобщения России к технологиям высокоскоростного железнодорожного движения.

Как известно, основой создания сложных инфраструктурных инженерно-технических проектов, тем более мегапроектов, к которым относятся ВСМ и подвижной состав для них, является нормативная база проектирования, строительства и эксплуатации. Именно в ПГУПС на протяжении двух столетий сложился и поддерживается живой связью поколений ученых, инженеров, учителей и их учеников уникальный коллектив специалистов, подтвердивший свою компетентность и способность выполнять важнейшие государственные задачи в области строительных технологий, транспорта и особенно — железнодорожного транспорта.

На примере ведущих ученых ПГУПС нашего времени, решающих проблемы

высокоскоростного движения, можно проследить диалектическую связь развития научных решений от учителя к ученику. Она зародилась в начале создания железнодорожного транспорта в стране в 1830-е гг. Бесспорно, для понимания роли и места ПГУПС в развитии современного железнодорожного транспорта важна информация о его уникальной библиотеке, научно-лабораторной базе, но много важнее — понимание связи поколений ученых и их учеников, которая не прерывалась ни в годы войн и революции, включая Великую Отечественную, ни во время распада СССР и социально-экономического коллапса страны 1990-х — начала 2000-х гг.

На протяжении трех десятилетий коллектив ученых и инженеров ПГУПС работает над созданием уникальных документов, в которых, образно говоря, сплавлены воедино результаты собственных научных разработок и передовой мировой опыт — нормативной базы проектирования и строительства высокоскоростных железных дорог.

В 2010-е гг. ученые ПГУПС по заказу ОАО «РЖД» сосредоточились на создании «Специальных технических условий проектирования и строительства ВСМ» (СТУ), которые охватывают все компоненты и составляющие системы высокоскоростных магистралей. Этот научный и инженерный труд подготовлен при руководящей и определяющей роли ПГУПС совместно с ОАО «Российские железные дороги» и рядом профильных научных и проектно-исследовательских учреждений.

Труд был завершен в 2014 г. разработкой СТУ для проектирования участка Москва — Казань ВСМ Москва — Казань — Екатеринбург со скоростью движения до 400 км/ч. Подготовленные СТУ прошли все необходимые государственные согласования.

После изменения в 2021 г. позиции руководства государства относительно стратегической очередности сооружения ВСМ в стране и определения в качестве первой линии Москва — Санкт-Петербург коллектив ПГУПС разработал модифицированный научно-инженерный комплекс «Специальные технические условия (СТУ) проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург (ВСЖМ-1)». 9 сентября 2021 г. документ был согласован с Минстроем России.

Таким образом, сегодня в стране есть созданная под руководством и при активном участии ученых ПГУПС научно-методическая и нормативная база для проектирования и строительства ВСМ.

Развитие компетенций в области высокоскоростного железнодорожного транспорта и участие ПГУПС в международных и государственных российских научных и образовательных программах

К 1990 гг. в ЛИИЖТ — ПГУПС сложилась комплексная система обучения практически по всем направлениям специалитета, бакалавриата и магистратуры, включающая приобщение студентов к компетенциям, связанным с высокоскоростным железнодорожным движением, в зависимости от будущей профессиональной деятельности. В нее входят материалы лекций и практических занятий по специальным учебным дисциплинам в области проектирования, строительства и эксплуатации ВСМ и специального подвижного состава, темы курсовых и выпускных квалификационных (дипломных) работ.

Важную роль в актуализации учебной деятельности сыграл тот факт, что значительная часть профессорско-преподавательского состава всех выпускающих и многих общенаучных кафедр с начала 1990-х гг. вовлечена в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области высокоскоростного железнодорожного транспорта, включая реконструкцию магистрали Санкт-Петербург — Москва для скоростного движения, создание поезда «Сокол», а затем адаптацию германского поезда ICE 3, то есть фактически — создание на его основе нового поезда «Сапсан». Указанные работы в академическом плане вылились в подготовку и издание учебно-методической литературы, материалов для лекционных курсов и практических занятий. В частности, в 2013 г. группа специалистов, большей частью выпускники ЛИИЖТ — ПГУПС, под редакцией доцента ПГУПС А. В. Ширяева выпустила учебное пособие «Высокоскоростные поезда „Сапсан“ В1 и В2». В нем дано развернутое описание конструкции поезда, его основных узлов, деталей и компонентов [33].

В 2014 г. вышло в свет подготовленное ПГУПС первое и пока единственное в России фундаментальное учебное пособие в двух томах под редакцией профессора ПГУПС И. П. Киселёва «Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс» [32]. Книги были высоко оценены в кругах специалистов, занимающихся проблемами ВСМ, и вошли в перечень рекомендованной литературы по учебным дисциплинам, связанным с ВСМ. В 2018 и 2020 гг. учебное пособие дважды выпускалось вторым переработанным и дополненным изданием. Авторский коллектив — ведущие ученые ПГУПС, чьи исследования охватывают комплекс вопросов высокоскоростного железнодорожного транспорта. Большинство из них входят в научную группу, которая разрабатывала названные ранее СТУ. Это Л. С. Блажко, Ю. П. Бороненко, М. Я. Брынь, А. Т. Бурков, Н. С. Бушуев, Л. К. Дьяченко, А. М. Евстафьев, В. Б. Захаров, И. П. Киселёв, В. И. Ковалёв, А. Ф. Колос, В. В. Костенко, А. П. Ледяев, А. Б. Никитин, А. Ю. Паньчев, П. А. Плеханов, А. В. Романов, П. К. Рыбин, В. М. Саввов, С. С. Сергеев, В. В. Сероносков, В. Н. Смирнов, Т. С. Титова, А. М. Уэдин, Ю. С. Фролов, А. В. Ширяев, С. В. Шкурников. Среди авторов

пособия также крупные специалисты железнодорожного транспорта, непосредственно руководившие реконструкцией линии Санкт-Петербург — Москва и созданием поезда «Сапсан», — В. А. Гапанович и Д. В. Пегов, ученые и специалисты из других научных организаций А. В. Мизинцев и Ю. И. Соколов.

Система опережающей подготовки специалистов в области высокоскоростного железнодорожного транспорта, созданная в ПГУПС, получила высокую оценку экспертного сообщества и была удостоена в 2016 г. премии правительства Санкт-Петербурга за выдающиеся достижения в области высшего образования¹.

В 2012–2016 гг. в рамках гранта Европейского образовательного проекта TEMPUS² консорциумом вузов и транспортных организаций России (ПГУПС, РУТ(МИИТ), ОАО «РЖД»), а также Латвии, Польши, Украины и Франции разработан комплекс учебно-методических материалов дополнительного профессионального образования (профессиональной переподготовки), охватывающий вопросы инфраструктуры и эксплуатации ВСМ, объемом около 800 учебных часов. Она реализовывалась в ПГУПС в 2017–2019 гг.³ Обучение по этой программе прошли студенты 4–5 курсов ПГУПС и сотрудники ОАО «РЖД». Для слушателей были организованы стажировки на магистралях КНР. Участники программы успешно защитили выпускные квалификационные работы и получили дипломы о дополнительном профессиональном образовании ПГУПС и Национального технического университета в Париже⁴.

В 2018–2023 гг. ПГУПС в консорциуме вузов России, Германии, Испании, Казахстана и Польши, выигравших грант Европейской образовательной программы ERASMUS+⁵, участвовал в проекте

¹ За создание этой системы сотрудники ПГУПС профессора Л. С. Блажко и И. П. Киселёв, а также доцент П. А. Плеханов стали лауреатами премии правительства Санкт-Петербурга за выдающиеся достижения в области высшего образования в номинации «В области интеграции образования, науки и промышленности 2016 года».

² От англ. Trans-European Mobility Programme for University Studies.

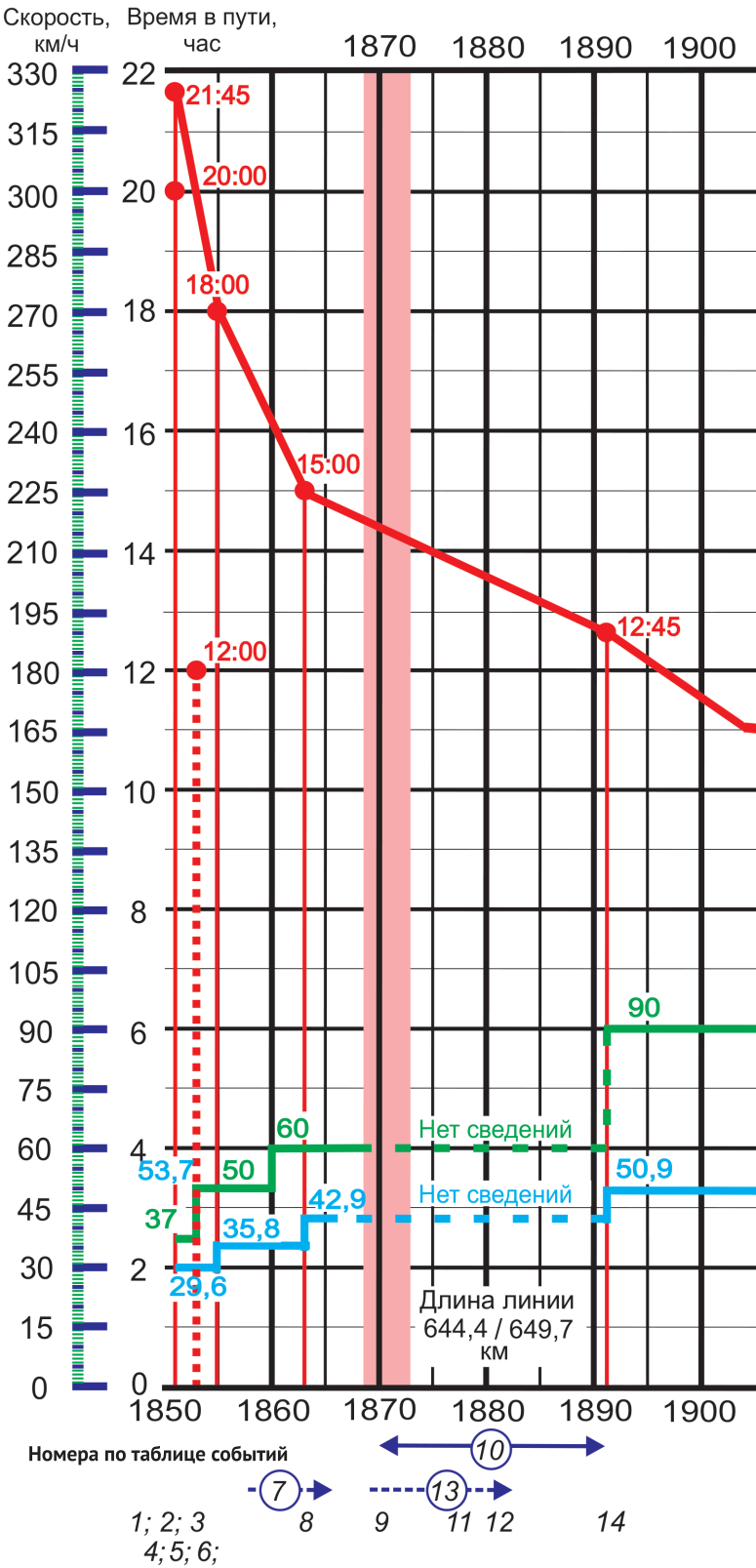
³ Из-за пандемии коронавируса в 2020 г. обучение по этой программе и стажировки были прекращены. В настоящее время рассматривается вопрос об их возобновлении.

⁴ Conservatoire National des Arts et Métiers, CNAM. Paris.

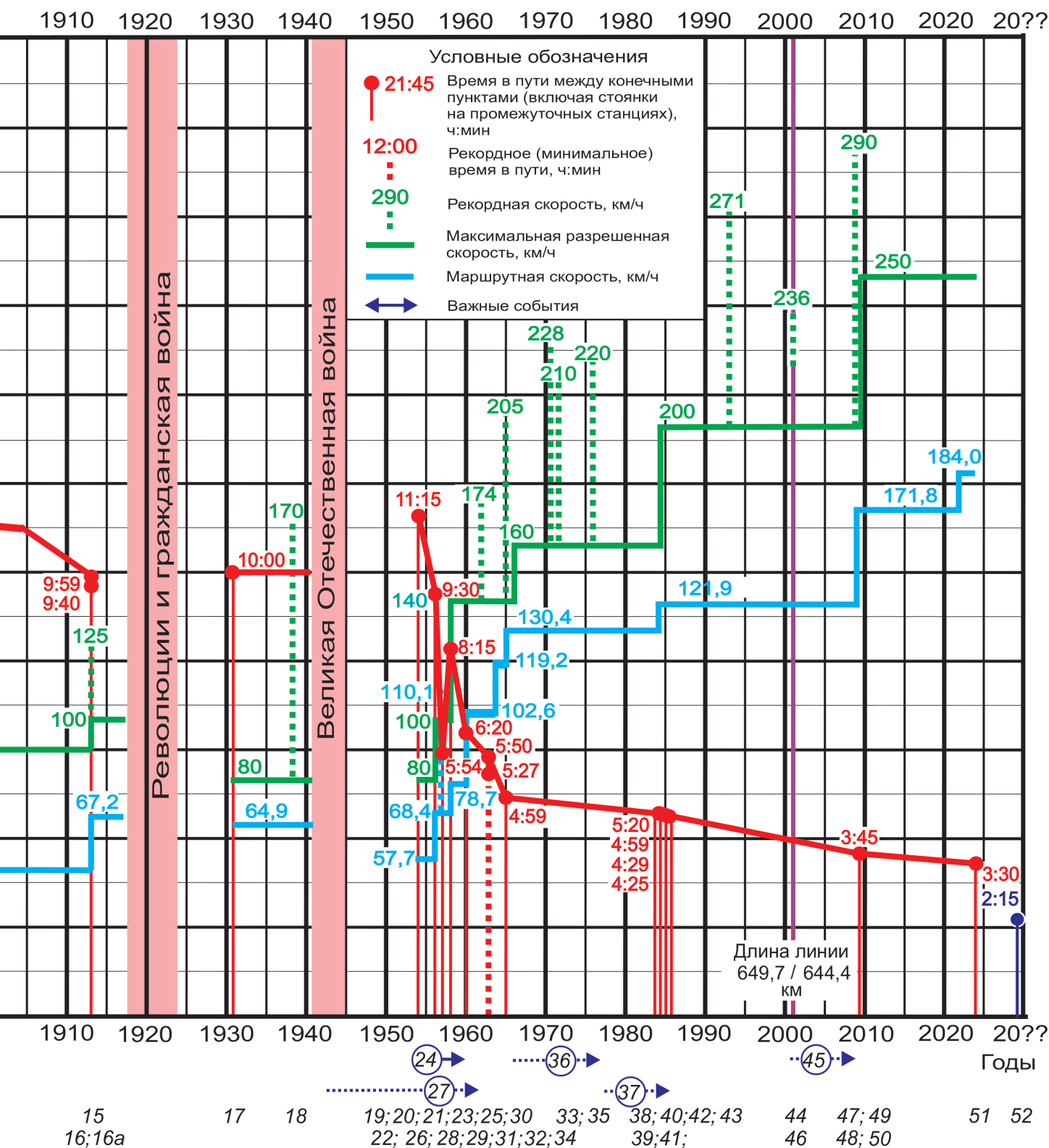
⁵ «Эразмус» (в настоящее время — «Эразмус+») — международная программа Европейского союза по обмену студентами и преподавателями между университетами стран — членов Евросоюза и других стран. Программа предоставляет возможность обучаться и проходить стажировку в другой стране, участвующей в программе.

Таблица 1. Важные события, время в пути и скорости поездов на главном ходу Октябрьской железной дороги – линии Санкт-Петербург – Москва

№ пп	Год	Событие, вид поезда и средства тяги, максимальная скорость	Время в пути, ч., мин.
			Маршрутная скор., км/ч
1	1851, 18 (30) августа	До официального открытия дороги. Из Санкт-Петербурга в Москву по железной дороге длиной 604 версты (644,4 км), строительство которой еще не было завершено, проследовал специальный императорский поезд, на котором Николай I с августейшей семьей прибыл в Первопрестольную	20.00
			—
2	1851	До официального открытия дороги. 1–12 (13–24) сентября (ориентировочно, П. П. Мельников не указывает точную дату!). Катастрофа в районе ст. Клин на расстоянии 2–3 верст в сторону Санкт-Петербурга. Столкновение двух поездов с царскими курьерами, двигавшихся навстречу друг другу по одному пути. Каждый поезд состоял из паровоза и одного вагона 1-го класса. Столкновение произошло из-за ошибочных действий руководства дороги в период ее временной эксплуатации. Суммарная скорость соударения поездов была около 100 км/ч. Погибли обе паровозные бригады, были ранены два пассажира и два кондуктора. П. П. Мельников, ехавший в поезде из Москвы, не пострадал. По его версии, императору о происшествии не доложили, официальное сообщение не публиковалось	—
			—
3	1851, 1 (13) ноября	Открытие Петербурго-Московской железной дороги. 11 ч. 15 мин. — отправление первого поезда из Петербурга в Москву с паровозом типа 2-2-0 первоначальной серии (условно — А). Поезд прибыл в Москву на следующий день в 9 ч. 00 мин. Максимальная скорость установлена для пассажирских поездов 32 км/ч (30 верст/ч); для почтовых ² — 37 км/ч (35 верст/ч)	21.45
			29,6
4	1852–1855	Пассажирские поезда в регулярной эксплуатации с паровозами типа 2-2-0 первоначальной серии (условно — А). Максимальная скорость 50 км/ч	18.00
			35,8
5	1852, 12 (24) февраля	Катастрофа на Веребьинском уклоне. Несколько грузовых вагонов скатились и столкнулись с пассажирским поездом. Погибли 5 человек	—
			—
6	1853, 1 сентября	Опытный скоростной поезд	12
			53,7
7	1957	Начало переустройства верхнего строения пути — изъятие первоначально уложенных под рельсы продольных деревянных лежней. Увеличена эпюра шпал с 1166 шт. на 1 км до 1480 шт.	—
			—



8	1863	Скорые поезда	15.00
			42,9
9	1869	Пожар на Мстинском мосту. Перерыв движения на 4 месяца	—
10	1870–1890	Замена деревянных мостов стальными под руководством и по проектам профессора ИИПС Н. А. Белелюбского	—



11	1878	На участке Санкт-Петербург – Бологое оборудована первая полуавтоматическая блокировка с семафорной сигнализацией
12	1881	Устройство Веребьинского обхода. Длина линии увеличилась до 649,7 км

13	1882	На всем протяжении линии по главным путям вместо железных рельсов массой 22 фунта на 1 погонный фут (32,7 кг/м) уложены стальные рельсы такой же массы
14	1892, конец года	Курьерский поезд с новым паровозом типа 1-3-0 серии Н. Максимальная скорость 90 км/ч

15	1913, 6 декабря	Эксперименты, организованные товарищем (заместителем) министра путей сообщения, председателем комиссии подвижного состава и тяги при Инженерном совете МПС профессором Н. Л. Щукиным на линии Санкт-Петербург – Москва с поездами, которые журналисты прозвали «поезда-молнии», с новыми паровозами типа 1-3-1 серии С и составом из 9 пудмановских вагонов. Максимальная скорость 125 км/ч	7.59
			81,4
16	1913	Курьерские так называемые «черноморские поезда» с паровозами типа 1-3-1 серии С на участке между Санкт-Петербургом и Москвой: № 1-Ч СПб. – Новороссийск; № 1-С СПб. – Севастополь. Максимальная скорость 100 км/ч	9.59
16а			9.40
17	1931	Экспресс «Красная стрела» Ленинград – Москва с паровозом типа 1-3-1 серии Су и составом из 12 четырехосных вагонов. Введен 10 июня. Отправление из Ленинграда 1 ч. 30 мин., прибытие в Москву в 11 ч. 30 мин. (по другим данным — в 10:15). Максимальная скорость 80 км/ч	10.00
			64,9
18	1938, 29 июля	Опытный паровоз типа 2-3-2 Коломенского завода на линии Ленинград – Москва с поездом в 14 осей развил скорость 170 км/ч	
19	1954	Экспресс «Красная стрела» Ленинград – Москва с паровозом типа 1-3-1 серии Су и составом из 12 четырехосных вагонов. Максимальная скорость 80 км/ч	11.15
			21
20	1956	Экспресс «Красная стрела» Ленинград – Москва с паровозом типа 2-4-2 серии ПЗ6 и составом из 12 четырехосных вагонов. Максимальная скорость по ряду перегонов 100 км/ч; по ряду станций — 80 км/ч	9.30
			23
21	1957, 7 февраля	Опытный пассажирский поезд с тепловозом ТЭ7-001 и составом массой 790 т. Максимальная скорость по ряду перегонов 140 км/ч; по ряду станций — 120 км/ч. Время в пути включало двухминутную стоянку на станции Бологое	5.54
			110,1
22	1957, 29 мая	Начало реконструкции главного хода Октябрьской железной дороги. Приказ МПС «О подготовки линии Москва – Ленинград к движению пассажирских поездов с повышенными скоростями»	
23	1958	Ночной экспресс Ленинград – Москва с тепловозами ТЭ7 на головных участках конечных станций; паровозом ПЗ6 на участке Малая Вишера – Калинин. Время в пути включало три десятиминутные стоянки для смены локомотивов. Максимальная скорость по ряду перегонов 140 км/ч; по ряду станций — 120 км/ч	8.15
			78,7

24	1960	На всем протяжении линии Ленинград – Москва уложены рельсы Р50 на щебеночном балласте с удлинением переходных кривых и устройством прямых вставок между кривыми, на главных путях уложены переводы Р50 марки 1/11 с вкладышно-накладочным корневым креплением	
25	1960	Дневной экспресс: тепловоз ТЭ7 с составом из 10 межобластных вагонов с мягкими креслами типа самолетных. Максимальная скорость по ряду перегонов 140 км/ч; по ряду станций — 120 км/ч	6.20
			26
26	1962, 16 мая	Опытный поезд массой 335 т с тепловозом ТЭП 60-011. Максимальная скорость на одном из перегонов 162 км; по главным путям станции Дубцы — 174 км/ч	
27	1962, декабрь	Завершена электрификация всей линии Ленинград – Москва	
28	1963, 12 июня	Опытная поездка так называемого «сверхскоростного» экспресса: электровоз ЧС2 и состав из 12 вагонов. Максимальная скорость по ряду перегонов 160 км/ч; по ряду станций — 140 км/ч	5.27
			30
29	1963, 25 июня	Начались регулярные ежедневные поездки поездов № 5/6 «Аврора» с электровозом ЧС2. Максимальная скорость по ряду перегонов 160 км/ч; по ряду станций — 140 км/ч	№ 5 — 5.27
			№ 6 — 5.50
30	1965	Поезд № 5/6 «Аврора» с электровозом ЧС2. Максимальная скорость по ряду перегонов 160 км/ч; по ряду станций — 140 км/ч	119,2
			111,4
31	1966, март	Поезд № 5/6 «Аврора» с электровозом ЧС2. Максимальная скорость по ряду перегонов 160 км/ч; по ряду станций — 140 км/ч	4.59
			130,4
32	1971, 26 февраля	На отдельных опытных участках линии Ленинград – Москва (Дубцы – Большая Вишера и Торбино – Окуловка) поезда с одним и двумя электровозами ЧС2М и составами из 15 вагонов с тележками КВЗ-ЦНИИ неоднократно проходили по главным путям со скоростью до 205 км/ч	
33	1973, июнь–июль	Опытные поездки поезда с электровозом ЧС2М и тремя вагонами с тележками КВЗ-ЦНИИ по стрелочным переводам типа «ЛИИЖТ». 52 поездки по прямому направлению со скоростями 200–220 км/ч. Данный поезд прошел по прямому направлению стрелочного перевода со скоростью 228 км/ч	
			На участке Тосно – Чудово линии Ленинград – Москва успешно прошли испытания вагонов РТ200 («Русская тройка») со скоростью до 210 км/ч

34	1976, 8 июня	Электропоезд ЭР200 в опытной поездке достиг скорости 220 км/ч	
35	1976, 26 июня	Поезд с электровозом ЧС200 в составе 9 вагонов РТ200 развил на участке Любань — Чудово скорость 220 км/ч	
36	1977	Завершена реконструкция участка Тосно — Малая Вишера. Уложены длинномерные рельсовые плети Р65 на железобетонные шпалы со скреплениями КБ. На станциях уложены 22 стрелочных перевода с подвижными сердечниками крестовин. На участке разрешено движение со скоростью до 200 км/ч	
37	1984–1985	Проведена модернизация системы электроснабжения на ряде участков, расчетное время движения поезда ЭР200 уменьшилось до 4 ч. 25 мин.	
38	1984, 1 марта	Введен в эксплуатацию электропоезд ЭР200, совершающий один рейс в неделю: по четвергам — из Ленинграда в Москву; по пятницам — из Москвы в Ленинград	5.20
			121,9
39	1984, 1 сентября		4.59
			130,3
40	1985		4.29
			144,9
41	1986		4.25
			147,1
42	1988, 16 августа	Крушение поезда «Аврора», погиб 31 человек	
43	1993, 5 октября	Опытный пассажирский восьмиосный тепловоз с электрической передачей постоянно-переменного тока ТЭП80-002 в одиночном следовании в испытательной поездке на линии Санкт-Петербург – Москва на перегоне Шлюз – Дорошиха установил мировой рекорд скорости для тепловозов 271 км/ч	
44	2001, 29 июня	Опытный электропоезд «Сокол» развил скорость 236 км/ч	

45	2001–2009	Реконструкция линии под движение со скоростью до 250 км/ч	
46	2001, 26 октября	Открыто движение по новому Веребьинскому мосту, ликвидирован Веребьинский обход, восстановлена первоначальная трасса линии Санкт-Петербург – Москва длиной 644,4 км. Со строительством нового моста и ликвидацией Веребьинского обхода протяженность главного хода — линии Санкт-Петербург – Москва — сократилась до первоначальной длины, но километровую разметку, которая начинается от Санкт-Петербурга, решили не менять. После километрового столба «205» установлен столб «211»	
47	2009, 7 мая	Электропоезд «Сапсан» (Velaro RUS, ЭВС1/ЭВС2) в ходе предэксплуатационных испытаний на линии Москва – Санкт-Петербург развил рекордную для России скорость 290 км/ч	
48	2009, 30 июля	Электропоезд «Сапсан» совершил первую полную демонстрационную поездку из Москвы в Санкт-Петербург	
49	2009, 27 ноября	Крушение поезда «Невский экспресс» на линии Санкт-Петербург – Москва в Бологовском районе Тверской области в результате теракта. Погибли 28 человек	
50	2009, 18 декабря	Началось движение по расписанию электропоездов «Сапсан». Три пары поездов сутки, отправление синхронно с двух конечных станций в 6:45, 13:00 и 19:00. Максимальная скорость на большей части линии 200 км/ч, на отдельных участках — до 250 км/ч. Накануне, 17 декабря, состоялся первый коммерческий рейс по маршруту Москва – Санкт-Петербург. 17 декабря объявлено в ОАО «РЖД» корпоративным праздником — «День высоких скоростей»	3.45
			Без остановок 171,8
51	2024	В разные дни обращается до 17 пар поездов «Сапсан», часть проходит весь маршрут без остановок, часть — с остановками	3.30
			Без остановок 184,0
52	В обозримом будущем	Перспективный высокоскоростной поезд по проектируемой ВСМ Москва – Санкт-Петербург протяженностью 679 км	2.15

¹ Воронин М. И., Воронина М. М., Киселёв И. П. и др. П. П. Мельников — инженер, ученый, государственный деятель. СПб.: Гуманистика, 2003. С. 367–369.

² Почтовые поезда, позже именуемые скорыми или курьерскими, в то время были более быстрыми по сравнению с пассажирскими. Нынешние почтовые поезда останавливаются практически на всех станциях. В 1965 г. понятие «курьерский поезд» убрали из расписаний. Остались лишь скорые и пассажирские, позже ввели понятие «скоростные поезда».

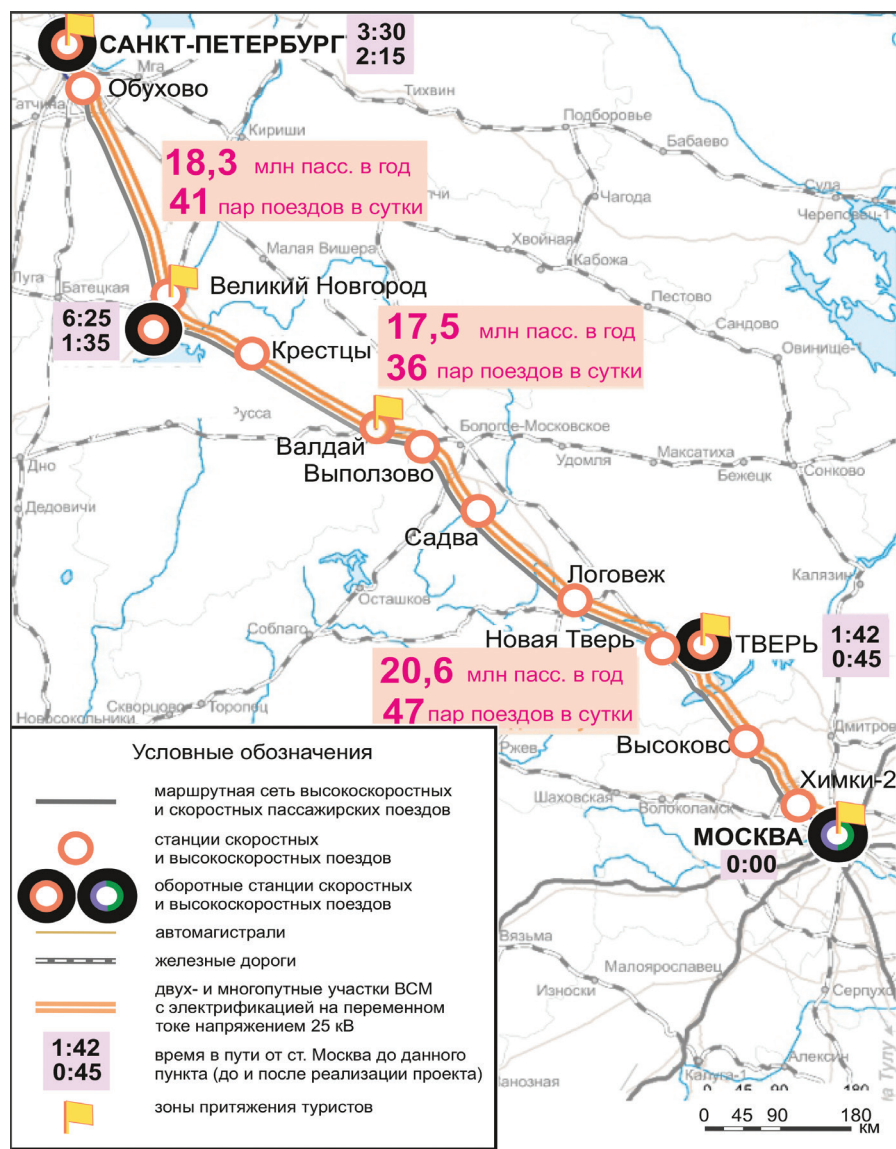


Рис. 15. ВСМ Москва – Санкт-Петербург. Вариант трассы из предварительных материалов проекта [38]

«Экономика, экология и инфраструктура высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ)». В его рамках ПГУПС как головная организация разработал образовательную программу магистратуры, включающую уникальный комплекс учебно-методических материалов с элементами визуализации, оценочных средств и задний на выпускные квалификационные работы (ВКР).

Участие ПГУПС в программе «Эразмус+» в марте 2022 г. было прервано решением чиновников Евросоюза, однако ПГУПС самостоятельно завершил подготовку этой уникальной образовательной программы, и в 2023 г. состоялся уже четвертый набор магистрантов, а три предыдущие группы прошли обучение и защитили ВКР.

В 2020 г. комплексная система подготовки обучающихся в ПГУПС в области высокоскоростного транспорта была представлена в Минобрнауки России для

получения статуса федеральной инновационной площадки, и его решением¹ ПГУПС признан федеральной инновационной площадкой международных образовательных программ опережающей подготовки кадров для высокоскоростных магистралей (ФИП ВСМ).

27 сентября 2021 г. Минобрнауки РФ на основе конкурса включил ПГУПС в числе 106 вузов страны в программу стратегического академического лидерства «Приоритет-2030». Ученые университета работают в рамках программы над двумя стратегическими проектами, имеющими непосредственное отношение к созданию ВСМ: «Безопасные экосистемы интеллектуальной транспортной инфраструктуры»

¹ Приказ Минобрнауки «Об утверждении перечня организаций, отнесенных к федеральным инновационным площадкам, составляющим инновационную инфраструктуру в сфере высшего образования и соответствующего дополнительного профессионального образования» № 1580 от 25 декабря 2020 г. (зарегистрированном Минюстом РФ 3 февраля 2021 г., рег. № 62355).

и «Новые технологии и материалы в строительстве». В ноябре 2023 г. комиссия Минобрнауки РФ одобрила работу ПГУПС по указанным научным программам.

Среди важнейших вопросов при создании ВСМ — управление движением и обеспечение безопасности перевозок. Эти направления научной и инженерной деятельности входят в число приоритетных в ИКИПС — ПГУПС на протяжении всей истории вуза. 5 декабря 2023 г. в Минобрнауки состоялась защита программы передовой инженерной школы ИСКРА² ПГУПС, по результатам которой конкурсная комиссия Минобрнауки включила университет в число 50 сильнейших вузов страны. ПГУПС стал участником федерального проекта «Передовые инженерные школы». На 2024 г. утверждено финансирование в объеме 230,4 млн рублей на создание и развитие школы ИСКРА в сотрудничестве с крупными промышленными партнерами — АО «РЖД», АО «Концерн ВКО „Алмаз-Антей“», АО «Трансмашхолдинг», АО «ВНИИАС».

В инженерной школе ИСКРА планируется создать принципиально новые системы безопасности для рельсового транспорта на базе интеграции стационарных и бортовых интеллектуальных систем передачи данных, включая радиоканалы.

Социально-политическая составляющая проектов ВСМ

Строительство ВСМ Москва — Санкт-Петербург и создание для нее специализированного пассажирского подвижного состава — это, безусловно, событие, выходящее за рамки конкретного транспортно-территориального проекта. Оно затрагивает многие стороны жизни и включает транспортно-технические, экономическое, культурные и политические аспекты.

Известно, что крупные инвестиционные проекты, такие как железнодорожные и автомобильные магистрали, газовые терминалы и газопроводы, морские и авиационные порты, большие мосты и тоннели, атомные электростанции и крупные гидроэлектростанции являются проектами с длительным периодом и сложными процедурами реализации. Их стоимость достигает многих миллиардов долларов, реализация затрагивает интересы тысяч, а порой и миллионов людей и влияет на большие территории. В силу этого такие проекты всегда включают политическую составляющую.

² Аббревиатура от «Интегрированные системы комплексной распределенной архитектуры для управления движением поездов».

Таблица 2. Основные показатели проекта ВСМ Москва – Санкт-Петербург [38]

Корреспонденция / Параметры (на 2030 год)	Пассажиропоток, млн пасс./год	Размеры движения, пар в сутки	Потребный парк ПС, ед.
Москва – Санкт-Петербург	16,32	33	27
Москва – Тверь	3,67	11	3
Санкт-Петербург – Великий Новгород	1,44	5	1
Транзитные поезда	0,67	3	–
Итого	23,29	52	31



Протяженность: **679 км**



Время следования
(без остановок) **2 ч 15 мин**



Максимальная скорость
400 км/ч



Суммарные инвестиции:
1,7 трлн руб.



Создание более **35 тыс.**
рабочих мест на этапе
строительства



Создание более **250 тыс.**
рабочих мест с учетом
эксплуатации ВСМ



Объем заказа для
строительной индустрии –
около **1,5 трлн руб. за 7 лет**

Многие транспортные проекты, к которым относятся и ВСМ, характеризуются тем, что не могут быть реализованы по частям. Необходимо создание некоего пускового комплекса, включающего практически полный набор элементов¹.

Из опыта осуществленных к настоящему времени высокоскоростных магистралей в мире следует важный вывод: реализация этих проектов должна поддерживаться на высшем политическом уровне страны. Проекты ВСМ состоялись тогда, когда полноту ответственности за них взяли первые лица государства, правящая политическая партия.

Это подтверждает история создания первых железных дорог в нашей стране, которые для своего времени, безусловно, были высокоскоростными. Так, император Николай I взял на себя ответственность за сооружение Петербурго-Московской железнодорожной магистрали и приобщил страну к передовым технологиям транспорта.

Президент страны В.В.Путин дважды в конце 2023 г.: на прямой линии с гражданами, совмещенной с пресс-конференцией с представителями СМИ, 14 декабря и в выступлении на IV Железнодорожном съезде 15 декабря — од-

¹ В отличие от обычной железной дороги, которую можно построить вначале однопутной, без электрификации, с упрощенным набором систем СЦБ и связи и т. п., линия ВСМ из-за особенностей обеспечения безопасности сразу строится двухпутной и со всем комплексом средств инфраструктуры. ВСМ может строиться пусковыми участками, что часто и делается, но каждый из них — законченный технический, технологический и эксплуатационный комплекс ВСМ.

нозначно высказался о необходимости и своевременности сооружения в стране ВСМ [34–36]: «Мы расширяем, как известно, БАМ и Транссиб, модернизируем другие магистрали и подходы к морским портам, включая Азово-Черноморский и Каспийский бассейны, одновременно начинаем масштабный проект по созданию сетей высокоскоростных железных дорог. В качестве первого шага такой маршрут должен кардинально сократить время в пути между двумя крупнейшими агломерациями нашей страны — Москвой и Санкт-Петербургом. Затем такие трассы должны соединить столицу с братской Беларусью, с Минском, Воронежем, Нижним Новгородом, Казанью, Екатеринбург, Ростовом-на-Дону, обеспечить доступность курортов Черноморского побережья — большую, лучшую доступность для наших граждан. И особо подчеркну: в перспективе, безусловно, будем строить их до Луганска и Донецка.

Планируется, что высокоскоростные магистрали пройдут по территориям, где живет более 111 миллионов наших граждан, а это 80 процентов населения страны» [36].

В складывающейся ситуации большое значение имеет социально-политическая поддержка указанных проектов со стороны общества. Важную работу в этом направлении начал Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова. По инициативе декана факультета политологии, профессора А. Ю. Шутова и заведующего кафедрой государственной политики профессора

В. И. Якунина 19 декабря 2023 г. состоялась научно-практическая конференция «День высоких скоростей. Общественно-политические аспекты реализации высокоскоростного железнодорожного движения в России», в которой приняли участие специалисты в данной области, включая одного из авторов данной статьи.

На конференции была отмечена необходимость активной работы СМИ по формированию позитивного отношения в обществе к указанным проектам. Была высказана идея объединения в этом направлении усилий профессоров, специалистов, студентов отраслевых железнодорожных вузов и классических университетов, в частности, высказано конкретное предложение о сотрудничестве студентов и ученых ПГУПС и факультета политологии МГУ.

Заключение

В России сложились необходимые и достаточные условия создания высокоскоростного железнодорожного транспорта — строительства первой специализированной ВСМ Москва — Санкт-Петербург. В ближайшее время должна быть сформирована, образно говоря, объемная матрица компетенций для подобного мегапроекта и адресная программа организаций и предприятий, способных ее реализовать.

Тяжелый урок, полученный Россией в результате санкций, показал цену чрезмерной ориентации на импортные закупки машин, оборудования, комплектующих без создания собственного производства. Сегодня ясно, что технологический суверенитет страны требует развития многих направлений производства, включая транспортное машиностроение, чтобы не повторилась «ошибка», каковой стал брошенный на заключительной стадии реализации проект поезда «Сокол». России нужен высокоскоростной подвижной состав собственного производства, и он, безусловно, будет создан.

Развитие железнодорожного транспорта, усиливающаяся с каждым годом специализация и разделение труда, в том числе в научных изысканиях, инженерном творчестве, привели к появлению в нашей стране многих центров компетенций в области железных дорог. В ПГУПС сегодня определились несколько приоритетных направлений научных исследований, инженерных разработок и подготовки кадров, представленные в данной статье.

Проект первой специализированной высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург должен стать катализатором объединения всех железнодорожных центров страны, гарантирующих создание в России самой передовой высокоскоростной железнодорожной транспортной системы в формате контракта жизненного цикла высокотехнологичной продукции [37].

Источники

1. История железнодорожного транспорта России: В 3 т. Т. 1: 1836–1917 / под ред. Е.Я.Красковского, М.М.Уздина. СПб.; М., 1994. 335 с.
2. High Speed Rail. Fast Track to Sustainable Mobility. UIC, Paris, 2018. 76 p.
3. High Speed Lines in the World. 2022 (Summary) Updated 1st October 2023. URL: https://uic.org/IMG/pdf/20231001_high_speed_lines_in_the_world.pdf.
4. Виноградов В. В., Теребнов О. В., Мельников П. П. Большая Российская энциклопедия: В 30 т. Т. 19. М.: Бол. Рос. энциклопедия, 2012. С. 669–700.
5. Мельников П. П. О железных дорогах. СПб.: Тип. Гл. упр. путей сообщ. и публич. зданий, 1835. 98 с.
6. Кербедз С. В., Мельников П. П. Отчет о поездке Корпуса инженеров путей сообщения подполковника Мельникова и Корпуса инженеров путей сообщения капитана Кербедза в западноевропейские страны в 5 т.: Введение. 126 с.; Англия, Шотландия и Ирландия. 514 с. + 38 с.; Бельгия и Германия. 184 с. + 74 с. + 21 с.; Франция. 442 с. + 32 с. [Рукопись] [1838]. СПб. (НТБ ПГУПС).
7. Мельников П. П. Описание в техническом отношении железных дорог Северо-Американских штатов: в 4 т., с атласом. Атлас чертежей к описанию железных дорог Северо-Американских Штатов. СПб.: Типогр. Гл. упр. путей сообщ. и публич. зданий, 1841. 93 л. (НТБ ПГУПС).
8. Шотлендер Я. В. История паровоза за сто лет. СПб., 1905.
9. Постройка и эксплуатация Николаевской железной дороги (1842–1851–1901 гг.): Краткий исторический очерк / Сост. управлением дороги. СПб.: Тип. Эрлих, 1901. 65 с.
10. Киселев И. П. Развитие высокоскоростного железнодорожного движения в России и СССР (середина XIX — конец XX века): дис. ... д-ра ист. наук. СПб., 2013.
11. Всемирное наследие Бетанкура: учеб. пособие / под ред. И. П. Киселева, А. Ю. Панычева, В. В. Фортунатова. СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2022. 576 с.
12. История: [Официальный сайт РУТ (МИИТ)]. URL: <https://www.miit.ru/org/history> (дата обращения 23.01.2024).
13. Выдающиеся профессора, сотрудники и выпускники Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, внесшие значительный вклад в создание и развитие Московского государственного университета путей сообщения Императора Николая II. Рукопись. 2017. (НТБ ПГУПС).
14. Киселёв И. П., Воронина М. М., Елисе-ев Н. А. и др. История Петербургского государственного университета путей сообщения: в 2 т. Т. 2. Кн. 1. С. 44–45.
15. Хейвуд Э. Инженер революционной России. Юрий Владимирович Ломоносов (1876–1952) и железные дороги / пер. с англ. Д. А. Косачевой. М.: ФГБОУ УМЦ ЖДТ, 2013. 444 с.
16. Шукин М. Н. Новый паровоз 2-3-2 // Трансп. машиностроение. 1937. № 2 (8). С. 3.
17. Раков В. А. Локомотивы отечественных железных дорог: 1845–1955. 2-е изд., перераб. М.: Транспорт, 1995. 564 с.
18. Гурский П. А. Результаты испытания первого паровоза. Основные характеристики паровоза 2-3-2 постройки Ворошиловградского паровозостроительного завода им. Октябрьской Революции // Трансп. машиностроение. 1938. № 3 (13). С. 3–13.
19. Шубин А. А. О новых типах моторвагонов // Электрификация железнодорожного транспорта. 1935. № 6. С. 7.
20. Фришман М. Высокоскоростные поезда на рельсовой колее // Сталинец [газета МИИТ]. 1934. 13 сент.
21. Романов В. Н. Сверхскоростной шара-электропоездный транспорт // Соц. транспорт. 1933. № 10. С. 63–74.
22. Вальднер С. С. Сверхскоростной поезд. М.: Трансжелдориздат, 1941. 66 с.
23. Совместное письмо Министерства путей сообщения СССР и ЦК Профсоюза работников железнодорожного транспорта от 24 марта 1964 г. (ЦГА СПб. Ф. 2275. Оп. 11. Д. 678. Л. 1).
24. Коновалова Н., Куценина Т., Ретюнин А., Юринов В. От ЭР-200 до «Сапсана». СПб.: ОМ-Экспресс, 2023. 288 с.
25. Решение совместного заседания ученых советов ЦНИИ МПС и ОНИИ от 11 марта 1977 г. (АОЖД. Ф. 2575. ОДПХ за 1976–1981 гг. Д. 330. Л. 192).
26. Ленинградская правда. 1984. 28 февр.
27. Государственный комитет СССР по науке и технике. Государственная научно-техническая программа. Перечень программ, одобренных Поста-новлением Совета Министров СССР от 30 декабря 1988 г. М., 1989. № 1474. (НТБ ПГУПС).
28. Система нормативных документов в строительстве. Стандарт предприятия. Нормы и технические условия проектирования высокоскоростной железнодорожной линии Санкт-Петербург — Москва. Официальное издание. Российское акционерное общество «Высокоскоростные магистрали» (РАО ВСМ). СПб., 1997. 32 с. (НТБ ПГУПС).
29. Нормы технические требования к проектированию и строительству высокоскоростной железнодорожной магистрали Санкт-Петербург — Москва. РДС 00–00–94. Официальное издание. Государственный комитет Российской Федерации по архитектуре и градостроительству (Гострой России). М., 1997. 129 с. (НТБ ПГУПС).
30. Коровкин В. М. Хроника создания поезда «Сокол». (Личный архив И. П. Киселева. НТБ ПГУПС).
31. Скоростной и высокоскоростной железнодорожный транспорт: В прошлом, настоящем и будущем. К 150-летию железнодорожной магистрали Санкт-Петербург — Москва: В 2 т. СПб.: Выбор. Т. 1. 2001. 320 с.; т. 2. 2003. 448 с.
32. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: учеб. пособие: в 2 т. / под ред. И. П. Киселева. М.: ФГБУ ДПО УМЦ ЖДТ, 2014. Т. 1. 308 с.; т. 2. 372 с.
33. Высокоскоростные поезда «Сапсан» В1 и В2: учеб. пособие / под ред. А. В. Ширяева. М.: ОАО «РЖД», 2013. 522 с.
34. Путин рассказал о преимуществах скоростной ж/д от Москвы до Петербурга // РИА Новости. 2023. 17 авг. URL: <https://ria.ru/20230817/doroga-1890638909.html> (дата обращения 23.01.2024).
35. Путин заявил, что проект ВСМ Москва-Петербург подошел к возможности реализации // Интерфакс. URL: <https://www.interfax.ru/russia/916715> (дата обращения 23.01.2024).
36. Выступление В. В. Путина на IV Железнодорожном съезде 15 декабря 2023 г. // <http://www.kremlin.ru/events/president/news/72996> (дата обращения 23.01.2024).
37. Валинский О. С., Посадов И. А., Гришанков В. В. Институционализация построения бизнеса в формате контракта жизненного цикла высокотехнологичной продукции: парадигма мышления. СПб.: Стратегия будущего, 2020. 239 с.
38. Предварительные материалы проекта ВСМ Москва — Санкт-Петербург. 2020. (НТБ ПГУПС).

Проектирование высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург: что сделано



А.И.Гурьев,
канд. ист. наук,
шеф-редактор журнала
«Транспорт Российской
Федерации», эксперт
Общественного совета
при Ространснадзоре

В Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I состоялся круглый стол, посвященный проблемам развития высокоскоростного движения в России. Специалисты рассказали о ходе проектирования первой в нашей стране ВСМ Москва — Санкт-Петербург.

Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г. [1] и Транспортная стратегия РФ на период до 2030 г. [2] предусматривают строительство высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург (ВСЖМ-1). В соответствии с данными планами в 2009 г. разработано обоснование инвестиций в строительство трассы, а в 2010 г. получено положительное заключение государственной экспертизы.

Врио губернатора Санкт-Петербурга А. Д. Беглов и генеральный директор — председатель правления ОАО «РЖД» О. В. Белозеров направили президенту России В. В. Путину обращение с предло-

жением поддержать начало проектирования магистрали. 10 апреля 2019 г. согласие главы государства было получено (рис. 1).

В июне 2020 г. генеральная проектная организация АО «Росжелезнодорожный проект» приступила к проектированию ВСЖМ-1 Москва — Санкт-Петербург. Управляет проектом Центр организации скоростного и высокоскоростного движения ОАО «РЖД», заказчиком выступает Дирекция по комплексной реконструкции железных дорог и строительству объектов железнодорожного транспорта ОАО «РЖД», техническим консультантом — АО «Скоростные магистрали».

Основные исполнители проекта — филиалы Росжелезнодорожного проекта, его ведущие институты: «Гипротранспуть», «Гипротрансигнализация» и «Трансэлектропроект», а также АО «Мосгипротранс», АО «Ленгипротранс» и другие, всего более 20 проектных и научно-исследовательских институтов. Отдельные работы выполняют ведущие отраслевые научно-исследовательские организации: ПГУПС, АО «НИИАС», АО «ВНИИЖТ» и другие.

Основные технические параметры магистрали были приняты согласно заданию на проектирование, утвержденному ОАО «РЖД» 6 февраля 2020 г.

Новая двухпутная линия протяженностью более 680 км строится специально для высокоскоростных пассажирских поездов, курсирующих с максимальной скоростью 350 км/ч, а на отдельных участках — до 400 км/ч. Время движения от Москвы до Санкт-Петербурга без остановок должно составить не более 2 ч 15 мин. На линии предусматривается 10 пассажирских станций (вместе с конеч-

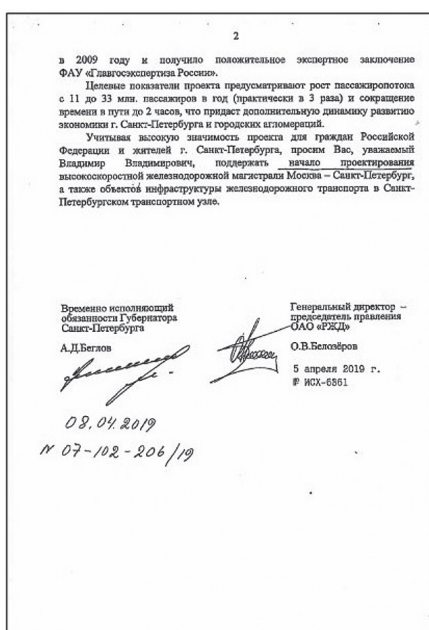
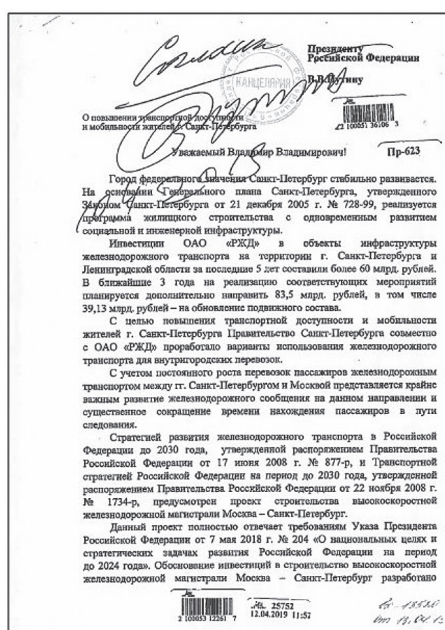


Рис. 1. Обращение врио губернатора Санкт-Петербурга А.Д. Беглова и генерального директора — председателя правления ОАО «РЖД» О.В. Белозерова к президенту России В.В. Путину

ными) и 2 технические. Пассажиропоток на 10-й год эксплуатации прогнозируется на уровне 25,3 млн человек (рис. 2).

Для обеспечения высоких скоростей на новой трассе допускается устройство кривых радиусом не менее 10 тыс. м, в трудных условиях — не менее 7,5 тыс. м.

На входах в Москву и Санкт-Петербург, где скорость будет не более 200 км/ч, путь планируется устраивать на балластном основании. На остальных участках линии предусматривается безбалластная конструкция. Величина наибольшего уклона составит 24 ‰.

При заходе в столицы электроснабжение планируется на постоянном токе 3 кВ, на остальной части линии — на переменном токе 25 кВ.

Максимальная статическая нагрузка высокоскоростных поездов составит не более 171,7 кН, (электропоездов — не более 226 кН, вагонов — не более 210 кН.).

Главные критерии при проектировании высокоскоростной магистрали:

- достижение социально-экономических эффектов (в виде дополнительных валовой добавочной стоимости и бюджетных доходов);
- максимальное удовлетворение потребностей в перевозке пассажиров;
- минимальное время нахождения пассажиров в пути;
- минимальный объем земляных работ по сооружению объектов;
- минимальное количество искусственных сооружений;
- наименьший снос жилой застройки;
- минимизация негативного воздействия на окружающую среду;
- наименьшая стоимость создания инфраструктуры.

Поскольку к началу работ отсутствовали нормативные документы, регламентирующие требования безопасности при проектировании подсистем инфраструктуры высокоскоростных линий со скоростью движения, установленной техзаданием, были разработаны, согласованы и 28 сентября 2021 г. утверждены Специальные технические условия (СТУ)

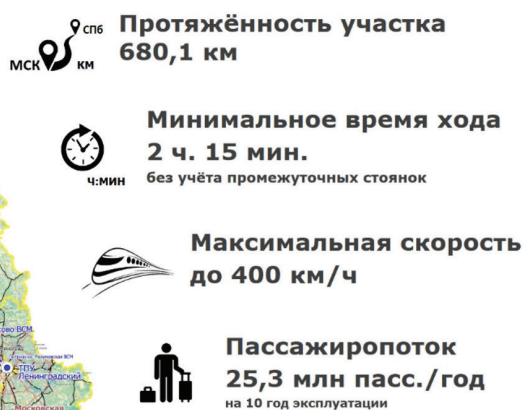


Рис. 2. Параметры проекта ВСЖМ-1 Москва – Санкт-Петербург

на проектирование, строительство и эксплуатацию ВСЖМ-1.

СТУ определили минимально необходимые требования к зданиям и сооружениям магистрали, а также к связанным с ними процессам проектирования (включая инженерные изыскания) и строительства, конкретизировали и уточнили существующие, а также восполнили недостающие требования документов в области стандартизации.

Соединяя две столицы, линия ВСМ пройдет по территории шести субъектов Российской Федерации (г. Санкт-Петербург, Ленинградская, Новгородская, Тверская, Московская области и г. Москва) с населением более 31 млн человек, что составляет около 21 % населения нашей страны. Это еще раз подчеркивает важность и актуальность данного проекта.

В соответствии с обоснованием инвестиций и заданием на проектирование определены населенные пункты, через которые (или вблизи которых) пройдет высокоскоростная железнодорожная магистраль. Предварительно проработанные варианты трасс рассмотрены и одобрены в рабочих группах, созданных в регионах правительствами областей, а также в комитетах градостроительства и архитектуры Москвы и Санкт-Петербурга.

По результатам рассмотрения вариантов трасс на Научно-техническом совете ОАО «РЖД» (НТС), состоявшемся в декабре 2020 г. при участии представителей администраций субъектов Федерации, была согласована позиция в отношении Новгородского варианта трассы (рис. 3).

Принятый вариант дороги проходит через транспортно-пересадочный узел (ТПУ) Великий Новгород. Вариант расположения учитывает:

- максимальное приближение к г. Великий Новгород;
- расположение аэропорта Кречевицы и перспективы его развития;
- минимальное отчуждение земельных участков, на которых расположены производственные и сельскохозяйственные предприятия, жилая застройка.

Также в рамках решений НТС зафиксировано, что ввод ВСЖМ-1 в Санкт-Петербург необходимо предусмотреть в едином коридоре с Октябрьской железной дорогой от ст. Обухово до ст. Санкт-Петербург-Главный, а ввод в Москву — в едином коридоре с ОЖД справа на участке Алабушево — Москва.

Протяженность участка ввода магистрали в Санкт-Петербург составит 11,8 км (Санкт-Петербург-Главный — Обухово II). В границах субъекта Федерации расположен участок от ст. Обухово II до ст. 28 км, проектируемый по нормам

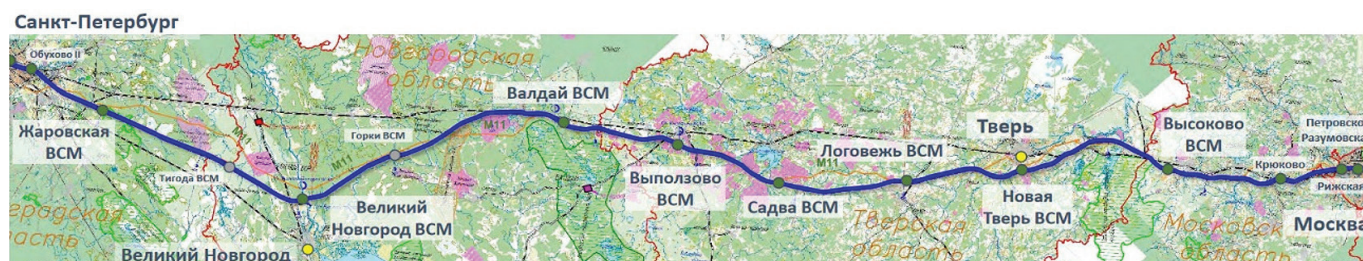


Рис. 3. Схема прохождения трассы через Великий Новгород



высокоскоростной линии. Таким образом, общая протяженность магистрали в границах Санкт-Петербурга составит 28 км. На данном участке планируется разместить пассажирский терминал на ст. Санкт-Петербург-Главный и ТПУ Обухово.

Участок ввода магистрали в Москву составит 43 км с учетом прохождения его части по территории Московской области. Проект предусматривает глубокую интеграцию в транспортную инфраструктуру города. Помимо пассажирского терминала Ленинградский на Комсомольской площади (площади трех вокзалов) предусматриваются ТПУ Рижская, Петровско-Разумовская и Крюково.

В настоящее время идет активная работа над проектом. В 2023 г. отчеты по инженерным изысканиям 5-го, 6 и 7-го этапов на участке Крюково (Алабушево) — Логовежь получили положительное заключение государственной эксперти-

зы. На участке Крюково (Алабушево) — Тверь разработана и утверждена документация по планировке территории (ДПТ). При этом проектная документация для участка Крюково (Алабушево) — Тверь 6-го и 7-го этапов готова для передачи на государственную экспертизу.

Это позволяет заранее начать строительство на участке от Москвы до Твери и использовать его как пилотный полигон для испытаний не только подвижного состава, но и новых, уникальных технологий, конструкций, оборудования, впервые применяемых на российских железных дорогах.

Напомним, что 15 февраля 2024 г. на заводе «Уральские локомотивы» (г. Верхняя Пышма) состоялось совещание по строительству высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург под руководством президента В. В. Путина, где глава государства высоко оценил значение проекта и поставил

перед его участниками ряд конкретных задач [3].

Т

Источники

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года // Министерство транспорта РФ: [Сайт]. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/1/1010> (дата обращения 15.02.2024).
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года // Министерство транспорта РФ: [Сайт]. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/3/1009> (дата обращения 15.02.2024).
3. Совещание по строительству высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург // Президент России: [Сайт]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/73467> (дата обращения 15.02.2024).

Нормативно-правовая база высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург



А. А. Альхимович,
заместитель главного
инженера — начальник
службы по техническому
и технологическому
развитию
АО «Росжелдорпроект»

При разработке проектной документации необходимо руководствоваться в первую очередь заданием заказчика, требованиями технических регламентов, федеральных законов и подзаконных правовых актов, национальных стандартов и сводов правил.

Основным документом для проектирования ВСЖМ является Технический регламент Таможенного союза «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» (ТР ТС 002/2011) [1].

Согласно решению Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 г. № 710 (с изменениями на текущую дату) [2], до дня вступления в силу Технического регламента Евразийского экономического союза, устанавливающего требования безопасности в отношении зданий и сооружений, оценка соответствия объектов инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта требованиям ТР ТС 002/2011 осуществляется в соответствии с законодательством государства — члена ЕАЭС.

В Российской Федерации особенности технического регулирования в области обеспечения безопасности зданий и сооружений устанавливаются Федеральным законом «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ. Его исполнение в настоящее время поддерживается применением стандартов и сводов правил обязательного и добровольного применения.

При недостаточности требований к надежности и безопасности, установленных национальными стандартами и сводами правил, разрабатываются специальные технические условия (СТУ). В данном случае СТУ «Проектирование, строительство и эксплуатация высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург (ВСЖМ-1)» были утверждены 28 сентября 2021 г. В процессе проектирования пришли к необходимости уточнить требования специальных технических условий с учетом изучения мирового опыта. В 2022 г. эта работа была выполнена, и 16 января 2024 г. Министром России согласован СТУ.

Также при проектировании учитываются все требования федеральных законов:



• «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» от 10 января 2003 г. № 17-ФЗ;

• «О транспортной безопасности» от 09 февраля 2007 г. № 16-ФЗ;

• «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ;

• «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25 июня 2002 г. № 73-ФЗ;

• «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ;

• других федеральных законов и санитарно-эпидемиологических и экологических норм и правил.

На текущий момент непосредственно для объектов ВСЖМ нормативная база только начинает создаваться. В частности, утвержден свод правил СП 453.1325800.2019 «Сооружения искусственных высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства» [3]. Также есть ГОСТы с требованиями к материалам контактной сети. В целом в 2021–2023 гг. были введены в действие следующие государственные стандарты:

• ГОСТ 34773-2021 «Системы технического диагностирования и мониторинга железнодорожной электросвязи высокоскоростных железнодорожных линий» (введен в действие с 1 июня 2022 г.);

• ГОСТ 34783-2021 «Средства технического диагностирования и мониторинга железнодорожного пути высокоскоростных железнодорожных линий» (с 1 июля 2022 г.);

• ГОСТ 34832-2022 «Средства технического диагностирования и мониторинга объектов электроснабжения высокоскоростных железнодорожных линий» (с 1 февраля 2023 г.);

• ГОСТ 34913-2022 «Система технического диагностирования и мониторинга железнодорожной автоматики и телемеханики высокоскоростных железнодорожных линий» (вводится с 20 июня 2024 г. с правом досрочного применения).

В 2018 г. ОАО «РЖД» был оформлен патент «Система для контроля и диагностики инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта» [4], но при разработке ГОСТов он не использовался, и его требования существенно отличаются от их требований.

К сожалению, в Российской Федерации пока отсутствует опыт строитель-

ства и эксплуатации высокоскоростных магистралей, а без него разрабатывать нормативные документы весьма проблематично.

В то же время имеется возможность использовать зарубежный опыт, в частности, стандартов Китая, Японии и европейских стран. При разработке СП 453.1325800 так и поступили, но в введенных выше ГОСТах это не было учтено.

Также следует отметить, что, согласно действующим федеральным законам, ВСЖМ относится к объектам с нормальным уровнем ответственности (КС-2). Однако это не отражает особенностей проектирования, строительства и эксплуатации данной линии, поскольку с учетом допустимых скоростей движения магистраль является уникальной и первой в России.

Согласно требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» [5], мониторингу в эксплуатации подлежат только объекты, отнесенные к классу ответственности КС-3, а к ним относятся особо опасные, технически сложные и уникальные объекты. Считаем необходимым инициировать внесение изменений в № 17-ФЗ «О железнодорожном транспорте» в части отнесения ВСЖМ к уникальным объектам.

Нужно признать, что требований Специальных технических условий на сегодня достаточно для проектирования высокоскоростной магистрали. Они разрабатывались с учетом нормативной базы других стран, а также особенностей наших климатических условий.

При этом в процессе проектирования возникала необходимость уточнить и скорректировать отдельные нормы, привести к единообразию используемые термины и определения, поэтому на сегодня подготовлены и уже согласованы Министерством строительства изменения к СТУ.

В то же время не хватает методик расчета под эти нормы и стандартов на материалы и изделия. Многие изделия и материалы, согласно требованиям ТР ТС 002/2011, подлежат обязательной сертификации.

В проектной документации можно применять материалы с литерой «О», но для этого нужны стандарты и выпуск опытных партий с дальнейшей сертификацией. А самое главное, необходим испытательный полигон, которым дол-

жен стать первый участок строительства ВСЖМ.

Помимо технической нормативной базы необходимо срочно внести изменения в сметно-нормативную базу, сборники и расценки на строительные работы и материалы. Пока закладываемые в проект технологии и материалы часто отсутствуют в действующей сметно-нормативной базе.

В целом следует отметить, что компания ОАО «РЖД» утвердила дорожную карту разработки нормативной, правовой и технической документации для проектирования и строительства высокоскоростных железнодорожных линий и подвижного состава на период до 2028 г., которая в наступившем году актуализирована и переутверждена с учетом доработанных требований СТУ.

Однако с учетом обозначенных темпов строительства первой линии ВСЖМ сроки разработки отдельных стандартов необходимо существенно ускорить. При этом непосредственное участие в разработке норм должны принять научно-исследовательские и научно-образовательные организации, имеющие квалифицированных специалистов и лабораторную базу.

Источники

1. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» (ТР ТС 002/2011). URL: <https://docs.cntd.ru/document/902293437> (дата обращения 23.01.2024).
2. Решение КТС от 15.07.2011 № 710 «О принятии технических регламентов Таможенного союза». URL: <https://www.alta.ru/tamdoc/11sr0710> (дата обращения 23.01.2024).
3. Сооружения искусственные высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564535718> (дата обращения 23.01.2024).
4. Система для контроля и диагностики инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2681779C1_20190312 (дата обращения 23.01.2024).
5. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115736> (дата обращения 23.01.2024).

Декомпозиция экономических критериев и задач при организации высокоскоростного железнодорожного движения



О. В. Ефимова,
д-р экон. наук,
заместитель директора
Института экономики
и финансов Российского
университета
транспорта
(РУТ (МИИТ)),



О. Н. Покусаев,
канд. экон. наук, директор
Российской открытой
академии транспорта,
директор Академии
«Высшая инженерная
школа» РУТ (МИИТ)

Высокоскоростное железнодорожное движение — приоритетное направление развития транспортной инфраструктуры России, однако реализация этого проекта требует существенных инвестиций.

Оценка эффективности инвестиций в развитие крупных объектов железнодорожной инфраструктуры с обоснованием участия государства и бизнеса в их финансировании — одна из центральных проблем экономической теории и практики. Важным направлением исследования такого многомерного и многоаспектного понятия, как «эффективность проектов развития высокоскоростного железнодорожного транспорта», выступает методология, в которую входят как разработка методических основ анализа инвестиционной привлекательности и целесообразности реализации этих проектов, так и оценка показателей эффективности для различных инвесторов государственно-частного партнерства (ГЧП).

Поскольку строительство высокоскоростных магистралей (ВСМ) зачастую рассматривается как часть национальных проектов более широкого масштаба, в качестве критериев успеха предлагается использовать не только коммерческие показатели, но и социально-экономические эффекты, возникающие при их реализации. Проводится обзор мирового опыта строительства и эксплуатации высокоскоростных магистралей с точки зрения факторов, определяющих успех или неудачу таких проектов [1–8]. Подробно проработаны теоретические и практические вопросы создания финансовых моделей, оценивающих создание ВСМ в России, позволяющие доказать экономическую целесообразность реализации данных проектов. В указанных исследованиях, а также в работах российских ученых решены следующие задачи:

- формирования методического обеспечения разработки модели оценки эффективности создания и эксплуата-

ции высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры, в том числе при долевом участии государства и частных инвесторов;

- оценки чувствительности показателей эффективности проектов к изменениям параметров денежных потоков с учетом полного жизненного цикла;

- разработки рекомендаций по выбору величины и диапазона изменения параметров обоснования проектов (коэффициентов дисконтирования, уровня инфляции, темпов роста доходной базы и т. п.).

Все эти исследования чаще всего имели макроэкономический характер и определяли методические подходы для обоснования финансирования проектов. Они опирались на прогнозные параметры пассажиропотока и стоимости проезда, а также показатели роста деловой активности причастных регионов. Такая логика в частности была заложена в финансовой модели проекта создания инфраструктуры участка Москва — Владимир магистрали Москва — Казань — Екатеринбург (ВСМ-2) с организацией движения до Нижнего Новгорода и возможной пролонгацией до Казани, разработанной в ОАО «РЖД», а также в модели магистрали Москва — Санкт-Петербург, разработанной в 2019 г. из расчета средневзвешенного тарифа в размере 3416 руб. в ценах 2018 г. При этом неоднократно отмечались риски невыполнения многих эффектообразующих параметров прогноза, например, объема спроса на пассажирские перевозки в планируемых поездках.

В настоящее время из-за санкционных ограничений на поставку и обслуживание скоростного подвижного состава перед транспортным комплексом

России поставлена амбициозная задача реализовать проект строительства ВСМ Москва — Санкт-Петербург с принципиально новыми параметрами высокоскоростного движения и использованием отечественного инновационного подвижного состава и транспортной инфраструктуры. Экономическое обоснование этого проекта находится на этапе структурирования финансово-экономической модели и определения организационно-правовой формы. Определены исходные параметры: стоимость строительства, объем и источники финансирования (из Фонда национального благосостояния и за счет внебюджетных источников без привлечения средств федерального бюджета).

В работе [9] отмечается, что при экономической оценке эффективности использования технических средств в условиях реализации крупномасштабных проектов развития железнодорожной инфраструктуры требуется детализировать расчеты для выявления резервов повышения этого показателя. Если сопоставить показатели, характеризующие пассажирские перевозки в дальнем следовании и высокоскоростные перевозки по таким параметрам, как амортизацион-, материало- и ресурсоемкость, производительность труда, то результаты оценки позволят более точно обосновать выводы и рекомендации по использованию технических средств, созданных при реализации крупномасштабного проекта. Однако эти показатели имеют укрупненный характер и не позволяют обосновывать некоторые инженерные решения и параметры, определяющие требования к создаваемым конструкциям подвижного состава и инфраструктуры, в том числе к решениям по выбору топологии сети ВСМ или максимальных допустимых скоростей движения поездов.

Взаимосвязь технических параметров ВСМ и экономических критериев

Не отрицая значимости формирования финансовой модели реализации проекта при использовании различных источников финансирования, считаем необходимым опережающими темпами построить экономическую модель инженерных решений в процессе проектирования нового подвижного состава, принятия конструктивных решений по верхнему строению пути и искусственным сооружениям, устройствам энерге-



Структурная схема взаимосвязи технических параметров ВСМ и экономических критериев

тики, СЦБ и связи в условиях эксплуатации высокоскоростных линий.

Следует отметить, что все основные технические параметры проектов ВСМ взаимосвязаны между собой, поэтому декомпозиция экономических критериев инженерных решений, образующих экономическую модель ВСМ (см. рисунок), характеризуется высокой степенью взаимосвязи всех элементов.

На верхнем уровне экономической модели отражены три блока инженерных решений, определяющих требования к конструктивным параметрам ВСМ, величина которых выбирается по экономическим критериям. Чаще всего при формировании требований обсуждаются вопросы параметров инфраструктуры и подвижного состава.

Однако мы считаем важным также включить блок, условно названный «График движения», в котором должны быть отражены требования к организации движения в условиях эксплуатации ВСМ с учетом специализированных железнодорожных линий. По нашему мнению, неправильно откладывать экспертизу подразделений, обеспечивающих управление движением, на этап завершения строительства. Ведь все ошибки проектных решений исправить будет уже невозможно или слишком затратно, и в конечном счете именно этап эксплуатации подтвердит или опровергнет прогнозную эффективность проекта ВСМ.

Поэтому на ранней стадии необходимо рассматривать вопросы оценки эффективности различных вариантов организации скоростных пассажирских перевозок, особенности разработки плана формирования и графика оборота по-

ездов, вопросы формирования «окон» для обслуживания инновационной транспортной инфраструктуры и др.

В зависимости от расстояния перевозки, используемого подвижного состава, способа сочетания грузового и скоростного пассажирского движения экономические параметры будут зависеть от выбранной концепции организации скоростного и высокоскоростного движения, а именно совмещения:

- скоростного пассажирского и грузового движения на главных путях с повышением скорости движения грузовых поездов и строительством специализированной линии высокоскоростного пассажирского движения;
- скоростного и высокоскоростного пассажирского движения на строящейся линии и выделения грузового движения по действующей линии Москва — Санкт-Петербург;
- различных видов скоростного и высокоскоростного сообщения на данном направлении.

В качестве экономических критериев выбора технологий организации высокоскоростного движения могут быть рассмотрены модифицированные критерии, сформированные в исследовании [10]:

- экономия затрат, связанных с пассажиро-часами в пути следования при повышении скорости перевозки пассажиров;
- доходы от сокращения срока доставки грузов при повышении скорости движения грузовых поездов на выделенных линиях;
- уменьшение доходов от обычных пассажирских перевозок и транспор-



тировки пассажиров в скоростных поездах;

- доходы от высокоскоростных пассажирских перевозок.

Однако ясно, что эти результаты не способны окупить высокие издержки на создание транспортной инфраструктуры и подвижного состава высокоскоростного транспорта.

На стоимость жизненного цикла объектов транспортной инфраструктуры влияют основные элементы, определяющие выбор трассы ВСМ, а также проектные решения в области:

- проектирования плана и профиля ВСМ;
- верхнего строения пути, включая расчеты бесстыкового пути;
- земляного полотна и его обустройство;
- искусственных сооружений (мостов и тоннелей);
- систем автоматики, телемеханики и связи;
- устройств энергоснабжения.

На выбор принципиального направления магистрали оказывают влияние социально-экономические, природные, технические и другие факторы и условия, многие из которых тесно связаны. Кроме того, при выборе трассы и точки входа линий ВСМ в крупные станции и узлы большое значение имеют согласование мнений администраций территорий, заказчиков, собственников земли и объектов, а также взаимодействие с другими видами транспорта.

В состав затрат на создание высокоскоростной транспортной инфраструктуры в ряде случаев необходимо включить инвестиции для дополнительного раз-

вития вокзальных комплексов, пересадочных узлов, аэропортов. Основными критериями оценки географии трассы ВСМ являются стоимостные, объемно-строительные, технические и социальные показатели, а также другие факторы.

При этом критерии социального характера отражают общественное мнение жителей регионов и территорий, требования местных и региональных администраций и т. п. Критерии проектного управления, связанные с выбором трассы, — объем строительных работ, стоимостные и энергоемкие показатели варианта строительства, эксплуатационные расходы и доходы. Безубыточность проекта определяется численностью населения, проживающего в регионе прохождения трассы, влияющая на потенциальный пассажиропоток.

К техническим факторам, которые влияют на направление и положение трассы, можно отнести такие важные параметры ВСМ, как установленная максимальная скорость движения поездов и руководящий уклон. Критерии выбора инженерных решений по проектированию верхнего строения пути определяются условиями обеспечения безопасности движения поездов с максимальными установленными скоростями.

Критерии выбора инженерных решений по объектам искусственных сооружений определяются в зависимости от аэродинамического воздействия движущегося высокоскоростного подвижного состава, скорости движения и положения конструкций. Величина аэродинамического воздействия зависит от квадрата скорости движения, аэродинамических характеристик подвижного состава, осо-

бенностей конструкции и ее положения относительно движущегося поезда.

При выборе конструктивных особенностей подвижного состава одним из ключевых параметров является нагрузка от осей колесных пар на железнодорожную инфраструктуру. Габариты российских вагонов ВСМ обусловлены отечественной шириной колеи и более жесткими, чем в Европе, климатическими условиями, поэтому при проектировании кузова и внутреннего оборудования поезда необходимо учитывать эти ограничения, влияющие на выбор композитных или облегченных материалов, что может отразиться на стоимости подвижного состава.

Особых критериев выбора конструктивных параметров подвижного состава и целевых скоростей движения требует эксплуатация двухсистемного подвижного состава ВСМ на переменном и постоянном родах тока. По приблизительным оценкам, данное оборудование подвижного состава удорожает его конечную стоимость до 10% и увеличивает техническую сложность проектного решения. Проектируя отечественный высокоскоростной подвижной состав, необходимо сформировать модель, которую можно было бы без дополнительной доработки эксплуатировать по российским техническим требованиям.

Экономические критерии обоснования инженерных решений проекта ВСМ

В отечественной теории при выборе рационального инженерного решения применялся критерий приведенных затрат. Их расчет позволяет сравнить

между собой и выбрать оптимальный вариант реализации проекта, а также сделать выбор на основе расходов — текущих (C) и единовременных, или капитальных (E_n). Прибыль будущих периодов и риски реализации проекта при этом не учитываются.

$$Z = C + E_n \times K \quad (1)$$

Приведенные затраты — сумма текущих расходов по эксплуатации проекта, которые переносятся на себестоимость продукции и единовременных затрат на создание инженерного проекта (капитальных вложений), приравненных к одной величине с помощью нормативного коэффициента (K).

С помощью метода приведенных затрат можно сравнить между собой следующие варианты:

- пути решения технологических задач;
- необходимые технические усовершенствования;
- способы повышения качества товара;
- оборудование разных моделей и производителей и др.

Если инвестиционный проект имеет меньшие приведенные затраты, чем у сравнимого альтернативного проекта, то с точки зрения сравнительной эффективности он считается более эффективным. Если снижение текущих затрат на эксплуатацию определенного варианта проекта ВСМ (инженерного решения) может быть достигнуто лишь при увеличении капитальных вложений, например, наращиванием инвестиций для более высокой скорости движения или снижения осевой нагрузки, и при этом прибыль реализации варианта инженерного решения неизвестна и несущественна, то вопрос об эффективности таких вариантов должен решаться соизмерением капитальных вложений с экономией на себестоимости (текущих затратах).

В действительности очень широкий круг инженерных технических решений при проектировании ВСМ является именно таким, что и доказывает возможность построения экономической модели оценки стоимости жизненного цикла по формуле приведенных затрат.

Это подтверждают и методические подходы для обоснования эффективности проектов ВСМ [1–3, 10], в которых денежные потоки проекта создания магистрали определены как затраты хозяйствующих субъектов, реализующих

строительство, эксплуатирующих магистраль и перевозящих пассажиров. Они включают:

1) единовременные (капитальные) затраты:

- на строительство железнодорожного пути (земляное полотно, искусственные сооружения, верхнее строение пути и др.);
- железнодорожное электроснабжение;
- закупку и установку железнодорожной автоматики и телемеханики;
- строительство зданий и сооружений, связанных с функционированием магистрали (вокзалов, станций, производственных сооружений);
- специальный высокоскоростной подвижной состав;

2) расходы, связанные с эксплуатацией и содержанием инфраструктуры и осуществлением пассажирских перевозок.

В условиях плановой экономики величина минимально допустимого дохода с рубля вложений (E_n) в формуле (1) устанавливалась централизованно и принималась единой для всех проектов. Современные экономисты признают полезность метода приведенных затрат и в условиях рыночной экономики для сравнения инженерных решений в одном отраслевом контексте, в частности при создании ВСМ [11, 12].

Наиболее эффективным вариантом капитальных вложений считается тот, реализация которого связана с минимальными капитальными затратами и обеспечивает наименьшую себестоимость продукции (наименьшие затраты в эксплуатации).

Отдельной проработки требует вопрос обоснования величины E_n , или альтернативной доходности, с применением нормы дисконта или средневзвешенной нормы доходности (стоимости) капитала. ■

Источники

1. Миронова И. А., Тищенко Т.И. Оценка эффективности проекта высокоскоростной магистрали с точки зрения общества // Труды ИСА РАН. 2019. Т. 69, № 2. С. 40–48.
2. Родченко В. А., Зандарашвили Д.С. Экономическая оценка развития высокоскоростного железнодорожного сообщения в России // Экономика железных дорог. 2015. № 3. С. 137–141.
3. Левитин И.Е. Государственно-частное партнерство в механизмах оценки инновационного потенциала развития

объектов транспортной инфраструктуры: дис. ... канд. экон. наук. М.: РГУИТП, 2008. 155 с.

4. Журавлева Н.А., Кльештик Т. Проблемы финансирования проектов развития транспортной инфраструктуры и основные инвестиционные тренды 2020 года // Транспортные системы и технологии. 2020. Т. 6, № 1. С. 129–145.
5. Волкова Е.М. Факторы, определяющие успех реализации проектов строительства высокоскоростных магистралей // Транспортные системы и технологии. 2020. Т. 6, № 2. С. 5–19.
6. Ефимова О. В., Фейло М.Б. Учет рисков и неопределенности при оценке эффективности проектов развития железных дорог // Доклад в ДВГУПС на Всерос. науч.-практ. конф. ученых транспортных вузов, инженерных работников и представителей академической науки (посвященной 75-летию университета) «Наука университета — инновации производства». Хабаровск, 2012.
7. Фейло М.Б. Структура показателей бюджетной эффективности инвестиций крупномасштабных проектов развития железных дорог // Вестн. транспорта. 2012. № 11. С. 7.
8. Бабошин Е. Б., Гонзалес-Лучинин Г. Бюджетные и социально-экономические эффекты проектов ВСМ // Труды III Междунар. науч.-практ. конф. «Развитие экономической науки на транспорте: скорость как экономическая категория». СПб.: ПГУПС, 2014.
9. Подсорин В. А., Завьялова Н.Ф. Экономическая оценка эффективности использования технических средств при реализации крупномасштабных проектов развития инфраструктуры железнодорожного транспорта // Transport business in Russia. 2016. № 2. С. 197–205.
10. Сидраков А.А. Организация скоростных пассажирских перевозок в дальнем сообщении: дис. ... канд. экон. наук. М.: МИИТ, 2012. 182 с.
11. Ястребинский М.А. Экономическое обоснование рыночного критерия приведенных затрат и результатов // ГИАБ. 2014. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskoe-obosnovanie-rynochnogo-kriteriya-privedennykh-zatrat-i-rezultatov> (дата обращения 03.01.2024).
12. Сироткин С. А., Кельчевская Н.Р. Приведенные затраты: есть ли будущее? // Вестн. УГТУ–УПИ. 2008. № 3. С. 12–18.

Экономическая оценка перспектив развития высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры в России



А. Д. Разуваев,
канд. экон. наук, доцент
кафедры «Экономика
транспортной
инфраструктуры
и управление
строительным бизнесом»
Российского университета
транспорта

ВСМ России необходимы! Об этом говорят итоги большинства отечественных научных и проектных наработок, являющихся результатом многолетних исследований. Но на пути создания полноценной высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры постоянно возникают барьеры. В связи с этим целесообразен обобщающий анализ проблем и перспектив развития этого вида транспорта с экономической точки зрения.

Высокоскоростные магистрали (ВСМ) по сути представляют собой новые железные дороги. Это означает, что траектория их становления и развития во многом совпадет с той, которую когда-то проходил и традиционный железнодорожный транспорт.

Создание ВСМ предполагает одновременное наличие таких составляющих, как стратегическое решение на уровне государства, предпринимательская инициатива, государственно-частный механизм инвестирования, преодоление различных рисков (таких как увеличение сроков строительства, низкие темпы оку-

паемости проекта, удорожание проекта, собственное производство и локализация необходимых инженерно-технических компонентов и др.), привлечение широкого спектра финансовых инструментов и т. д., т. е. все те же аспекты, которые были свойственны первым крупным инфраструктурным железнодорожным проектам в XIX в.

Наравне с этим необходима колоссальная ресурсная обеспеченность, связанная с реализацией пилотного проекта. Пилотным проектам ВСМ свойственна высокая внутри- и межвидовая конкуренция: высокоскоростные линии встраиваются в существующие насыщен-



ные пассажиропотоки, поддерживаемые железнодорожным, автомобильным и воздушным транспортом, и занимают конкурентную нишу по дальности перевозки 500–1000 км.

Макробарьеры реализации проектов ВСМ

Под макробарьерами в данном случае понимаются сложившиеся объективные социально-экономические причины, затрудняющие создание высокоскоростной инфраструктуры и подвижного состава. К таким барьерам, имеющим общемировое распространение, можно отнести низкий пассажиропоток, невысокую численность населения и значительную территорию страны (следовательно, низкую плотность населения), сложные природно-климатические условия, отсутствие или слабое развитие скоростного полигона движения, являющегося переходным звеном к ВСМ.

Безусловно, число влияющих факторов может быть и больше, но определяющими являются низкая численность населения и значительная территория страны. Государства с развитой экономикой, в которых существуют эти два макробарьера, не имеют высокоскоростных магистралей: Россия, Канада, США, Бразилия, Австралия. Отсутствие одного или обоих обозначенных факторов позволило экономически развитым странам стать лидерами по созданию и эксплуатации ВСМ: Китай, государства ЕС, Япония.

Еще одной немаловажной особенностью является то, что страны, в которых отсутствует высокоскоростная сеть, исторически специализируются на грузовых перевозках с совмещенным видом движения, тогда как, например, Евросоюз и Япония — на выделенном пассажирском движении.

Тем не менее, из всех государств, где до сих пор отсутствует сеть ВСМ, у России наиболее благоприятные перспективы ее создания, поскольку даже с учетом значительной конкуренции со стороны воздушного и автомобильного транспорта объем пассажирских перевозок и пассажирооборот отечественных железных дорог остается значительным, и они конкурентоспособны на этом рынке [1].

ВСМ и тенденции железнодорожного строительства в России

Следует отметить, что отсутствие в нашей стране полигона высокоскоростного движения сопровождается долгосрочной

тенденцией стабилизации отечественной сети железных дорог по протяженности [2, 3]. То есть с момента распада СССР она практически не прирастала, и эксплуатационная длина российских железных дорог составляет приблизительно 86 тыс. км [4].

Такая интенсивная эксплуатация действующей инфраструктуры РЖД не в полной мере соответствует экономически значимым трендам инфраструктурного развития, а также третьей фазе эволюции железных дорог [5], заключающейся в специализации железнодорожных линий, создании полигона тяжеловесного и высокоскоростного движения, что подразумевает строительство новых железнодорожных путей и создание соответствующей инфраструктуры.

При этом строительство высокоскоростных железных дорог — грандиозный проект, требующий стратегических и экономически обоснованных решений [6]. Опыт таких стран, как Франция, Германия, Испания, Италия, Япония и Китай, свидетельствует о необходимости привлекать значительные ресурсы для создания даже одной линии ВСМ.

Особенно увеличение инвестиционных затрат требуется там, где отсутствует материально-техническая база реализации таких проектов, т. е. когда в инвестиции де-факто включаются затраты на разработку и экспертизу проекта, создание (закупку) инновационных технологий, привлечение высококвалифицированных специалистов, приобретение специализированных машин и механизмов и многое другое.

Отдельного изучения требует вопрос формирования единой для страны нормативной базы на строительство инфраструктурных объектов ВСМ, поскольку это предполагает во многом новый подход к ведению строительных работ, в связи с чем требуется совершенствовать нормативную базу, в частности, разрабатывать нормы и нормативы затрат ручного и машинного времени, материалов, технологий производства работ.

С технической и технологической точек зрения один из основных вариантов исполнения линии ВСМ (по примеру зарубежных стран) — «бетонный путь», что отличает ее от традиционных железнодородных линий. Под бетонным путем понимается комплекс сооружений линейно-протяженной инфраструктуры: железобетонные верхнее строение пути (безбалластный путь), искусственные сооружения и эстакадное исполнение нижнего строения пути.

Строительство участков ВСМ на эстакаде или полностью эстакадный вариант линии широко применяется в мировой практике, поскольку сохраняется пространственная мобильность, возможность использования в сложных инженерно-геологических условиях, удобство создания прямых участков и кривых больших радиусов (что соответствует требованиям максимального спрямления высокоскоростной линии) и благодаря другим преимуществам.

Особенности такого варианта строительства инфраструктуры, а также его преимущества и недостатки подробно изложены в работах [6–11]. В любом случае выбирать вариант исполнения инфраструктуры ВСМ необходимо с учетом влияющих факторов и вариантов проектных решений, а при непосредственном строительстве объектов нужен постоянный контроль за проведением работ и их высоким качеством.

Механизм инвестирования в проекты ВСМ

Как показывает зарубежный опыт, наиболее распространенный (и уже ставший традиционным) вариант инвестирования в создание высокоскоростных магистралей — государственно-частное партнерство (ГЧП). Привлечение только частных инвестиций в создание специализированной капиталоемкой пассажирской инфраструктуры затруднительно, а использование 100% государственных средств создаст значительную единовременную нагрузку на бюджет и автоматически переместит проект в разряд социальных, поэтому формат ГЧП является приоритетным не только из-за рассредоточения финансовой нагрузки (и, как следствие, кредитной нагрузки) на экономических субъектов, но и в связи с синергетическим эффектом, который возникает при участии в проекте нескольких заинтересованных сторон [12, 13].

Удельный вес участия в проекте можно распределить следующим образом. Чем выше уровень коммерческой эффективности линии, тем больший ожидаемый процент участия в проекте ВСМ частных инвестиций, соответственно, оставшийся объем придется на бюджет. В ситуации с низкой инвестиционной привлекательностью распределение инвесторов возможно по такому варианту: бюджетные средства — основа проекта, а доля частных инвестиций привлекается для ускорения его реализации с обеспечением государством определенной доходности на вложен-



ный капитал, что сделает вложения инвесторов априори окупаемыми. Из истории железнодорожного строительства в нашей стране известно, что именно по такой схеме финансирования были реализованы многие крупные проекты [14, 15].

В проектах ВСМ бюджетные средства решают еще одну важнейшую задачу: они играют роль (пользуясь автомобильной терминологией) стартера во всем проекте, тем самым позволяют фактически начать и реализовывать стройку [16]. Да, это дорогостоящие проекты, которые требуют четких и взвешенных решений, а механизм инвестирования, как правило, один — ГЧП, причем каждый случай специфичен [16]. Но нужно понимать, что без пилотного проекта, отсутствия полигона ВСМ и реальных данных по эксплуатации этот вид движения и соответствующая инфраструктура так и останутся дорогостоящими, а отдаление по времени реализации проекта не сделает его дешевле.

Пассажирские перевозки убыточны?

Устоявшееся положение об убыточности пассажирских перевозок [17, 18] невольно распространяется и на ВСМ. Конечно, доходы и рентабельность отечественных железных дорог в части пас-

сажирских перевозок несравнимы с грузовыми, но при этом те направления, которые генерируют значительный и равномерный по времени пассажиропоток (например, Москва — Санкт-Петербург), могут быть прибыльными.

Вопрос в другом — в структуре прибыли и ее получателе. Если это прибыль только от продажи билетов, то даже самой загруженной линии в нашей стране понадобятся десятилетия, чтобы достичь окупаемости. А если прибыль в широком понимании — это агломерационные эффекты, рост человеческого капитала, монетизация стоимости пассажира-часа, результаты деловых поездок и другие транспортные и внетранспортные эффекты [19, 20], то окупаемость ВСМ — вопрос не столь далекого будущего. Но только получатель этой прибыли — не перевозчик, не оператор, а города, агломерации, регионы и страна в целом. Это положение в очередной раз подтверждает тезис о том, что создание высокоскоростных магистралей — задача государственно-частного партнерства [21].

ВСМ-эффекты

Помимо традиционно рассматриваемых социально-экономических эффектов при реализации проектов ВСМ, таких как финансовая эффективность, сокращение времени в пути, агломерационное раз-

витие, создание дополнительных рабочих мест, мультипликативный эффект, возможно достижение и других факторов [6, 22–25]. Например, можно выделить эффект, связанный с накоплением опыта эксплуатации и научного сопровождения проектов ВСМ. Отсутствие высокоскоростного полигона в единой транспортной системе страны — это потери в научном и практическом знании. Даже один небольшой участок, соединяющий два крупных города, может дать огромный прирост знаний по экономике, техническим и отраслевым наукам. Именно так начинали страны-лидеры в этой сфере.

Наибольшую экономическую эффективность и социально-экономические эффекты линии ВСМ генерируют в развитых городских агломерациях и тех отраслях, где стремительно растет человеческий капитал — ИТ-сфера, образование, сфера услуг [16]. Очевидно, что не столь чувствительны к появлению ВСМ такие отрасли, как добыча полезных ископаемых и тяжелая обрабатывающая промышленность, ориентированные в большей степени на грузовое движение.

Еще один потенциальный источник экономических эффектов от создания инфраструктуры ВСМ — возможность организовать высокоскоростные грузовые перевозки. Перспективные для железных дорог грузы, обладающие значительной

потребительской ценностью и чувствительными к срокам доставки, можно перемещать на высоких скоростях движения [26]. При этом макроэкономическое значение ускорения грузовых перевозок заключается в снижении потерь от замораживания оборотного капитала, воплощенного в транспортируемых товарах [6, с. 202; 27].

Что касается индуцирования пассажирских перевозок за счет организации ВСМ, то оно может быть не столь значительным из-за разнонаправленности векторов агломерационного развития. Например, если в регионе происходит отток населения в другие субъекты страны или транспортные исследования в течение нескольких лет показывают снижение транспортной подвижности населения региона, то существует значительный риск невыхода на проектные объемы пассажирских перевозок. Тем не менее, при правильном выборе проектных альтернатив ВСМ может значительно повысить региональную транспортную подвижность и привлечь значительное число пассажиров.

Также ВСМ генерирует большое число внешних (внетранспортных) эффектов, не все из которых подлежат количественной оценке и полностью предсказуемы [28, 29]. Сложно представить, что при проектировании в XIX в. дороги Санкт-Петербург — Москва и Транссибирской магистрали мог существовать полный перечень внешних эффектов от их реализации, в том числе «вековых» [30], которые в итоге стали катализатором экономического роста в стране. Основным обоснованием этих проектов являлось их соответствие требованиям времени, а также государственная и общественная необходимость [15, 31].

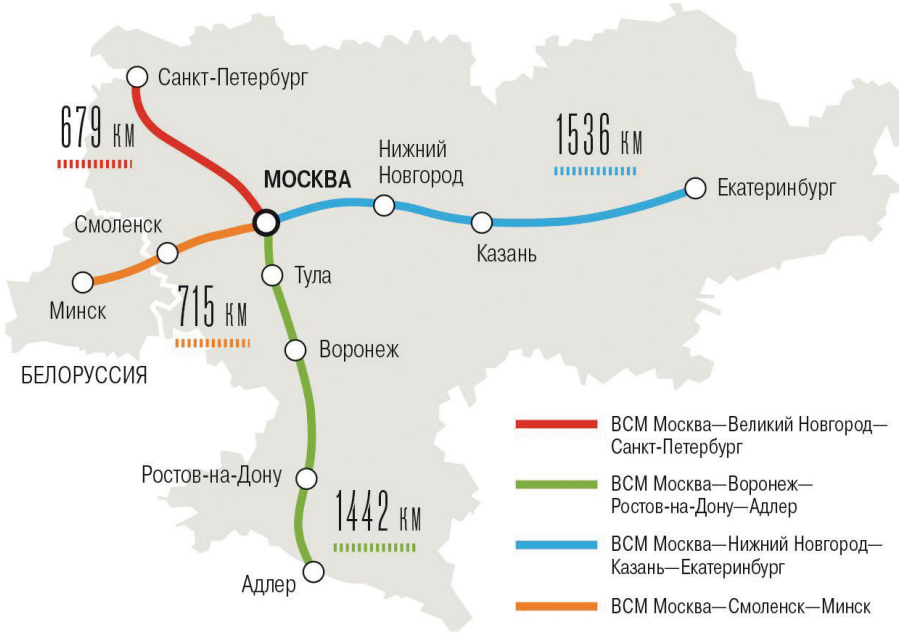
Российские проекты ВСМ

К наиболее актуальным и перспективным проектам ВСМ, имеющим определенный (существенно различающийся) уровень проработки, можно отнести следующие:

- Москва — Санкт-Петербург;
- Москва — Адлер;
- Москва — Казань — Екатеринбург;
- Москва — Минск.

Основные экономические характеристики проектов приведены в таблице и на рисунке.

Наиболее перспективно для создания ВСМ-инфраструктуры направление из Москвы в Санкт-Петербург. Эта линия имеет наибольшую стартовую готовность



Перспективная сеть ВСМ в России до 2030 г. [34]

для организации высокоскоростного сообщения, а также ряд других факторов, о которых будет сказано ниже.

Далее по приоритетности следуют проекты до Минска и в направлении южных регионов (до Адлера). Первый встраивается в насыщенную автодорожную инфраструктуру и проходит по территориям с высокой плотностью населения, второй имеет значительный прогнозный пассажиропоток, в основном в период отпусков, но существенные риски неравномерной загрузки магистрали и сложности технического обслуживания в остальное время.

Развитие ВСМ на восток страны (до Екатеринбурга) — наиболее неоднозначный проект. С одной стороны, это возможность достижения долгосрочных экономических, социальных, агломерационных эффектов, развитие внутренней транспортной подвижности, частичное высвобождение существующей инфраструктуры под грузовое движение. С другой — риски, связанные с тенденцией концентрации экономически активного населения в центральной части страны и сложные природно-климатические условия. Также надо учитывать усиливаю-

щуюся транспортную конкуренцию на данном направлении с началом активного строительства и ввода в эксплуатацию участков автомобильной трассы М-12. Поэтому необходима дополнительная макроэкономическая оценка, учитывающая урбанизацию, трудовую миграцию, конкурентоспособность магистрали и частоту (насыщенность) деловых поездок в этом направлении.

Москва — Казань

Если сегодня самым обсуждаемым и перспективным проектом является «Москва — Санкт-Петербург» [34], то 10 лет назад таковым был «Москва — Казань». С 2014 г. велись важные проектные и научные разработки для создания этой магистрали, выполнены значимые социально-экономические оценки [35, 36]. К сожалению, проект так и не был реализован, но результатом его разработки стало формирование обширной базы знаний по организации в сети отечественных железных дорог высокоскоростного сообщения [6, с. 218]. Таким образом, проектные и научные наработки по ВСМ «Москва — Казань» должны стать основой создания ВСМ «Москва — Санкт-Петербург».

Основные экономические характеристики проектов российской сети ВСМ

Проект	Стоимость проекта*, трлн руб.	Протяженность линии, км	Стоимость 1 км линии, млрд руб.	Время в пути (час.мин)
Москва — Санкт-Петербург	1,7	679	2,5	2.15
Москва — Адлер	3,2	1442	2,2	7.50
Москва — Казань — Екатеринбург	4	1536	2,6	6.36
Москва — Минск	1,9	715	2,7	3.04

*На основании источников [32, 33] в прогнозных ценах 2030 г.

При этом и сам проект сооружения высокоскоростной линии до Казани (с продлением до Екатеринбурга) не потерял своей актуальности и входит в четверку потенциально востребованных магистралей. Дополнительная актуальность возникла в связи с изменением пространственной конфигурации отечественного и мирового транспортного рынка и переориентацией грузовых потоков и пассажирских перевозок внутри страны и в направлении стран Азии.

Москва — Санкт-Петербург

ВСМ «Москва — Санкт-Петербург» — это самая очевидная, прогнозируемая и ожидаемая к реализации магистраль, история проектирования которой насчитывает не одно десятилетие. Идея создания на данном направлении высокоскоростного сообщения активно обсуждалась еще в 1960-х гг. [34]. Итогом стремления к ускорению пассажирского движения на направлении Москва — Ленинград стал запуск в 1984 г. регулярного скоростного электропоезда ЭР200 со скоростью движения до 200 км/ч.

Направление Москва — Санкт-Петербург — исторически сложившийся полигон скоростного сообщения в нашей стране [6, с. 209–212; 37, с. 32]. Скоростная эволюция и организация движения еще в 1901 г. курьерских поездов со скоростью до 110 км/ч [38, с. 27], а в современности — упомянутого ЭР200, а также «Ласточки» и «Сапсана» — тому доказательство.

Еще одной важной особенностью данной линии, которую отмечали еще участники второй конференции по проблемам развития высокоскоростного железнодорожного транспорта в СССР в 1990 г. [39], является проблема совмещенного движения, связанная с интенсивной эксплуатацией линии как для грузовых, так и для пассажирских перевозок. Снятие с графика движения грузовых поездов для пропуска скоростных пассажирских составов ощутимо влияет на достижение экономического эффекта освоения товарной продукции в зонах тяготения магистрали и удовлетворение запросов грузоотправителей и получателей продукции. В связи с этим давно существует необходимость создания специализированной выделенной высокоскоростной пассажирской инфраструктуры с перспективой разделения по линиям грузового и пассажирского потоков. К тому же данное направление является северным участком более

крупного инфраструктурного комплекса «Центр — Юг» [40, с. 34].

Международный опыт, тенденции эволюции железных дорог, а также многочисленные социально-экономические и коммерческие эффекты [25, 41] свидетельствуют о приоритетности специализированных ВСМ. Сеть выделенных высокоскоростных линий создана в Германии, Франции, Италии, Испании, Китае и других странах [42].

В нашей стране есть все необходимые составляющие для создания ВСМ между двумя крупнейшими агломерациями. Следовательно, необходимо использовать накопленный опыт исследований и эксплуатационные данные полигона скоростного движения, международную практику и современные технологии для реализации одного из самых востребованных отечественных проектов.

Заключение

Создание в России ВСМ — назревшая необходимость, поскольку отставание от стран, активно эксплуатирующих существующие линии и строящих новые участки высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры, составляет в среднем больше 20 лет [43].

Высокоскоростные железные дороги соответствуют мировой парадигме повышения экологичности на транспорте и концепции устойчивого развития [20, 44, 45], а технические устройства и системы, применяемые при создании высокоскоростной инфраструктуры и подвижного состава, направлены на инновационно-ориентированное развитие отрасли [46, 47], необходимость которого учтена в долгосрочных транспортных стратегиях [48–50].

Комплексная экономическая оценка перспектив развития высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры в нашей стране показала, что снять кальку с европейской или китайской моделей ВСМ невозможно: нет китайского пассажиропотока и европейской плотности сети и небольшой дальности перевозки. Необходимы многовариантное проектирование с учетом лучших мировых практик, адаптация возможных транспортных подсистем и создание уникального проекта для российского транспортного рынка.

С учетом проведенного в работе анализа, а также в соответствии с общемировой тенденцией развития сети ВСМ таким проектом в ближайшее время должно стать долгожданное создание магистрали Москва — Санкт-Петербург.

Источники

1. Транспорт (перевозки пассажиров; пассажирооборот). URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения 05.01.2024).
2. Мачерет Д. А., Кудрявцева А. В. Проблема сбалансированности спроса и предложения грузовых железнодорожных перевозок // Экономика железных дорог. 2022. № 2. С. 13–24.
3. Мачерет Д. А., Разуваев А. Д. Макроэкономическая оценка инфраструктурного фактора обеспечения железнодорожных перевозок // Транспортное дело России. 2023. № 4. С. 31–33.
4. Транспорт (эксплуатационная длина и плотность железнодорожных путей общего пользования (с 2000 г.)). URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения 05.01.2024).
5. Липидус Б. М., Мачерет Д. А. Макроэкономическая роль железнодорожного транспорта: Теоретические основы, исторические тенденции и взгляд в будущее. М.: КРАСАНД, 2014. 234 с.
6. Разуваев А. Д. Экономическая оценка создания, эволюции и стратегического развития транспортной инфраструктуры (на примере железнодорожного транспорта): моногр. М: Прометей, 2021. 286 с.
7. Разуваев А. Д., Цыпин П. Е. Оценка экономической эффективности строительства безбалластного пути на эстакадах // Экономика железных дорог. 2016. № 2. С. 81–85.
8. Разуваев А. Д. Методология экономической оценки сооружения транспортной инфраструктуры в мегаполисах // Транспорт РФ. 2019. № 4 (83). С. 18–21.
9. Мачерет Д. А., Разуваев А. Д. Экономическая оценка инновационных конструкций пути // Экономика железных дорог. 2016. № 11. С. 56–60.
10. Цыпин П. Е., Разуваев А. Д. Безбалластная конструкция пути: история, современность, перспективы развития в России // Транспорт РФ. 2018. № 1 (74). С. 66–70.
11. Савин А. В., Разуваев А. Д. Сферы применения безбалластного пути // Вестн. ИПЕМ: Техника железных дорог. 2016. № 3(35). С. 32–41.
12. Мачерет Д. А. Инвестиции государства в инфраструктуру: методология оценки // Мир транспорта. 2013. Т. 11, № 4 (48). С. 14–19.
13. Родченко В. А., Саркисов А. Э., Зандарашвили Д. С. Государственно-частное партнерство — основа развития высокоскоростных магистралей в России

- // Евразийский союз ученых. 2015. № 2–5(11). С. 30–35.
14. Гавлин М.Л. Династия фон Мекк. «Железнодорожные короли» и меценаты. М.: Новый хронограф, 2016. 216 с.
15. Вульф А. История железных дорог Российской империи. М.: Рипол Классик, 2016. 744 с.
16. Горбунов А. Не волшебная палочка // Эксперт. 2019. № 23. С. 48–51.
17. Железнодорожный транспорт. URL: <http://government.ru/rugovclassifier/539/main/> (дата обращения 05.01.2024).
18. Убыточность пассажирских перевозок в пригородном сообщении является препятствием на пути к повышению их качества. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?accessible=true&id=46141> (дата обращения 05.01.2024).
19. Липидус Б.М. Будущее транспорта. Мировые тренды с проекцией на Россию. М.: Прометей, 2020. 226 с.
20. Мишарин А. С., Антонова Л.С. Развитие высокоскоростных технологий как фактор экономического роста страны и регионов // Экономика железных дорог. 2022. № 2. С. 25–34.
21. Мачерет Д.А. Экономические записки об отечественных железных дорогах // Отечественные записки. 2013. № 3 (54). С. 162–178.
22. Пятаев М.В. Региональные эффекты проектов высокоскоростных железнодорожных магистралей // Мир транспорта. 2016. Т. 14, № 3(64). С. 132–141.
23. Мачерет Д. А., Разуваев А.Д. Экономические аспекты развития высокоскоростной транспортной инфраструктуры // Экономика железных дорог. 2018. № 6. С. 48–57.
24. Разуваев А. Д., Зандарашвили Д.С., Саркисов А.Э. Повышение эффективности строительства ВСМ // Экономика железных дорог. 2016. № 3. С. 86–94.
25. Бубнова Г.В., Федоров Ю.Н. Об эффектах специализации железнодорожных линий // Мир транспорта. 2012. Т. 10, № 6 (44). С. 62–69.
26. Мачерет Д.А. Оценка долгосрочной перспективности структуры грузовых железнодорожных перевозок // Вестн. ВНИИЖТ. 2021. Т. 80, № 4. С. 233–239.
27. Мачерет Д.А. Экономическое значение, тенденции и перспективы повышения скоростей движения на железнодорожном транспорте // Бюл. Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2013. № 2. С. 13–23.
28. Мачерет Д.А. Методологические проблемы экономических исследований на железнодорожном транспорте // Экономика железных дорог. 2015. № 3. С. 12–26.
29. Мачерет Д.А. Неопределенность будущего как фундаментальная проблема долгосрочного развития транспорта // Мир транспорта. 2019. Т. 17, № 6 (85). С. 6–19.
30. Мачерет Д. А., Разуваев А.Д. Научные проблемы оценки экономической эффективности инвестиций в проекты транспортной инфраструктуры с длительным жизненным циклом // Бюл. ученого совета АО «ИЭРТ». 2020. № 5. С. 31–44.
31. История железнодорожного транспорта России Т. 1: 1836–1917 гг. СПб., 1994. 336 с.
32. Что нам стоит путь построить. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6224409?query=всм> (дата обращения 05.01.2024).
33. Создание четырех ВСМ оценивается почти в 11 трлн рублей. URL: <https://www.interfax.ru/russia/921643> (дата обращения 05.01.2024).
34. Как будет работать новая железная дорога из Москвы в Санкт-Петербург. URL: <https://www.vedomosti.ru/gorod/ourcity/articles/kak-novaya-zheleznaya-doroga-iz-moskvi-v-sankt-peterburg-sokraschaet-prostranstvo> (дата обращения 05.01.2024).
35. Мишарин А.С. Высокоскоростной железнодорожный транспорт как ключевой фактор развития транспортной системы России // Транспорт РФ. 2015. № 7 (57). С. 7–10.
36. Мишарин А.С. Высокоскоростные магистрали – артерии российского гигаполиса // Транспорт РФ. 2016. № 2–3 (63–64). С. 7–10.
37. Саввов В.М. Актуальность сооружения высокоскоростной линии «Ленинград – Москва» // Проблемы развития высокоскоростного железнодорожного транспорта в СССР: материалы II конф. Ленинград, 1990. С. 32–34.
38. Зайцев А.А. Развитие скоростного движения на Октябрьской магистрали // Проблемы развития высокоскоростного железнодорожного транспорта в СССР: материалы II конф. Ленинград, 1990. С. 27–30.
39. Проблемы развития высокоскоростного железнодорожного транспорта в СССР: материалы II конф. Ленинград, 1990. 112 с.
40. Данильчик Л.Н. Технико-экономическое обоснование высокоскоростной линии // Проблемы развития высокоскоростного железнодорожного транспорта в СССР: материалы II конф. Ленинград, 1990. С. 34–38.
41. Липидус Б.М. Социально-экономические предпосылки создания в России высокоскоростного железнодорожного сообщения // Бюл. Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2013. № 2. С. 9–12.
42. Гринемайер А. А., Аникин И.Б., Парфененко Р.Е., Изварин М.Ю. Перспективы развития сети высокоскоростных железных дорог в мире на ближайшее десятилетие // Изв. ПГУПС. 2022. Т. 19. Вып. 2. С. 259–265.
43. Разуваев А.Д. Методология оценки упущенных эффектов от отдаления строительства ВСМ // Экономика железных дорог. 2019. № 12. С. 30–39.
44. Мачерет Д. А., Разуваев А.Д., Ледней А.Ю. Обеспечение эффективной деятельности железнодорожного транспорта и решение задач устойчивого развития экономики // Наука и образование: будущее и цели Устойчивого развития: материалы XVI междунар. науч. конф. В 4 ч., Москва, 27 ноября 2020 г. Т. 3. Москва: Московский ун-т им. С.Ю.Витте, 2020. С. 234–246.
45. Родченко В.А., Зандарашвили Д.С. Учет экологических факторов при развитии системы высокоскоростного железнодорожного движения // Транспортное дело России. 2017. № 2. С. 137–140.
46. Измайкова А.В. Экономическая оценка инновационно-ориентированного развития железнодорожного транспорта: дис. ... канд. экон. наук. М., 2016. 182 с.
47. Мачерет Д. А., Кудрявцева А.В. Развитие методологии экономической оценки и отбора инноваций на железнодорожном транспорте // Экономика железных дорог. 2023. № 6. С. 13–23.
48. Стратегия научно-технического развития холдинга «Российские железные дороги» на период до 2020 года и на перспективу до 2025 года. М., 2015.
49. Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года: утв. Распоряжением Правительства РФ от 19 марта 2019 г. № 466-р.
50. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р.

Повышение эффективности диспетчерского управления высокоскоростным движением



М. А. Марченко,
аспирант, техник
кафедры «Управление
эксплуатационной
работой» Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I» (ПГУПС),



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

Важнейшими задачами Стратегии развития железных дорог Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2035 года является повышение пространственной связанности и транспортной доступности территорий, рост мобильности населения, увеличение скорости и сохранности перевозимых грузов. Выполнение этих целей напрямую зависит от качественного улучшения диспетчерского управления движением поездов.

В условиях повышенной конкуренции железнодорожного транспорта с другими видами транспорта для ОАО «РЖД» особенно важно обеспечить скорость, безопасность, своевременность и комфорт перевозки пассажиров. В связи с этим компания применяет клиентоориентированный подход, выполняя доставку точно в срок и интегрируясь с другими видами транспорта в рамках мультимодальных перевозок, наиболее оптимальных для клиентов [1].

Достижению задач обеспечения безопасности, своевременности и удобства перевозок, применения клиентоориентированного подхода и создания цифровой среды способствует обеспечение бесперебойного движения поездов по нормативным ниткам графика с обязательным обеспечением безопасности движения.

Однако зачастую сложно обеспечить неукоснительное движение поездов по графику из-за множества случайных факторов, которые влияют на скорость поезда, вызывают ее внеплановое снижение и даже остановки, не предусмотренные графиком движения. За счет отрицательного экономического эффекта по причине потерь личного времени пассажиров конкурентная привлекательность железнодорожного транспорта значительно снижается.

Для повышения маршрутной скорости движения поездов проектируются высокоскоростные железнодорожные магистрали и реконструируются существующие, заменяются колесные пары ради повышения скорости движения пассажирских поездов до 140 км/ч. В грузовых перевозках все больше делается акцент

на ускоренные контейнерные поезда, позволяющие с высокой сохранностью и скоростью доставлять грузы на большие расстояния (в том числе по Транссибирской магистрали), а также упрощать их доставку по сравнению с другими видами транспорта — автомобильным или морским [2–4].

Железнодорожная линия Санкт-Петербург — Москва — единственная в России высокоскоростная магистраль. По ней следуют «Сапсаны», максимальная скорость хода которых превышает 200 км/ч, а также скоростные поезда со скоростью 140 км/ч и выше. К ним можно отнести «Невский экспресс» и электропоезд «Ласточка».

Кроме того, по данной линии следует множество скорых и пассажирских поездов, в основном в ночное время, поскольку днем из-за интенсивного движения «Сапанов» возникает коэффициент сжима, в результате которого снижается скорость движения поездов указанной категории из-за их постановки под обгон. Несмотря на то, что линия Санкт-Петербург — Москва специализирована под пассажирское движение, на ней имеется и грузовое вывозное движение. Иными словами, по линии следуют поезда с разными скоростями, различающимися более чем в 2,5 раза.

Стратегические цели ОАО «РЖД» подразумевают выполнение планов по перевозкам, увеличение качества выполняемой работы в сфере как основных бизнес-процессов (грузовых и пассажирских перевозок), так и дополнительных (экспедиторских услуг, цифрового обслуживания клиентов, сервисных услуг пассажирам и т. д.), повышение безопасности движения поездов и контроля за ее

исполнением, финансовую устойчивость и экономическую эффективность во всех экономических блоках компании. Немаловажную роль в обеспечении перечисленных аспектов играет диспетчерское регулирование — ключевой инструмент реализации оперативного управления движением поездов на железнодорожном полигоне.

В настоящее время диспетчерские центры управления перевозками активно применяют оперативные регулировочные меры, направленные на беспрепятственный и бесперебойный пропуск поездов, обеспечение безопасности и рациональности в управлении движением. Имеются разработки, направленные на анализ текущей поездной ситуации, благодаря которым поездному диспетчеру легче принять рациональное решение.

В то же время сегодня отсутствуют многофункциональные и полностью автоматизированные решения, которые бы подсказывали поездному диспетчеру наиболее рациональный вариант оперативных действий, направленных на выполнение графика движения поездов.

Методы диспетчерского регулирования

Высокоскоростное движение появилось относительно недавно, методы диспетчерского регулирования поездов на ВСМ продолжают активно развиваться и совершенствоваться. Отметим вклад отечественных специалистов в развитие диспетчерского управления в пассажирском и грузовом движении [5–10].

Эксперименты по выявлению закона отклонения движения поездов от нормативного графика проведены еще в середине XX в. [11]. Однако в то время полностью отсутствовало высокоскоростное движение, поэтому в настоящее время требуется актуализация результатов указанных экспериментов.

Также и другие исследователи изучали изменение пропускной способности при сокращении интервала [12–15]. Однако из-за низкой автоматизации эксплуатационной работы на железных дорогах того периода полученные результаты так и не были внедрены. В том числе это связано и с тем, что они производились при паровозной тяге, поэтому также требуют актуализации.

За рубежом методы диспетчерского регулирования подробно рассмотрены в работах [16–19]. В исследованиях

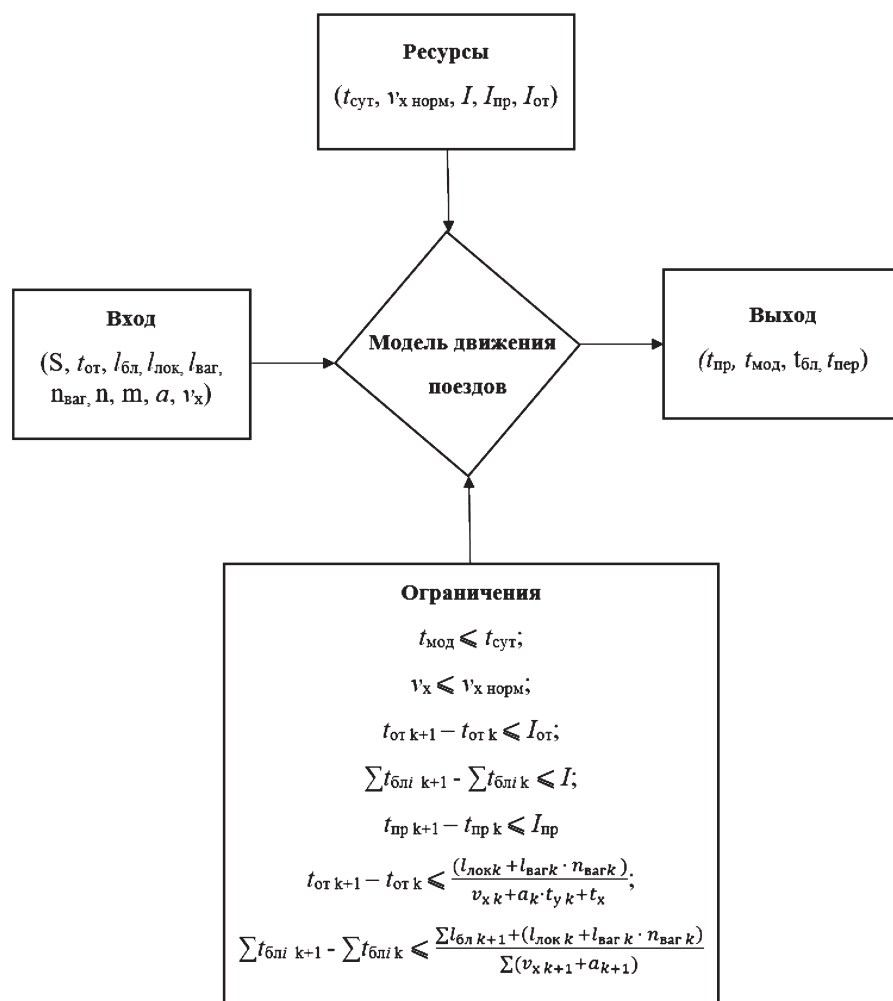


Рис. 1. Структура математической модели движения поездов

[20–24] описываются возможности повышения эффективности эксплуатации высокоскоростных железнодорожных линий на основе имитационного моделирования.

Моделирование движения поездов и разработка методики помощи принятия решения поездному диспетчеру

Для проведения эксперимента была разработана математическая модель, описывающая характер движения поездов. От существующих моделей ее отличает возможность учитывать отклонения поездов. Структура математической модели приведена на рис. 1.

Математическая модель имеет ограничения. Интервалы не могут быть меньше, чем полученные в результате расчетов согласно [25], а скорость движения поездов не может превышать указанную в [26].

В исследовании произведены эксперименты на основе имитационного моделирования для выявления величины отклонений высокоскоростных поездов

от графика движения. Имитационная модель разработана в программном комплексе AnyLogic, выбор которого обусловлен простотой его освоения, понятностью интерфейса и его многофункциональностью [27].

В результате эксперимента получено время хода высокоскоростных поездов «Сапсан» по действующей магистрали Санкт-Петербург — Москва (рис. 2).

С применением критерия Пирсона [28, 29] доказан закон распределения величины отклонений поездов от нормативного графика. Кроме того, имитационное моделирование подтвердило результаты экспериментов середины XX в.

С помощью имитационного моделирования выявлено, что пропускная способность высокоскоростной магистрали, рассчитываемая согласно [29], при постоянном уменьшении интервала с определенного его значения начинает сокращаться, что противоречит используемым в настоящее время формулам. Результаты эксперимента приведены на рис. 3.

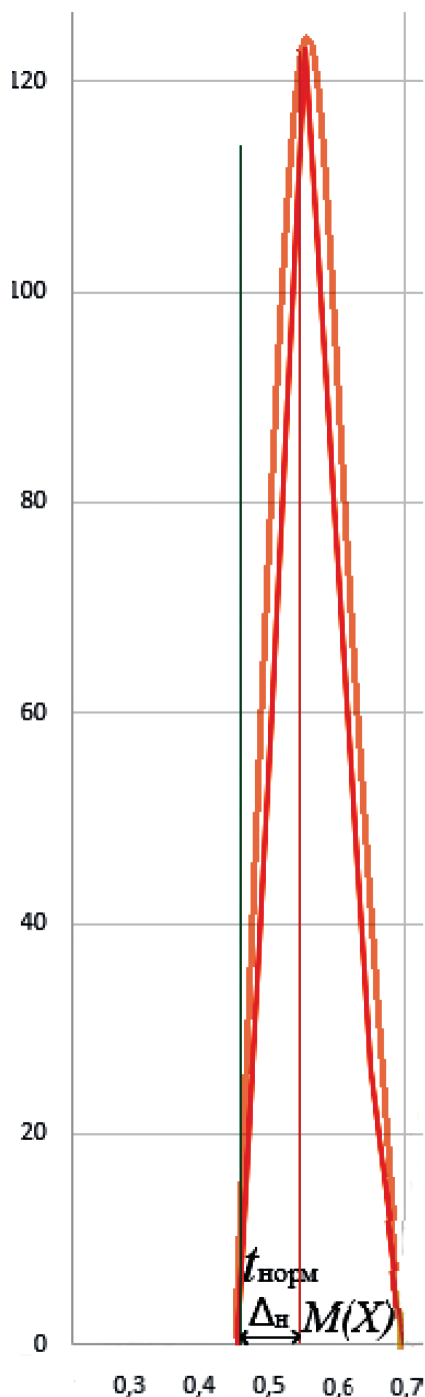


Рис. 2. Статистические данные времени хода высокоскоростных поездов

По результатам экспериментов был предложен алгоритм, позволяющий при его автоматизации «советовать» решения диспетчеру (рис. 4).

Автоматизированный алгоритм методики основан на учете отклонений высокоскоростных поездов от нормативного графика. Он универсален, может быть использован для прочих категорий поездов, однако наиболее полезен в организации высокоскоростного движения.

Данные с железнодорожного участка передаются по оптоволоконным кабелям в диспетчерские центры управления перевозками и затем обрабатываются согласно предложенному алгоритму.

На основе информации об отставании или опережении нормативного графика, а также о текущем местоположении поездов в пределах перегона алгоритм позволяет поезвному

диспетчеру принять наиболее оптимальное решение с точки зрения экономии времени хода поездов с учетом их приоритетности. При этом функционал алгоритма носит лишь вспомогательный и рекомендательный характер. Вся ответственность за принятые решения целиком и полностью возлагается на поездного диспетчера.

Оценка экономической эффективности предложения

В работе предложен расчет оценки экономической эффективности от внедрения предлагаемой методики. Он основан на подсчете изменения качественных и количественных показателей и не предполагает получения значений в денежном эквиваленте. При этом результаты предложенного расчета позволяют сделать выводы об изменении резервов пропускной способности и качества транспортного обслуживания. Предлагаемый расчет подчиняется целевой функции:

$$\sum \Delta \Pi = \left\{ \begin{aligned} &((\Sigma \text{КЧ}_\text{п}^\text{пасс} - \Sigma \text{КЧ}_\text{д}^\text{гр})) + (\Sigma \text{КЧ}_\text{п}^\text{пасс} - \Sigma \text{КЧ}_\text{д}^\text{пасс}) \rightarrow \max \\ &((\Sigma \text{КЛ}_\text{п}^\text{гр} - \Sigma \text{КЛ}_\text{д}^\text{гр})) + (\Sigma \text{КЛ}_\text{п}^\text{пасс} - \Sigma \text{КЛ}_\text{д}^\text{пасс}) \rightarrow \max, \end{aligned} \right.$$

где $\Sigma \text{КОЛ}_\text{д}^\text{пасс}$ — количественные показатели пассажирских перевозок до реализации нововведений;

$\Sigma \text{КОЛ}_\text{д}^\text{пасс}$ — количественные показатели пассажирских перевозок после реализации нововведений;

$\Sigma \text{КАЧ}_\text{д}^\text{пасс}$ — качественные показатели пассажирских перевозок до реализации нововведений;

$\Sigma \text{КАЧ}_\text{п}^\text{пасс}$ — качественные показатели пассажирских перевозок после реализации нововведений;

$\Sigma \text{КОЛ}_\text{д}^\text{гр}$ — количественные показатели грузовых перевозок до реализации нововведений;

$\Sigma \text{КОЛ}_\text{п}^\text{гр}$ — количественные показатели грузовых перевозок до реализации нововведений;

$\Sigma \text{КАЧ}_\text{п}^\text{пасс}$ — сумма качественных показателей после внедрения предлагаемых в исследовании методик в пассажирских перевозках;

$\Sigma \text{КАЧ}_\text{п}^\text{гр}$ — суммарное значение качественных показателей после внедрения предлагаемых в исследовании методик в грузовых перевозках.

Предложенная система целевых функций позволяет оценить динамику качества работы подвижного состава на основании изменения размеров движения. Она отличается тем, что в показателях учитываются отклонения поездов от нормативного времени, что в настоящее время в расчете

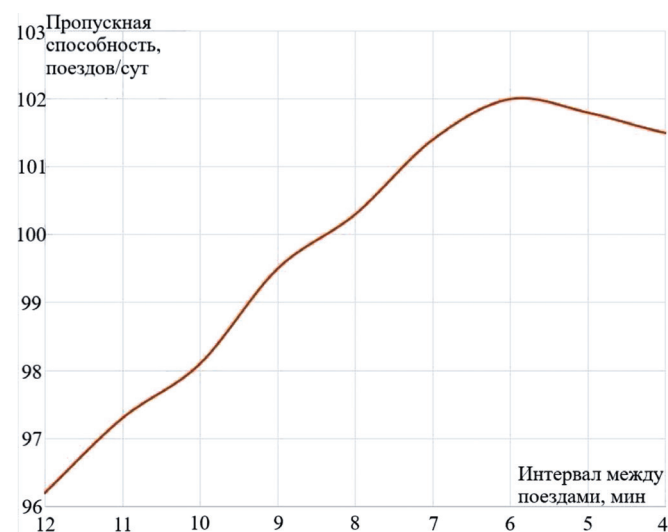


Рис. 3. Исследования изменения пропускной способности высокоскоростной магистрали

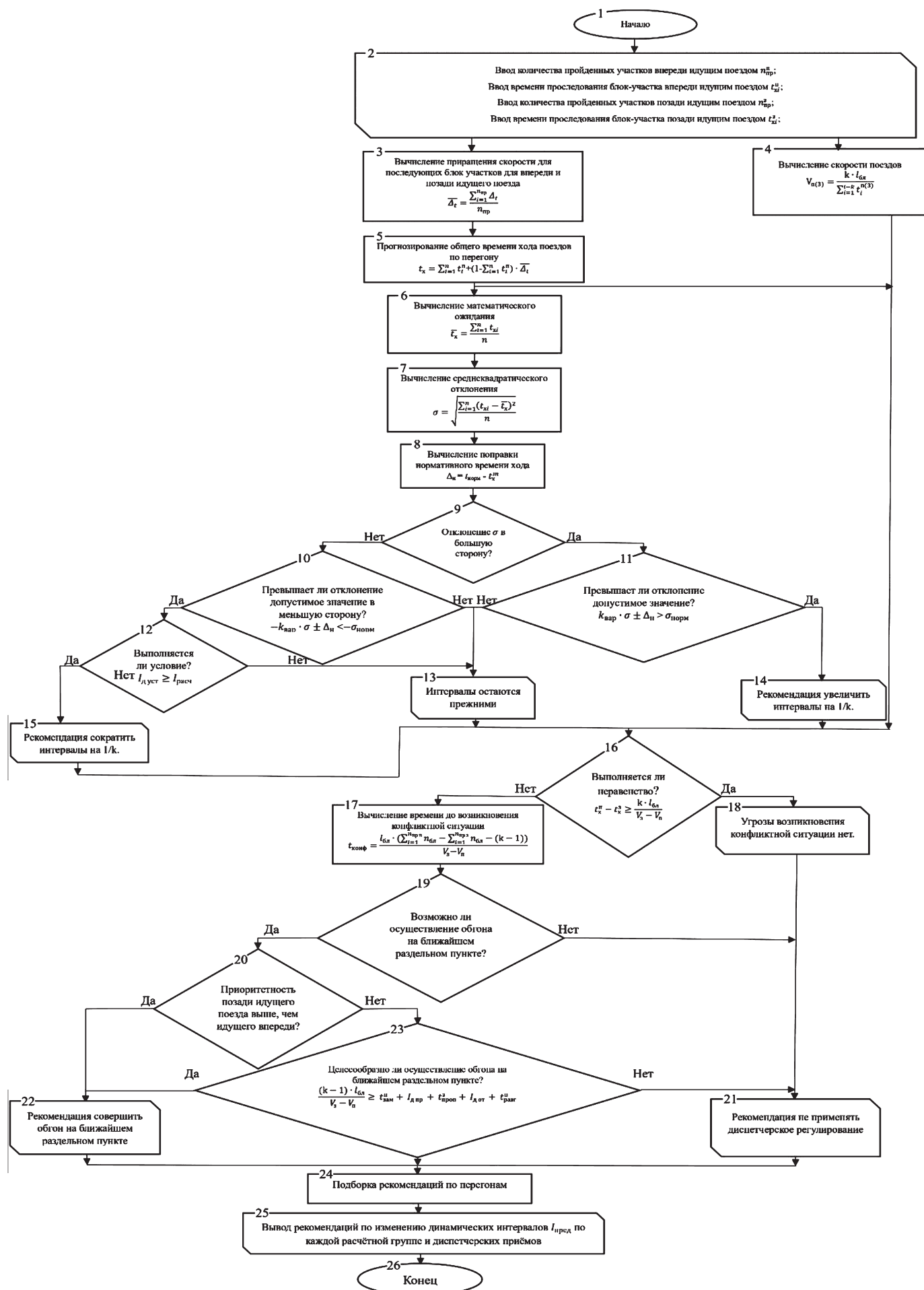


Рис. 4. Алгоритм методики помощи принятия решения поезвному диспетчеру

показателей в ОАО «РЖД» не применяется [30].

Заключение

Таким образом, в ходе исследования был актуализирован закон распределения величины отклонения поездов от нормативного графика движения. Проведено имитационное моделирование движения поездов по линии Санкт-Петербург – Москва. Полученные результаты позволили разработать методику помощи принятия решений на основе математического анализа поездного состояния, отличающуюся комплексным применением теории вероятностей и позволяющую поездным диспетчерам своевременно принимать рациональные решения в целях обеспечения безопасности движения и выполнения планового графика движения поездов. Предложен расчет оценки экономической эффективности, которая может быть получена при использовании разработанной методики на сети российских железных дорог.

Надо полагать, что применение полученных результатов в диспетчерских центрах управления перевозками позволит повысить эффективность диспетчерского управления на железных дорогах. Снижение отклонений в движении поездов от планового графика будет способствовать своевременности доставки пассажиров к станциям назначения. ■

Источники

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р. М., 2021. 282 с.
2. Куренков П. В., Левкин Г. Г., Мочалова С. В. и др. Материальные потоки в макрологистических системах: систематизация и классификация // Транспорт: наука, техника, управление. 2019. № 7. С. 21–26.
3. Вакуленко С. П., Куренков П. В., Дранченко Ю. Н. Обзор и анализ научных исследований пассажирских перевозок в мегаполисной системе «город-пригород» // Вестн. транспорта. 2016. № 9. С. 37–42.
4. Киселёв И. П. Высокоскоростной сухопутный транспорт: состояние и перспективы // Транспорт РФ. 2010. № 6 (31). С. 60–67.
5. Киселев И. П., Блажко Л. С., Бушуев Н. С. и др. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: учеб.

- пособие в 2 т. / под ред. И. П. Киселева. Т. 1. М., 2014. 308 с.
6. Белозёров В. Л., Грачёв А. А. «Вечные» вопросы организации движения поездов на двухпутных участках // Изв. ПГУПС. 2017. Т. 14, вып. 3. С. 397–405.
 7. Грошев Г. М. Оперативное диспетчерское регулирование (Опыт диспетчерских коллективов отделений и дорог). М.: Транспорт, 1985. 48 с.
 8. Грошев Г. М., Кудрявцев В. А., Платонов Г. А., Чернугов А. Д. Пособие поезвному диспетчеру и дежурному по отделению. М.: Транспорт, 1992. 368 с.
 9. Угрюмов А. К., Грошев Г. М., Кудрявцев В. А., Платонов Г. А. Оперативное управление движением на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 1983. 239 с.
 10. Осьминин А. Т., Анисимова В. А., Клюев Н. А. и др. Об автоматизации разработки графика движения поездов // Железнодорожный транспорт. 2012. № 4. С. 19–24.
 11. Чернугов А. Д. Организация безостановочных обгонов на двухпутных линиях // Вестн. ВНИИЖТ. 1964. № 6. С. 58–62.
 12. Дьяков Ю. В. Комплексное усиление пропускной способности железнодорожных линий, электрифицированных на постоянном токе // Тр. МИИТа. 1969. Вып. 307. С. 51–65.
 13. Дьяков Ю. В. Рациональное соотношение параметров постоянных устройств и технического обслуживания линий // Тр. МИИТа. 1982. Вып. 657. С. 12–31.
 14. Дьяков Ю. В. Повышения уровня использования и комплексное развитие пропускной способности железнодорожных направлений: дис. ... д.т.н. М.: МИИТ, 1984.
 15. Дьяков Ю. В. Сокращенный интервал автоблокировки и его обеспечение // Железнодорожный транспорт. 1986. № 2. С. 63–67.
 16. Pore J. Система ETCS: перспективы и опыт // Железные дороги мира. 2008. № 4. С. 63–71. URL: https://zdmira.com/images/pdf/_dm2008-04_63-71.pdf (дата обращения 12.12.2023).
 17. Meng X., Wang Ya., Qin Yo., Xiang W. Railway transit network design based on fuzzy plant growth simulation algorithm // Transp. Letters. 2022. Vol. 14, Is. 2. P. 186–194.
 18. Altazin E., Dauzère-Pérès S., Ramond F., Tréfond S. A multi-objective

- optimization-simulation approach for real time rescheduling in dense railway systems // Europ. J. Operational Res. 2020. Vol. 286, Is. 2. P. 662–672.
19. Zhang X., Nie L. Integrating capacity analysis with high-speed railway timetabling: A minimum cycle time calculation model with flexible overtaking constraints and intelligent enumeration // Transp. Res. Part C: Emerging Technol. 2016. Vol. 68. P. 509–531.
 20. Harrod S., Cerreto F., Nielsen O. A. Open Track simulation model files and output dataset for a Copenhagen suburban railway // Data in Brief. 2019. Vol. 25.
 21. Ljubaj I., Mikulčić M., Mlinarić T. J. Possibility of Increasing the Railway Capacity of the R106 Regional Line by Using a Simulation // Transp. Res. Proc. 2020. Vol. 44. P. 137–144.
 22. Bulíčka J., Drdla P., Matuška J. Operational Reliability of a Periodic Railway Line // Transp. Res. Proc. 2021. Vol. 53. P. 106–113.
 23. Cheng C. H., Chow C. L., Chow W. K. A simulation study of tenability for passengers in a railway tunnel with arson fire // Tunnelling and Underground Space Technology. 2021. Vol. 108.
 24. Högdahl J., Bohlin M., Fröidh O. A combined simulation-optimization approach for minimizing travel time and delays in railway timetables // Transp. Res. Part B: Methodological. 2019. Vol. 126. P. 192–212.
 25. Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 30.12.2011 № 2864р.
 26. Распоряжение ОАО «РЖД» об установлении допускаемых скоростей движения на Октябрьской железной дороге от 15 мая 2022 г. М., 2022. 2 с.
 27. Катаевский Д. Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учеб. пособие; 2-е изд., перераб. и доп. М.: Дело, 2015. 496 с.
 28. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: учебник для вузов. 6-е изд., стереотип. М.: Высш. шк., 1999. 576 с.
 29. Гарбарук В. В., Пупышева Ю. Ю. Математическая статистика. СПб.: ПГУПС, 2012. 56 с.
 30. Инструкция по расчету пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД». Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 04.03.2022 № 128. М., 2022. 364 с.

Технические нормы и требования к системам автоматики и телемеханики высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург



А. Б. Никитин,
д-р техн. наук, заведующий
кафедрой «Автоматика
и телемеханика
на железных дорогах»
Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),



В. В. Моисеев,
главный инженер
Центра компьютерных
железнодорожных
технологий ПГУПС

Создание высокоскоростных магистралей невозможно без принципиального обновления традиционных систем сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) на железных дорогах России. При этом необходимо выйти на инновационный уровень регулирования движением поездов и обеспечения безопасности, а также соблюсти интероперабельность ВСМ с действующими линиями.

В большинстве стран мира современное развитие железнодорожной инфраструктуры характеризуется внедрением высокоскоростных железнодорожных линий и применением новых цифровых технологий на основе микропроцессорных устройств [1, 2]. Использование новых видов технических средств и технологических решений для ВСМ диктует необходимость иначе создавать устройства и системы безопасности для обеспечения перевозочного процесса.

При этом, разумеется, не являются исключением и устройства железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ). Необходимость разработки специальных технических условий (СТУ) в области ЖАТ для высокоскоростных железнодорожных магистралей диктуется требованиями не только обеспечения безопасности, но и увеличения скорости движения, сокращения межпоездных интервалов и др. Именно развитие микропроцессорных систем определяет основной вектор в данной области прикладной науки.

Разработкой СТУ «Проектирование, строительство и эксплуатация высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург (ВСЖМ-1)» руководил Институт по проектированию инженерных сооружений и промышленных предприятий путевого хозяйства и геологическим изысканиям «Гипротранспуть» — филиал АО «Росжелдорпроект» — совместно со специалистами ПГУПС.

При создании СТУ для систем ЖАТ за основу были приняты требования, изложенные ранее:

- СТУ для проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург, согласованные Министерством регионального развития 27 июля 2009 г.;
- СТУ для проектирования строительства и эксплуатации участка Москва — Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Казань — Екатеринбург, согласованные Минстроем 1 декабря 2014 г. (№ 27545-ЕС/08 (15 СТУ) и Изменение № 1 от 3 августа 2016 г. № 24641-ЕС/03).

Одновременно с разработкой СТУ для высокоскоростной линии Москва — Санкт-Петербург обсуждалось согласование других нормативных документов (ГОСТ, СП, Правил эксплуатации и т. д.), которые по инициативе ОАО «РЖД» были включены в план научно-технического развития, ПГУПС назначен исполнителем данных работ. Поэтому структура управления движением поездов ВСМ и общие требования к подсистемам, изложенные в ГОСТ 34918-2022¹ и Правилах эксплуатации ЖАТ ВСМ²,

¹ ГОСТ 34918-2022 «Автоматизированные системы диспетчерского управления движением поездов на железнодорожных линиях различных категорий. Общие требования». Введен в действие 20.06.2024 г. с правом досрочного применения.

² Правила эксплуатации железнодорожной автоматики и телемеханики подсистемы инфраструктуры высокоскоростной железнодорожной магистрали, утв. ОАО «РЖД» 07.03.2023 г., № 371.

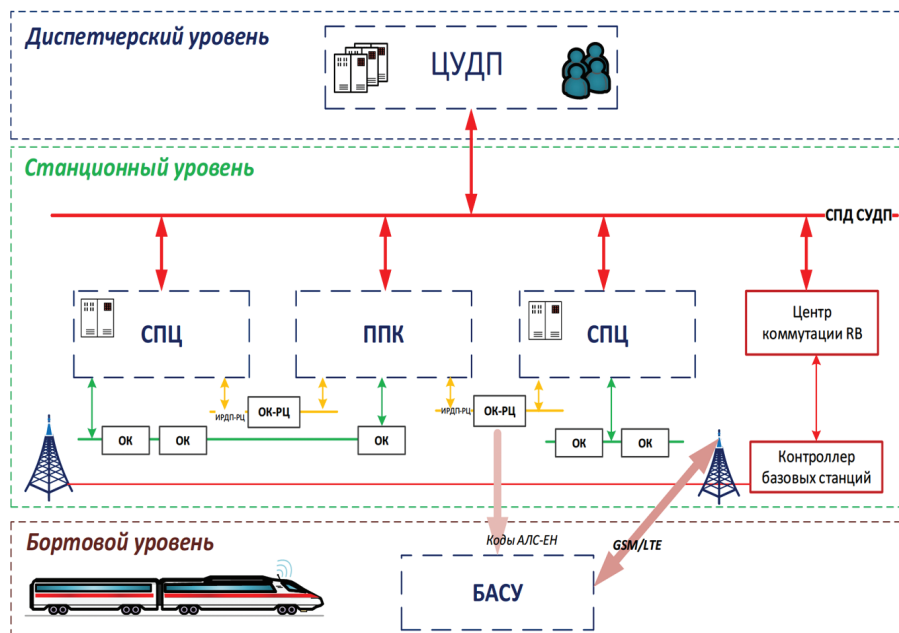


Рис. 1. Структура системы управления движением поездов для ВСМ:

ЦУДП — Центр управления движением поездов; СПД СУДП — система передачи данных СУДП;

СПЦ — станционный пост централизации; ППК — перегонный пункт концентрации;

ОК — объектный контроллер; БАСУ — бортовая

представлены в нормах и требованиях СТУ.

Конфигурация и структура системы управления движением поездов (СУДП), а также предъявляемые требования к ней учитывали накопленный зарубежный опыт применения Европейской системы управления движением поездов (European Train Control System — ETCS) и Китайской системы управления движением поездов (Chinese Train Control System — CTCS).

Современные системы управления и обеспечения безопасности движения поездов на ВСМ должны адаптироваться и совмещаться с традиционными системами ЖАТ для обеспечения высоких скоростей движения поездов. Они характеризуются избыточностью структуры, поскольку применяется резервирование контуров безопасности управления. При этом достигается максимальный уровень автоматизации функций диспетчерского персонала и обеспечения автоматического управления движением поездов на перегонах и станциях, включая установку маршрутов на станциях и режим вождения поездов на протяжении всей магистрали.

В то же время отличительной особенностью системы управления движением поездов для ВСЖМ-1 является отсутствие уровней как таковых, как, например, в ETCS, когда технические средства соответствуют какому-либо уровню технического оснащения с 1-го по 3-й

[3], поскольку предполагается использовать действующую инфраструктуру. ВСЖМ-1 является выделенной магистралью для высокоскоростного движения, где в структуре СУДП (рис. 1) принята интеграция всех средств управления движением поездов в единый комплекс с обеспечением интероперабельности¹ при выходе на действующие линии.

Одна из основных задач при разработке СТУ в части систем ЖАТ — обосновать требования для наиболее инновационного технического решения в микропроцессорных системах ЖАТ — системы координатного регулирования движения поездов на основе радиоканала с использованием радиоблокцентра (РБЦ), располагающегося в ЦУДП². Отличительная особенность такой подсистемы — функция координатного регулирования движением поездов с непрерывным радиообменом между подвижными единицами и РБЦ с учетом текущих скоростей движения в режиме реального времени. Это позволяет сократить межпоездной интервал по сравнению с традиционными системами интервального регулирования движения поездов (ИРДП).

Радиоканал — более совершенное средство организации движения поездов для высоких скоростей, чем традицион-

¹ От англ. interoperability — совместимость.

² Центры блокировки и управления, которые связываются с подвижными единицами по радиоканалам.

ные, например с использованием рельсовых цепей. Оно позволяет обеспечить необходимые скорость и объем передачи данных на подвижные единицы ВСЖМ-1, что и определяет требование обязательного применения такой технологии.

На текущий момент опыт применения аналогов и элементов такой СУДП в России невелик. Это участок Хоста — Магистраль, а также Московское центральное кольцо и Московские центральные диаметры. При этом особенностью применения РБЦ было сохранение и традиционных рельсовых цепей тональной частоты, а также многозначной автоматической локомотивной сигнализации (АЛС-ЕН) как основного средства безопасности.

Также следует отметить, что отечественная разработка характеризуется исключением Евробалис (бесконтактных датчиков) и использованием рельсовых цепей и их свойств не только для традиционных функций (контроля занятости/свободности рельсового участка, целостности рельсовых нитей, канала передачи сигналов в бортовые устройства), но и для оценки положения подвижного состава и корректировки отклонения текущей координаты [4].

Анализ зарубежного опыта строительства и эксплуатации линий ВСМ показал, что для систем ЖАТ для высокоскоростных магистралей в России требуется разработка новых технических требований, причем не только из-за их отсутствия в действующих стандартах и сводах правил, но и ввиду необходимости сформировать единый технологический комплекс СУДП, который позволяет унифицировать оборудование разной конфигурации. В будущем это значительно снизит материальные затраты на внедрение и эксплуатацию СУДП ВСЖМ-1.

Также необходимо отметить, что принятая редакция СТУ для ВСЖМ-1 исключает имеющиеся пробелы в нормативной базе для проектирования и внедрения современной техники ЖАТ с обеспечением требуемого уровня безопасности и надежности в соответствии с Техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений 384-ФЗ от 30 декабря 2009 г.

Основные положения и особенности в СТУ для систем ЖАТ

Специальные технические условия в части ЖАТ определяют нормы и тре-

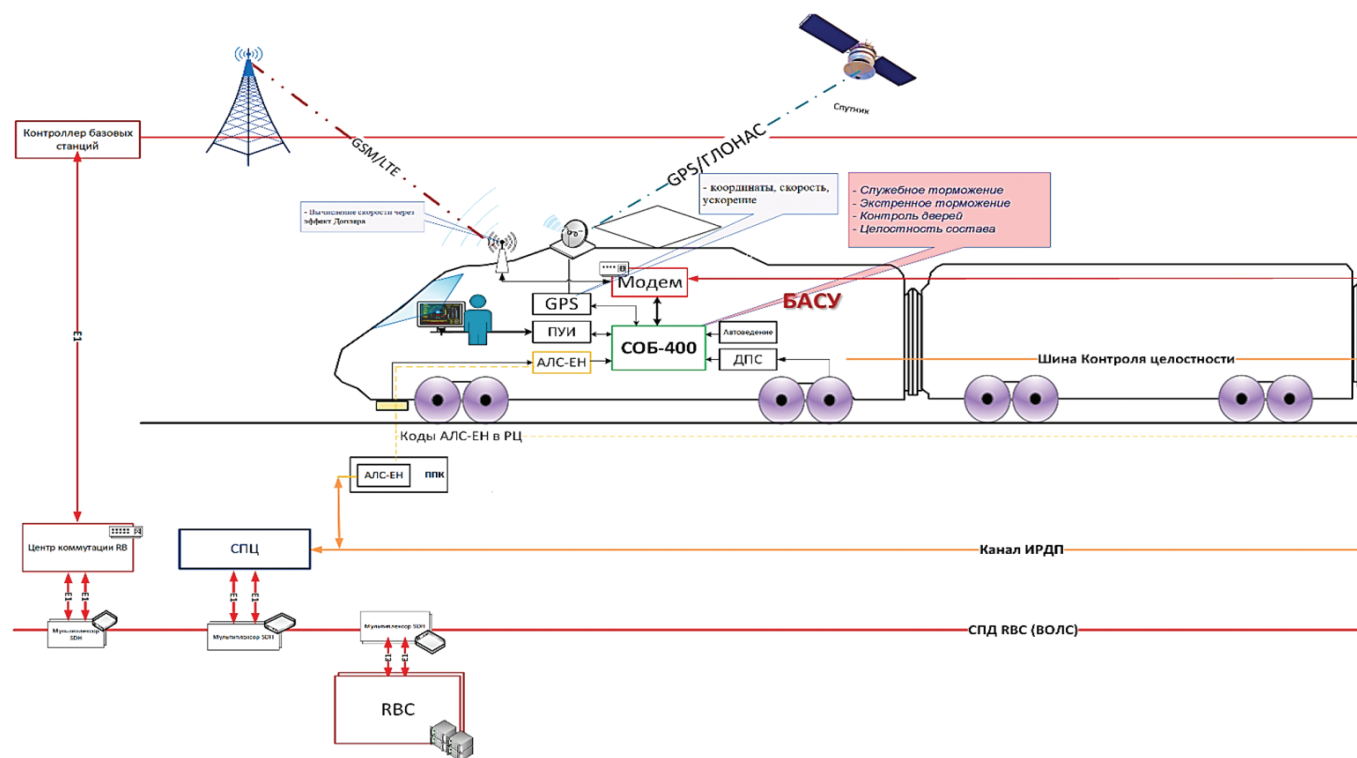


Рис. 2. Технические средства бортового комплекса

бования к надежности и безопасности систем, обеспечивающих движение поездов, а именно необходимость распределенной программно-аппаратной платформы СУДП, включающей в себя интегрированную систему диспетчерского управления, ИРДП на основе РБЦ, системы технической диагностики и мониторинга инфраструктуры ВСЖМ-1, отсутствующих в действующей нормативной базе для линий со скоростью движения до 400 км/ч.

При разработке требований СТУ принята новая модель построения структуры управления на основе применения гибридной системы ИРДП по главным путям станций и перегонов, которая состоит из двух контуров управления, функционирующих одновременно:

- цифрового радиоканала для передачи управляющих команд на основе информации, поступающей на подвижной состав от РБЦ;
- рельсopроводного¹ канала передачи данных на подвижной состав для работы бортовых устройств АЛС-ЕН.

Приоритет управления должен определяться автоматически локомотивными устройствами безопасности, установленными на подвижном составе, с преимуществом управления по цифровому радиоканалу на основе

информации, поступающей от радиоблокцентра (рис. 2).

В отсутствие радиосвязи с РБЦ или при неисправности (сбое) бортовой системы безопасности в части работы по радиоканалу управление движением поездов должно автоматически переключаться на использование рельсopроводного канала на основе двухчастотной АЛС-ЕН. Обратное переключение на радиоканал должно происходить автоматически после восстановления соединения.

При подготовке требований к диспетчерскому управлению как одной из частей СУДП было принято, что оно выполняется из одного центра диспетчерского управления с реализацией автоматического режима.

Одно из главных требований СТУ ВСЖМ-1 для систем ЖАТ — это применение подсистемы электрической централизации стрелок и сигналов микропроцессорного типа с распределенной архитектурой, когда управляющий вычислительный комплекс проектируется на опорной станции, а объектные контроллеры распределяются на соседних станциях и путевых постах [5].

При разработке требований к станционным системам и путевым постам (подсистема — микропроцессорная централизация, МПЦ) решено проектировать сигнализацию без установки поездных и маневровых светофоров

на главных путях отдельных пунктов с путевым развитием. На остальных путях для поездных и маневровых передвижений должна проектироваться светофорная сигнализация.

Применение подсистемы МПЦ с распределенной архитектурой и интеграцией функций систем интервального регулирования движением поездов обеспечивает безопасное вычисление алгоритмов в едином аппаратно-программном пространстве без применения специализированных увязок между подсистемами ЖАТ, что в конечном итоге повышает как безопасность перевозочного процесса, так и универсальность эксплуатируемого программного обеспечения, а также надежность работы в целом [6].

Из-за применения микропроцессорной аппаратуры на всех уровнях СУДП и высокой сложности аппаратно-программной реализации функций безопасности такой системы СТУ должны обеспечить электромагнитную совместимость подсистем ЖАТ и высокое качество электропитания для них, включая защиту информации и предотвращение киберугроз в информационном пространстве СУДП.

Применение микропроцессорных систем ЖАТ с устройствами встроенной диагностики и мониторинг на всех уровнях СУДП позволяет перейти от периодического обслуживания устройств

¹ Термин обозначает применение рельсовых цепей для передачи данных.

к методу обслуживания «по состоянию» [7]. Это особенно актуально для напольного оборудования линий ВСМ. Поскольку обеспечить безопасность обслуживающего персонала на путях во время движения высокоскоростных поездов невозможно ввиду длительных операций по техобслуживанию устройств (например, стрелочных переводов с многоприводной схемой управления), приходится проектировать регламентные работы в перерывах в движении поездов.

В соответствии с изложенным в состав СТУ включены требования к системам технической диагностики и мониторинга (СТДМ), включая нормы по самодиагностике устройств ЖАТ, которые основываются на общих технических требованиях к СТДМ согласно ГОСТ 34913-2022¹, разработанному в ПГУПС.

Особенности требований СТУ для устройств ЖАТ, интероперабельность и живучесть на ВСЖМ-1

Ряд нормативных параметров, закладываемых в СТУ для ВСЖМ-1 (скорость движения по прямому пути 400 км/ч, по боковому пути на диспетчерских съездах — 220 км/ч, на приемоотправочные пути — 120 км/ч, применение безбалластного и балластного верхнего строения пути и др.), определяет новые подходы при проектировании напольной инфраструктуры ЖАТ. В частности, необходимо пересмотреть требования к техническим средствам, например для стрелочных переводных устройств.

Стрелочные переводы пологих марок (1/18, 1/22, 1/25), запроектированные на ВСЖМ-1, имеют ряд особенностей по сравнению с распространенными стрелками марок 1/9, 1/11:

- многоприводную схему управления переводом;
- различную угловую скорость электроприводов в зависимости от точки установки;
- внешнее замыкание переведенного остряка к рамному рельсу (применение клеммера);
- надежную фиксацию отведенного остряка по всей длине;

- контроль недопущения предельного сужения колеи;
- контроль требуемого зазора между контррельсом и ходовым рельсом.

При проектировании следует уделить управление движением поездов в зонах сопряжения с действующими линиями магистрального транспорта — вводами в пригородной зоне Москвы и Санкт-Петербурга [8]. Также надо учесть требования интероперабельности, возникающей в отдельных случаях при использовании инфраструктуры действующей линии Санкт-Петербург — Москва. Например, в нештатных ситуациях для привлечения дополнительных восстановительных и пожарных поездов, другой спецтехники может возникнуть необходимость захода на ВСМ подвижного состава ОАО «РЖД», что требует обеспечить в системе высокоскоростной магистрали традиционные функции управления и способы передачи данных на локомотив [9]. Поэтому для обеспечения единства технологии регулирования движением поездов бортовые устройства должны типизироваться за счет специализированных средств для работы в среде управления как по радиоканалу, так и по рельсопроводному каналу — АЛС и АЛС-ЕН.

Живучесть и непрерывность перевозочного процесса при возникновении затруднений на ВСМ (в особенности для вводов поездов в конечные пункты назначения) должна обеспечиваться возможностью передвижения высокоскоростного подвижного состава по линиям общего пользования, т. е. совместимостью с существующими системами управления.

Заключение

Таким образом, реализация требований СТУ не только позволит России иметь самую современную систему управления, но и определит путь развития устройств и систем ЖАТ на перспективу.

Одним из главных требований СТУ ВСЖМ-1 для систем ЖАТ является применение подсистемы МПЦ с распределенной архитектурой. Резервирование компонентов системы является основой ее высоких показателей надежности и обеспечения непрерывности перевозочного процесса.

Рост скоростей на ВСМ возможен при переходе на новые принципы регулирования с использованием радиокана-

ла. При этом традиционные устройства рельсовых цепей в качестве рельсопроводного канала передачи на локомотив данных АЛС-ЕН и АЛСН обеспечивают резерв для основной системы управления по радиоканалу на основе РБЦ, а также интероперабельность с линиями магистрального транспорта. Т

Источники

1. Сабиров Н.З. Анализ мировых и отечественных разработок систем автоматизации и телемеханики для высокоскоростных железнодорожных магистралей // Теория и практика современных научных исследований — 2019: Сб. науч. тр. / под науч. ред. А.Н.Давыдова. Вып. 3 (240). Екатеринбург: УГУПС, 2020. С. 162–172.
2. Хардер Я.К. Развитие высокоскоростных магистралей в мире. Тренды 2020–2030 годов // Техника железных дорог. 2016. № 2 (34). С. 28–35.
3. Озеров А.В. Принципы построения систем управления движением поездов на высокоскоростных линиях зарубежных стран // Наука и технологии железных дорог. 2023. Т. 7, № 3 (27). С. 3–7.
4. Попов П. А., Королев И.Н., Мыльников П.Д. Основные принципы контроля корректности бортовой системы позиционирования средствами железнодорожной автоматизации. // Автоматика на транспорте. 2015. Т. 1, № 4. С. 355–366.
5. Никитин А. Б., Наседкин О.А., Лыков А.А. и др. Построение распределенных микропроцессорных систем управления движением поездов // Автоматика на транспорте. 2023. Т. 9, № 2. С. 153–161.
6. Моисеев В.В. Перспективы развития МПЦ и РПЦ // Автоматика, связь, информатика. 2019. № 7. С. 7–10. DOI 10.34649/АТ.2019.7.7.002.
7. Канарский В. А., Халиман В.В. Современные подходы к диагностике стрелочных переводов в мировой практике // Транспорт АТР. 2023. № 4 (37). С. 37–42.
8. Никитин А.Б. Особенности системы управления движением поездов на высокоскоростной магистрали Москва — Казань — Екатеринбург // БРНИ. 2017. № 3. С. 47–56.
9. Никитин А. Б., Болтаев С.Т., Глыбовский А.М. Особенности реализации функций электрической централизации для высокоскоростных поездов на линиях смешанного движения // Изв. ПГУПС. 2016. Вып. 2. С. 215–228.

¹ ГОСТ 34913-2022 «Системы технического диагностирования и мониторинга железнодорожной автоматизации и телемеханики высокоскоростных железнодорожных линий. Общие технические требования». Дата введения в действие 20.06.2024 г. с правом досрочного применения.

Универсальные электротяговые сети переменного-постоянного тока высокоскоростных магистралей с трехсистемным электроподвижным составом



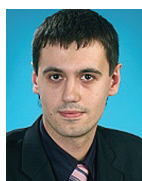
А. Т. Бурков,
д-р техн. наук,
профессор кафедры
«Электроснабжение
железных дорог»
Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),



В. Г. Жемчугов,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Электроснабжение
железных дорог» ПГУПС,



М. А. Иванов,
старший
преподаватель кафедры
«Электроснабжение
железных дорог» ПГУПС,



В. В. Сероносов,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Электроснабжение
железных дорог» ПГУПС

Стремительное нарастание новых научно-технологических проектов в транспортной отрасли определяет необходимость совершенствовать системы тягового электроснабжения. В частности, это касается создания высокоскоростных магистралей, которые позволяют улучшить транспортную доступность в стране, значительно сократить время в пути и повысить комфорт пассажиров.

Несмотря на очевидные преимущества, проекты высокоскоростных магистралей сталкиваются с рядом проблем. Во-первых, необходимость разработки новых технологий, оборудования и материалов для обеспечения безопасности и надежности ВСМ. Во-вторых, увеличение капиталоемкости и повышение затрат на контроль безопасности, экологической и энергетической эффективности. Тем не менее, Россия, обладая богатым опытом строительства и эксплуатации электрифицированных железнодорожных магистралей, имеет высокий потенциал для развития транспортной энергетики в обозримой перспективе.

Протяженность электрифицированных железнодорожных линий в Российской Федерации составляет 45 тыс. км, в том числе свыше 18 тыс. км действуют на постоянном токе 3 кВ и около 27 тыс. км — однофазном переменном токе 25 кВ (2×25 кВ) 50 Гц.

Загруженные полигоны железнодорожных магистралей постоянного тока 3 кВ требуют не только модернизации существующей инфраструктуры, но и разработки инновационных решений при дальнейшем совершенствовании электротехнического комплекса электрической тяги для развития высокоскоростного и тяжеловесного движения поездов [1–5].

Повысить работоспособность и энергетическую эффективность системы тягового электроснабжения постоянного

тока можно, если передавать энергию к электроподвижному составу (ЭПС) по линиям постоянного тока высокого напряжения. Повышение уровня напряжения в контактной сети до 24 кВ позволяет получить требуемые энергетические показатели и обеспечивает конкурентоспособность с системами однофазного переменного тока 25 кВ 50 Гц по пропускной и провозной способностям.

Одной из насущных проблем, связанных с созданием системы тяги постоянного тока повышенного напряжения, является разработка устройств и элементов систем тягового электроснабжения и ЭПС, в частности, преобразовательного, распределительного и коммутационного оборудования, способного обеспечить надежную и эффективную работу электрифицированных магистралей.

Новые технические и технологические решения для электрической тяги

В настоящее время в области тягового электроснабжения происходят изменения, связанные с разработкой и использованием новых технических и технологических решений. Одним из них является переход на бесколлекторный электропривод, позволяющий значительно повысить эффективность работы электроподвижного состава. Эксплуатируемые системы тягового электроснабжения постоянного и переменного тока должны обеспечивать

необходимую мощность, передаваемую к ЭПС с бесколлекторным приводом.

В области силовой и информационной электроники происходят значительные изменения. Новые технологии позволяют создавать более эффективные и надежные системы преобразования электрической энергии как в системах тягового электроснабжения, так и на ЭПС. Примерами таких устройств являются силовые электронные трансформаторы и четырехквadrантные преобразователи, построенные на принципах импульсной модуляции с помощью сверхмощных высокочастотных энергоэффективных силовых полупроводниковых приборов.

В технологический процесс передачи электрической энергии к ЭПС внедряется цифровая трансформация. Интеллектуальные технологии, нейронные сети и искусственный интеллект применяются в энергетической инфраструктуре обеспечения движения поездов, повышая эффективность работы систем тягового электроснабжения, позволяя создавать гибкие и адаптивные комплексы управления режимами и контроля работы технологического оборудования, системы диагностики и мониторинга.

Использование рекуперативного торможения также является эффективным техническим решением в области электрической тяги, позволяя возвращать электроэнергию в питающую сеть или запасать ее в накопителях. Применение гибридных накопителей в системах тягового электроснабжения постоянного и переменного тока является новым техническим решением в области электрической тяги, позволяя повысить нагрузочную способность системы электроснабжения.

Кроме того, важную роль в развитии систем электрической тяги играет «зеленая» энергетика. Она позволяет использовать возобновляемые источники энергии совместно с накопителями для питания железнодорожных потребителей, что снижает негативное воздействие на окружающую среду.

В целом новые технические и технологические решения в области информационных технологий, передачи и преобразования электрической энергии, оперативного управления устройствами электроснабжения и т. д. позволяют реализовать электротехнический комплекс системы тягового электроснабжения постоянного тока с передачей электрической энергии к ЭПС на повышенном напряжении.

Параметры проектируемых и перспективных высокоскоростных электрифицированных магистралей

Параметром, определяющим характеристики и возможности проектируемых и перспективных высокоскоростных и грузонапряженных электрифицированных магистралей, является технологическая производительность.

Технологическая производительность комплекса электрической тяги характеризуется возможностью повышения скорости движения и увеличения пропускной и провозной способностей при достаточной потребной мощности, передаваемой к электроподвижному составу. Также к основным параметрам можно отнести энергетическую эффективность системы электротягового комплекса по показателям безотказности, готовности, ремонтпригодности и безопасности [6].

Электроэнергетический комплекс электрической тяги на постоянном токе 3 кВ из-за относительно низкого уровня напряжения в контактной сети характеризуется недостаточными показателями уровней пропускной и провозной способностей, энергетической безопасности, затрудняет токоотбор, приводит к усиленному износу устройств тяговой сети.

Система переменного тока 25 кВ (2×25 кВ) 50 Гц из-за несимметричной загрузки внешнего электроснабжения и электромагнитного влияния на смежные линии электропередачи и металлические коммуникации не рассматривается в качестве альтернативы системе постоянного тока, особенно в условиях плотной городской застройки.

С 1988 г. в лаборатории «Тяговое электроснабжение» кафедры «Электроснабжение железных дорог» ПГУПС при поддержке ОАО «РЖД» проводятся исследования для совершенствования электрической тяги на постоянном токе по двум направлениям:

- системы распределенного питания тяговой сети 3 кВ с продольными линиями высокого напряжения постоянного тока и преобразовательными пунктами понижения уровня напряжения постоянно-постоянного тока;
- системы тягового электроснабжения с высоким уровнем напряжения в контактной сети и электроподвижным составом универсального применения для систем 3 кВ постоянного тока, переменного тока 25 кВ 50 Гц и системы постоянного тока высокого напряжения.

Диапазон возможного высокого напряжения при постоянном токе может

варьироваться в пределах 18–35 кВ. Ограничение на нижнем уровне обусловлено данными сравнения с альтернативным вариантом переменного тока 25 кВ 50 Гц, а по верхнему уровню — ресурсом по изоляции, установленным для действующих устройств тягового электроснабжения на железных дорогах переменного тока.

По результатам исследований на опытном полигоне, макет-моделях и с помощью имитационного моделирования изучены характеристики энергоемкости перевозочного процесса при высокоскоростном и тяжеловесном движении, обоснован уровень высокого напряжения для системы постоянного тока, определена структура тягового электроснабжения, разработаны схмотехнические решения преобразователей электроэнергии на основе современной силовой и информационной электроники [7–9].

Результаты моделирования различных видов поездов позволяют оценить полученные тяговые и энергетические показатели для формирования структуры, конфигурации и параметров электрического подвижного состава и электроэнергетического комплекса тягового электроснабжения. По результатам анализа тягово-энергетических показателей сформулирована концепция разработки новой системы электрической тяги постоянного тока высокого напряжения.

На основе идеи повышения напряжения в электротяговой сети с учетом лимитирующих факторов по устройствам тягового электроснабжения — допустимой максимальной плотности тока ($\delta, \text{А/мм}^2$) и относительного значения максимальной допустимой потери напряжения до токоприемника ($K_U = \frac{\Delta U_{\text{max}}}{U_{\text{тп}}}$) — решена задача оптимизации электроснабжения для магистральных пассажирских и грузовых линий с параметрами интенсивного перевозочного процесса.

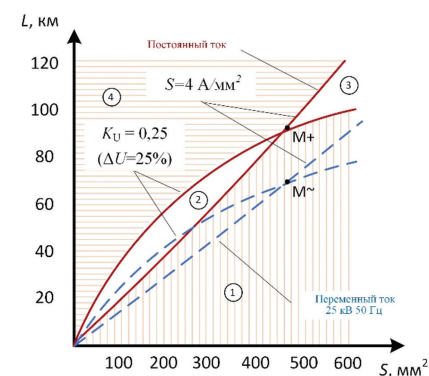


Рис. 1. LS-диаграмма для систем постоянного и переменного тока при $\delta = 4 \text{ А/мм}^2$ и $K_U = 0,25$ для схемы одностороннего питания

Классификация зон питания контактной сети в координатах «длина–сечение» положена в основу метода *LS*-диаграмм, позволяющего при проектировании выполнить обоснование конкурентноспособной системы электрической тяги высокого напряжения [9].

Пример сравнительной оценки тягового электроснабжения на постоянном и переменном токе приведен на *рис. 1*. Получен уровень высокого напряжения в контактной сети, при котором система постоянного тока может обеспечить тяговые и энергетические показатели не ниже, чем для альтернативных систем переменного тока с напряжением в контактной сети 25 кВ 50 Гц. Ориентировочно такой уровень высокого напряжения оценивается значением 18 кВ.

Диаграмма *L(S)* иллюстрирует возможность увеличения расстояния между тяговыми подстанциями на постоянном токе по сравнению с однофазным переменным током ориентировочно на 20% при равных параметрах сечения проводов и уровня напряжения в контактной сети.

Проектирование железнодорожного комплекса электрической тяги как единой электротехнической системы

Железнодорожный комплекс электрической тяги представляет собой единую сложную электротехническую систему, включающую подсистемы ЭС (электроснабжение) и ЭПС (электропоезда), обеспечивающую высокопроизводительную, безотказную, ремонтнопригодную, энергоэффективную и безопасную работу железнодорожного транспорта. Проектирование комплекса электрической тяги основано на применении метода структурного синтеза и параметрической оптимизации устройств тягового электроснабжения постоянного тока высокого напряжения [8, 9].

Исходными данными при проектировании являются энергоемкость для реализации требуемых пропускной и провозной способностей, участковой и маршрутной скоростей в условиях реализации тактового движения поездов в пакетном графике.

На первом этапе проектирования выполняется обоснование основных параметров: структуры системы электрической тяги, удельной мощности (P_0 , кВт/км), сечения проводов контактной сети ($S_{\text{кв}}$, мм²), схемы питания и расстояния между тяговыми подстанциями (L , км), уровня напряжения в контакт-

ной сети ($U_{\text{кв}}$, кВ) и мощности питающих центров ($S_{\text{ц}}$, кВА).

Вариант размещения тяговых подстанций на проектируемом участке принимается в соответствии с допустимым расстоянием между подстанциями, согласованным с принятым сечением проводов контактной сети по критериям постоянства плотности тока и допустимой потери напряжения [7, 9].

При проектировании новой электрификации необходимо выбрать наиболее эффективные схемы системы внешнего электроснабжения и питания тяговой сети. Выбор внешнего электроснабжения ВСМ — сложная технико-экономическая задача, которая должна решаться с учетом возможностей системы тягового электроснабжения и электроподвижного состава.

Выбранные схемы при наименьших затратах должны обеспечить требуемые объемы перевозок в нормальном режиме и минимальные ограничения движения в ремонтных режимах. Существующие математические модели совместной работы тягового и внешнего электроснабжения имеют значительные ограничения, которые почти исключают возможность их практического использования. Повысить точность учета влияния внешних питающих сетей на работу систем тягового электроснабжения можно с применением компьютерных моделей, позволяющих анализировать совместную работу трехфазных сетей внешнего электроснабжения и электро-тяговых сетей [10].

Необходимо отметить, что в современных условиях следует искать оптимальное сочетание не только параметров тягового электроснабжения, но всего комплекса: систем внешнего и тягового электроснабжения и подвижного состава. Так в системах переменного тока увеличение диапазона напряжений, в котором доступна полная мощность поезда, снижает требования к мощности системы внешнего и тягового электроснабжения. Аналогичный эффект дает перевод входного преобразователя поезда в режим выдачи реактивной мощности при напряжении ниже 25 кВ. Другим средством повышения качества электроснабжения высокоскоростных линий является установка на тяговых подстанциях динамических компенсаторов искажений напряжения и СТАТКОМов. Еще один вариант — это использование систем постоянного тока повышенного напряжения.

Научно-технологическое развитие комплекса электротяговых сетей постоянного тока высокого напряжения

Схема функциональных устройств системы электрической тяги постоянного тока с продольными питающими линиями высокого напряжения и пунктами понижения напряжения, основанной на принципе распределенного электроснабжения, представлена на *рис. 2*. Это промежуточное решение приемлемо для усиления действующих участков постоянного тока и позволяет разработать

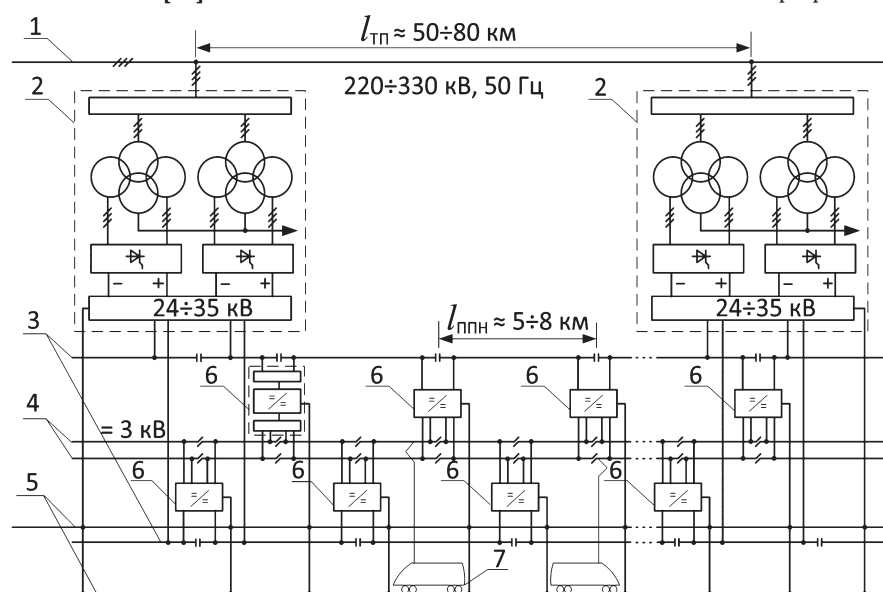


Рис. 2. Схема системы распределенного питания электротяговой сети 3 кВ с продольными питающими линиями постоянного тока высокого напряжения и пунктами понижения напряжения: 1 — система внешнего электроснабжения трехфазного тока; 2 — тяговая подстанция; 3 — питающие линии высокого напряжения постоянного тока; 4 — контактная сеть; 5 — обратная рельсовая сеть; 6 — пункт понижения напряжения; 7 — электрический подвижной состав

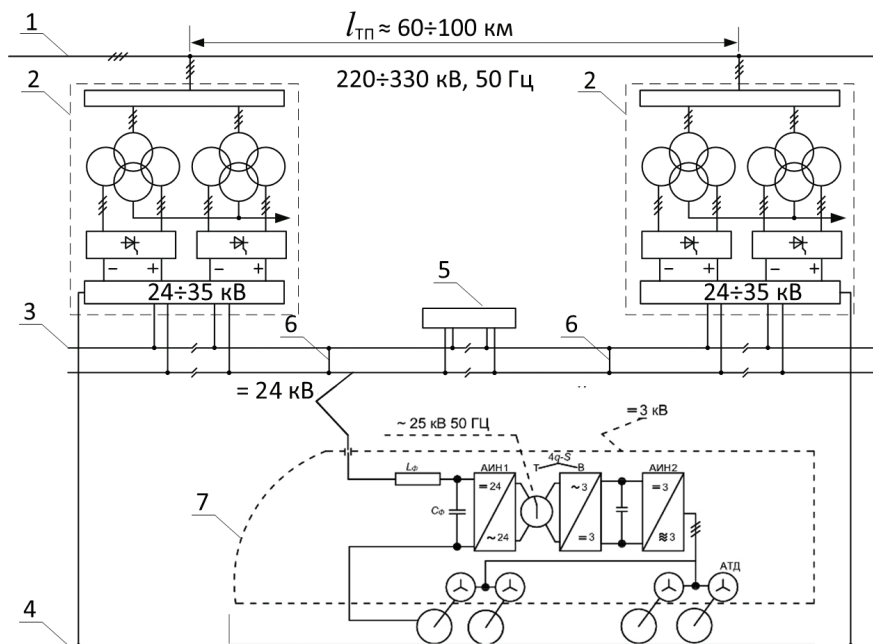


Рис. 3. Схема системы электрической тяги постоянного тока высокого напряжения с трехсистемным электрическим подвижным составом: 1 — система внешнего электроснабжения трехфазного тока; 2 — тяговая подстанция; 3 — контактная сеть; 4 — обратная рельсовая сеть; 5 — пост секционирования; 6 — пункт параллельного соединения; 7 — электрический подвижной состав

преобразователи электрической энергии для системы централизованного питания тяговой сети постоянным током высокого напряжения.

В распределенной схеме питания одноагрегатные пункты ограниченной мощности подключены к продольной питающей линии электропередачи, проложенной между главными энергетическими пунктами. За счет подчиненного снижения напряжения в продольной линии питания ЭПС обеспечивается не только от ближайших, но и от ряда более удаленных пунктов.

Чем меньше мощность пункта питания и расстояние между пунктами, тем большее их количество будет задействовано. При этом достигается главное преимущество распределенного питания — обеспечение высокого качества электроснабжения ЭПС по уровню напряжения у токоприемников.

Упрощенная схема однотипных одноагрегатных пунктов позволит использовать легко монтируемые конструкции модульного типа и располагать их в полосе отвода железной дороги. Резервирование одноагрегатных пунктов питания достигается не благодаря установке дополнительных агрегатов, а за счет суммарного запаса установленной мощности преобразовательного электрооборудования, выбранного из условия, чтобы выпадение из работы любого пункта не вызвало не-

обходимости вносить ограничения в тяговое обеспечение участка. Нормальный режим его работы может быть обеспечен и в том случае, если выйдет из строя не один, а несколько пунктов питания при условии, что между ними останутся включенными не менее двух.

В системе распределенного питания тяговой сети достигается снижение общей установленной мощности преобразовательного оборудования, значительно уменьшаются капитальные затраты за счет рационального распределения мощностей источников энергии по зоне питания. Также снижаются потери напряжения и электрической энергии при значительно меньшем сечении проводов контактной подвески.

Существенно снижаются затраты на подключение к сетям внешнего электроснабжения, а также расходы на строительство и эксплуатацию распределительных устройств высокого напряжения. При распределенной схеме питания облегчается защита от токов короткого замыкания в контактной сети, уменьшается потенциал рельсов относительно земли, что снижает интенсивность электрокоррозии, уменьшается мешающее влияние на смежные устройства.

Более перспективным решением является повышение напряжения в тяговой сети постоянного тока и на ЭПС. Структурная схема устройств электроэнергетического комплекса новой системы посто-

янного тока высокого напряжения в контактной сети 24 кВ представлена на рис. 3.

Система централизованного тягового электроснабжения постоянного тока с высоким уровнем напряжения позволяет значительно увеличить расстояние между тяговыми подстанциями, снизить сечение проводов контактной подвески, уменьшить потери энергии в устройствах электроснабжения.

Система централизованного электроснабжения предполагает повышение уровня напряжения в контактной сети до 24 кВ и размещение на ЭПС однофазных преобразователей постоянно-постоянного тока 24/3 кВ с промежуточным контуром переменного тока. Лучшим решением при этом является многосистемный ЭПС, способный выполнять свои функции при напряжении в контактной сети 3 кВ и 24 кВ постоянного тока и 25 кВ однофазного переменного тока.

Предложение по разработке трехсистемной структуры электроподвижного состава

Повышение уровня напряжения в контактной сети постоянного тока до 24–35 кВ требует создания ЭПС, обеспечивающего возможность работы на действующих участках, электрифицированных как на постоянном, так и на переменном токе. На рис. 4 приведена структурная схема реверсивного преобразователя ЭПС постоянно-переменного тока, реализованного на базе универсальных четырехквadrантных преобразователей силовой электроники модуляционного типа. Они позволяют оптимизировать режимы работы оборудования и повысить его энергоэффективность [9].

Исследование энергетических характеристик централизованного питания электрической тяги постоянного тока напряжением 24 кВ выполнено на имитационной модели, реализованной в программном комплексе MATLAB Simulink [9]. Модель имитирует преобразовательный комплекс одной 5-вагонной секции реального моторвагонного двухсистемного поезда конструкционной скорости 350 км/ч с тяговым асинхронным двигателем (ТАД).

На двух моторных вагонах установлены 8 ТАД суммарной мощностью 5400 кВт. В модели предусмотрены источник питания постоянного тока 25 кВ, контактная сеть 24 кВ, входной фильтр ЭПС, а также входной преобразователь постоянно-переменного тока (DC 24 кВ / AC25 кВ) из четырех последовательно включенных

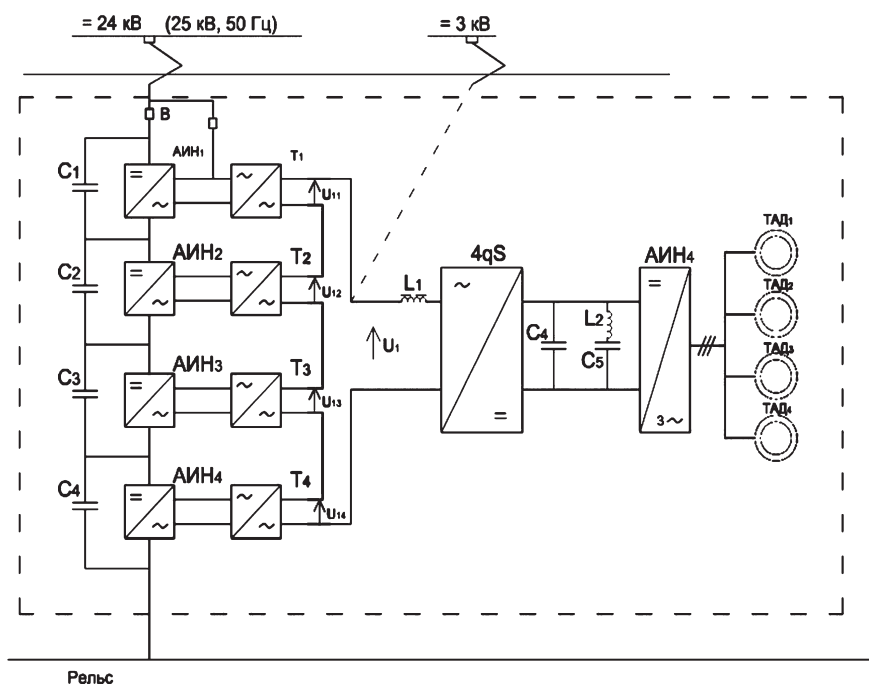


Рис. 4. Схема силовых цепей реверсивного преобразователя ЭПС

мостовых секций автономных инверторов напряжения с широтно-импульсной модуляцией (АИН ШИМ), однофазного трансформатора с секционированными первичными и вторичными обмотками последовательно-параллельного соединения двух параллельно включенных однофазных АИН ШИМ, выполняющих функцию выпрямителя и инвертора, контура постоянного напряжения с фильтром, двух трехфазных АИН ШИМ, включенных в работу с ТАД каждого моторного вагона.

Исследования подтвердили расчетные значения параметров энергетических звеньев новой системы постоянного тока высокого напряжения, обеспечивающие преимущество системы постоянного тока 24 кВ перед системой однофазного переменного тока 25 кВ 50 Гц.

Заключение

Для повышения технологической производительности электротягового комплекса сформировано направление совершенствования электрифицированных железных дорог, основанное на идее передачи электрической энергии к ЭПС на постоянном токе высокого напряжения с изменением структуры системы тягового электроснабжения постоянного тока и применением трехсистемного ЭПС.

Требуемые параметры комплекса тягового электроснабжения для заданной технологической производительности высчитываются по разработанной методике определения энергоемкости перевозочного процесса при высокоскорост-

ном и тяжеловесном движении и предложенного метода структурного синтеза устройств тягового электроснабжения на основе классификации по критериям постоянства плотности тока и допустимой потери напряжения в контактной сети.

Представленные схемотехнические и технологические структурные решения системы централизованного тягового электроснабжения постоянного тока с высоким уровнем напряжения в контактной сети и системы распределенного тягового электроснабжения с продольными питающими линиями постоянного тока высокого напряжения и пунктами понижения напряжения постоянно-постоянного тока позволяют обеспечивать необходимые размеры движения для ВСМ и участков с интенсивным движением грузовых поездов. Применение систем централизованного и распределенного тягового электроснабжения возможно для проектирования новой электрификации, а также усиления действующих магистральных участков электрифицированных линий постоянного тока.

Создание электротягового комплекса с трехсистемным ЭПС универсального применения и системой тягового электроснабжения постоянного тока высокого напряжения позволит повысить эффективность работы электрифицированных магистралей, снизить затраты на обслуживание и ремонт, обеспечить конкурентоспособность электрифицированных железных дорог.

Источники

1. Аржанников Б. А., Бадер М.П., Бурков А.Т. и др. Совершенствование основных требований к системе и устройствам тягового электроснабжения постоянного тока // Электротехника. 2016. № 9. С. 51–57.
2. Бурков А. Т., Марикин А.Н., Степанова К.К. Современные приоритеты интенсификации перевозок на магистральном электрическом транспорте // Сб. тр. XI Санкт-Петербургского конгресса 23–24 ноября 2017 г. «Профессиональное образование, наука и инновации в XXI веке». СПб., 2017.
3. Бурков А. Т., Жемчугов В.Г., Степанова К.К. Техническое развитие электрической тяги постоянного тока с универсальными многоквadrantными преобразователями силовой электроники // Электроника и электрооборудование транспорта. 2019. № 6. С. 37–42.
4. Аржанников Б. А., Закарюкин В.П., Крюков А.В. и др. Перспективы развития системы трехфазной электрической тяги // Железнодорожный транспорт. 2023. № 9. С. 47–52.
5. Киселев И. П. и др. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: учеб. пособие: в 2 т. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ФГБОУ ДПО УМЦ ЖДТ, 2020. Т. 1. 428 с.; т. 2. 372 с.
6. СТО РЖД 02.043–2011. Управление ресурсами, рисками и надежностью на этапах жизненного цикла (УПРАН): системы, устройства и оборудование хозяйства электрификации и электроснабжения. Требования надежности и функциональной безопасности.
7. Марикин А. Н., Степанова К.К. Особенности оптимизации подсистемы электроснабжения электрической тяги на железнодорожном транспорте // Изв. ПГУПС. 2018. Т. 15, № 3. С. 414–425.
8. Жемчугов В.Г. Энергетический комплекс тягового электроснабжения 3 кВ с питающими линиями постоянного тока высокого напряжения: дис. ... канд. техн. наук. СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2021. 186 с.
9. Степанова К.К. Совершенствование электротехнических устройств железнодорожного электроснабжения системы постоянного тока высокого напряжения: дис. ... канд. техн. наук. СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2021. 143 с.
10. Агунов А. В., Бурков А.Т., Иванов М.А. Модель совместной работы системы тягового и внешнего электроснабжения // БРНИ. 2022. Вып. 3. С. 24–38.

Радиосвязь для высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург



Д. Н. Роевков,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Электрическая
связь» Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),



П. А. Плеханов,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Электрическая
связь» ПГУПС

В 2023 г. были подготовлены изменения разработанных в ПГУПС специальных технических условий для проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург. При этом требования к системам радиосвязи предполагают использование современных стандартов и технологий, позволяющих реализовать необходимые функции безопасного и эффективного управления движением поездов и технической эксплуатации будущей магистрали.

Специальные технические условия (СТУ) являются обязательными для применения и содержат дополнительные к установленным или отсутствующие технические требования в области безопасности, которые отражают особенности инженерных изысканий, проектирования, строительства, демонтажа объекта капитального строительства, а также содержат отступления от установленных норм. Порядок разработки и согласования СТУ определен приказом Министра России от 30 ноября 2020 г. № 734/пр. В структуре нормативных документов специальные технические условия

относятся к нормативным документам корпоративного уровня (рис. 1) [1].

Раздел СТУ [2] по электросвязи для высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург (ВСЖМ-1) разработан в силу отсутствия требований к проектированию систем передачи данных с применением радиосвязи [3] на подвижной состав, движущийся со скоростью до 400 км/ч, а также для обеспечения оперативного функционирования всех подсистем инфраструктуры с заданными параметрами [4–6].

При разработке подразделов, посвященных радиосвязи, был учтен имеющийся мировой опыт проектирования, строительства и эксплуатации данных систем для скоростных и высокоскоростных железнодорожных линий [7–10].

Общие сведения об организации радиосвязи

Железнодорожная радиосвязь на ВСЖМ-1 должна включать следующие системы:

- основную и резервную цифровые системы технологической радиосвязи (ЦСТР). В качестве основной должна использоваться система стандарта LTE, резервной — стандарта DMR;
- систему технологической ремонтно-оперативной радиосвязи (РОРС) на основе сетей подвижной связи коммерческих операторов. Эти сети могут использоваться для передачи только той информации, которая не связана с безопасностью движения поездов;
- цифровую беспроводную систему передачи данных (БСПД) для информационно-управляющих систем (ИУС).

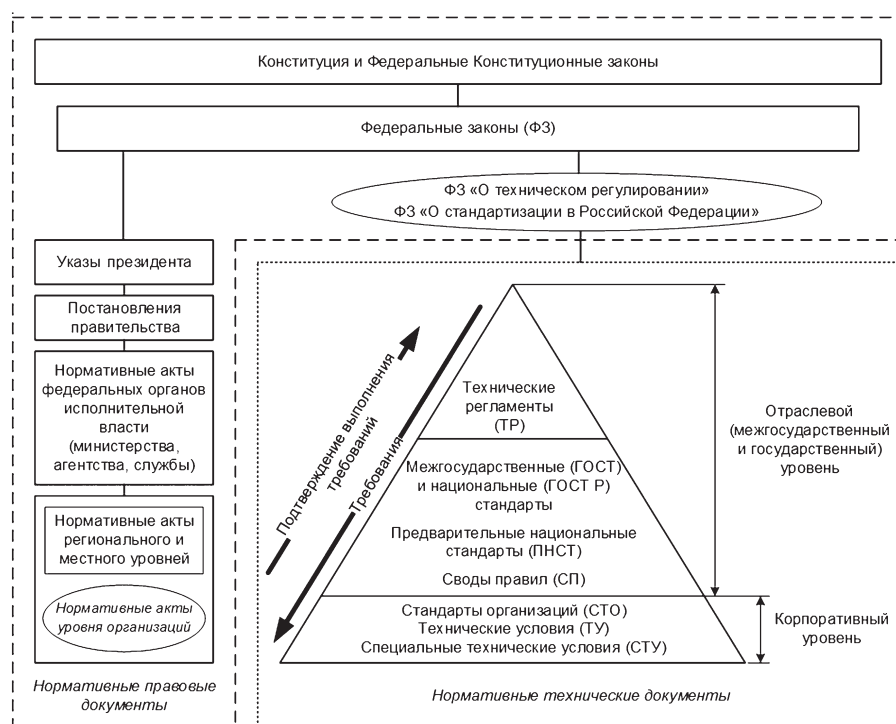


Рис. 1. Структура нормативных документов Российской Федерации

Основная ЦСТР предназначена для организации следующих видов связи при скоростях движения до 400 км/ч:

- поездной радиосвязи (ПРС) с использованием индивидуальных, групповых и циркулярных вызовов поездных и энергодиспетчеров, машинистов локомотивов, моторвагонных поездов и специального подвижного состава, дежурных по станциям и депо, начальников поездов и других сотрудников, участвующих в поездной работе;

- беспроводных каналов передачи данных ИУС для управления движением поездов и обеспечения безопасности.

ЦСТР стандарта DMR (диапазона 160 МГц) является резервной системой поездной радиосвязи при скорости до 250 км/ч, а также основной системой станционной радиосвязи.

В связи с отсутствием отечественного и международного практического опыта использования ЦСТР стандарта DMR на скоростях до 400 км/ч применение ЦСТР стандарта DMR в качестве резервной системы ПРС должно происходить со снижением скорости движения подвижных единиц до значений, для которых обеспечение заданных требований к каналам ПРС гарантировано.

БСПД предназначена для обеспечения каналов передачи данных в ИУС. Организация БСПД может осуществляться с использованием цифровых систем радиосвязи стандартов LTE, DMR. Конкретный тип системы для БСПД должен определяться на этапе проектирования с учетом конкретных требований к каналу передачи данных со стороны ИУС, местных условий, а также требований по безусловному обеспечению электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств.

Оснащение подвижного состава средствами радиосвязи

Подвижной состав, эксплуатируемый на ВСЖМ-1, должен быть оснащен следующими средствами радиосвязи:

- многодиапазонными радиостанциями передачи речи с приемопередатчиками диапазонов 160 МГц (стандарт DMR и аналоговая радиосвязь), 2 МГц (аналоговая радиосвязь) и 1800 МГц (стандарт LTE). Аналоговая голосовая радиосвязь необходима для связи с подвижным объектом при его выезде за пределы ВСЖМ-1 на железнодорожные участки, оснащенные соответствующими системами;

- радиостанциями для организации РОРС на базе сетей подвижной связи коммерческих операторов;

- радиостанциями передачи данных для работы ИУС.

Помимо перечисленных радиостанций подвижной состав должен оснащаться модулями спутниковой навигации, необходимыми для работы систем управления движением поездов и иных систем, требующих определения местоположения подвижного объекта.

Функциональные требования к основной ЦСТР

Основная ЦСТР должна обеспечивать выполнение следующих функций передачи речи:

- циркулярный голосовой вызов;
- групповой голосовой вызов;
- вызовы, адресуемые в зависимости от места;
- функциональный вызов;
- железнодорожный аварийный вызов;
- общегражданский аварийный вызов (112);
- вызовы между абонентами, включая использование номеров MSISDN.

В процессе реализации основной ЦСТР на основе анализа технологических процессов формируется таблица доступности абонентов ВСЖМ-1, в которой должны быть определены группы и категории абонентов, условия доступности для них основной (и резервной) ЦСТР, права, обязанности, приоритеты вызовов и др.

В основной ЦСТР должны быть предусмотрены функции передачи данных коммутируемых цепей, пакетных данных, коротких текстовых сообщений (SMS).

Отправка SMS должна быть возможна с использованием номера MSISDN, функциональной и зависящей от места адресаций. При этом отправка (прием) сообщений должна быть предусмотрена из терминалов как мобильной, так и фиксированной диспетчерской связи. Отправитель SMS должен автоматически информироваться о получении адресатом сообщения.

Выбираемые при проектировании топология ЦСТР, места размещения базовых станций (БС) на участке ВСЖМ-1, высоты установки антенн должны обеспечивать непрерывное радиопокрытие и радиосвязь с вероятностью 95 % по времени и месту на границах зоны обслуживания каждой БС.

Непрерывность радиопокрытия должна обеспечиваться за счет:

- организации связи без переустановки соединения абонентом на все время занятия радиоканала для информационного обмена с учетом заданной вероятности обеспеченности связью по месту и времени;

- перекрытия зон обслуживания смежных БС, достаточного для реализации функции эстафетной передачи («хэндовера»);

- двойного покрытия зон обслуживания соседних БС.

Мониторинг и администрирование основной ЦСТР

Для реализации функций мониторинга и администрирования ЦСТР должна использоваться действующая Единая система мониторинга и администрирования сети связи ОАО «РЖД» (ЕСМА).

Информация о состоянии оборудования будет передаваться по служебным каналам группового линейного тракта и поступать в сеть передачи данных ЕСМА через шлюзовые элементы.

При этом действующее серверное оборудование ЕСМА должно располагаться в Центре технологического управления (ЦТУ), а рабочие места операторов — в ЦТУ и центрах технического обслуживания (ЦТО).

Основные требования к ЦСТР стандарта DMR

В ЦСТР стандарта DMR должны быть реализованы две функции передачи речи: циркулярный и групповой голосовые вызовы.

По аналогии с основной цифровой системой технологической радиосвязи для ЦСТР стандарта DMR на основе анализа технологических процессов должна быть сформирована таблица доступности абонентов ВСЖМ-1 с определением их групп и категорий, условий доступности абонентов сетей DMR и других сетей (основной ЦСТР), прав, обязанностей, приоритетов вызовов и т.д.

Для передачи данных в ЦСТР стандарта DMR должна быть реализована функция передачи данных коммутируемых цепей. В состав ЦСТР стандарта DMR, используемой для организации ПРС, должны входить:

- распорядительная станция;
- диспетчерские абонентские терминалы (пульты);
- пульты дежурных по станции;

- сервер управления сетью радиосвязи (радиосервер);
- стационарные радиостанции;
- ретрансляторы;
- локомотивные (возимые) радиостанции стандарта DMR в вариантах исполнения для телефонной связи и передачи данных;
- носимые радиостанции;
- программное обеспечение системы, позволяющее конфигурировать стационарные, мобильные, носимые и распорядительную радиостанции, репитеры;
- автоматизированное рабочее место (АРМ) мониторинга, контроля, администрирования системы, сопряженное с ЕСМА;
- регистратор переговоров.

Цифровая система передачи данных по радиоканалу, организованная на базе ЦСТР стандарта DMR, должна включать стационарную и локомотивную радиостанции с функцией передачи данных по радиоканалу, а также АРМ мониторинга, контроля, администрирования системы, взаимодействующее с ЕСМА.

Мониторинг и администрирование ЦСТР стандарта DMR

В ЦСТР стандарта DMR должны быть предусмотрены мониторинг и администрирование стационарных и локомотивных радиостанций, репитеров, терминалов и пультов управления, а также управление работой системы в целом через АРМ администратора сети и взаимодействие с ЕСМА.

При этом единая система мониторинга и администрирования должна обеспечивать работу с радиоканалом и следующими голосовыми функциями:

- настройка схем перенаправления вызовов, позволяющих соединять между собой различные радиосети (каналы), в том числе аналоговые и цифровые, объединяя их в общую радиосеть;
- подключение внешнего микрофона (тангенты) к распорядительной станции (нажатие тангенты автоматически инициирует вызов на выбранном канале).

Организация ремонтно-оперативной радиосвязи на базе сетей коммерческих операторов

Система технологической ремонтно-оперативной радиосвязи на базе сетей радиосвязи коммерческих операторов (РОРС СРКО) предназначена для предоставления подвижной радиотелефонной связи персоналу ВСЖМ-1 для выполне-

ния технологических процессов технического обслуживания, ремонта объектов инфраструктуры и подвижного состава. По каналам РОРС СРКО может передаваться только такая информация, которая непосредственно не связана с обеспечением безопасности движения поездов.

Персонал высокоскоростной магистрали по системе РОРС СРКО может осуществлять радиотелефонную связь:

- между собой и внутри структурного подразделения по заданным параметрам доступности соединений абонентов;
- между структурными подразделениями и филиалами ОАО «РЖД» по заданным параметрам доступности соединений;
- с оперативно-диспетчерским аппаратом структурных подразделений, филиалов и центрального аппарата ОАО «РЖД»;
- с руководителями структурных подразделений, филиалов, центрального аппарата ОАО «РЖД»;
- с экстренными службами.

В системе должны быть предусмотрены индивидуальные и групповые вызовы, выход абонентов в сети общетехнологической телефонной связи (ОбТС) и оперативно-технологической связи (ОТС), использование системы приоритетов, регистрация переговоров, передача данных в режиме коммутации пакетов. Для вызовов в системе РОРС СРКО должна быть предусмотрена возможность использования «коротких номеров».

Для каждой железной дороги ОАО «РЖД», по территории которой проходит ВСЖМ-1 (Октябрьская и Московская), в рамках выделенного диапазона нумерации ОбТС должны быть разработаны таблицы доступности абонентов, в которых указываются:

- полный список абонентов РОРС СРКО ВСЖМ-1;
- сформированные группы абонентов;
- связанность между группами;
- DEF-абонентские номера оператора и соответствующие им номера ведомственной сети.

В системе РОРС СРКО могут использоваться носимые абонентские терминалы, устанавливаемые на подвижных объектах, и стационарные для оперативно-диспетчерского аппарата ВСЖМ-1.

Система спутниковой связи

Для связи с местом проведения аварийно-восстановительных работ на ВСЖМ-1 в настоящее время рассматри-

вается вопрос использования системы спутниковой связи, которая должна обеспечивать следующие виды голосовой связи и связи передачи данных:

- голосовая связь:
 - место работ — абонент сети ОбТС ОАО «РЖД»;
 - место работ — абонент центра управления ВСЖМ-1;
 - носимый терминал — подвижный пункт управления;
 - носимый терминал — абонент сети ОбТС ОАО «РЖД»;
 - носимый терминал — абонент центра управления ВСЖМ-1;
 - носимый терминал — носимый терминал;
- передача данных:
 - место работ — сеть системы передачи данных (СПД) ОАО «РЖД»;
 - место работ — центр управления ВСЖМ-1;
 - видеокамера — сеть СПД ОАО «РЖД»;
 - видеокамера — центр управления ВСЖМ-1.

Система спутниковой связи должна включать абонентское оборудование (носимые терминалы, видеокамеры) и устройства связи с местом работ, устанавливаемые в подвижном пункте управления (рис. 2).

Носимые терминалы обеспечивают работу в режимах голосовой связи. Видеокамеры поддерживают передачу видеозображения и голоса по радиоканалу на штабной автомобиль (вагон) и/или в СПД ОАО «РЖД» (центр управления ВСЖМ-1).

В состав устройств подвижного пункта управления входят: возимое оборудование и переносная станция спутниковой связи, точка (точки) доступа (Wi-Fi/DECT), обеспечивающая работу абонентского оборудования; пульт управления и ПЭВМ оператора связи; коммутационное оборудование; система электропитания.

При проведении аварийно-восстановительных работ организация связи на основе системы спутниковой связи должна быть выполнена с использованием следующих каналов:

- место проведения работ — центр управления ВСЖМ-1 (в том числе полевой диспетчер);
- место проведения работ — телефонные номера и сеть передачи данных ОАО «РЖД».

При этом связь внутри фронта восстановительных работ и в каналах связи, определенных выше (часть канала), должна организовываться с использо-

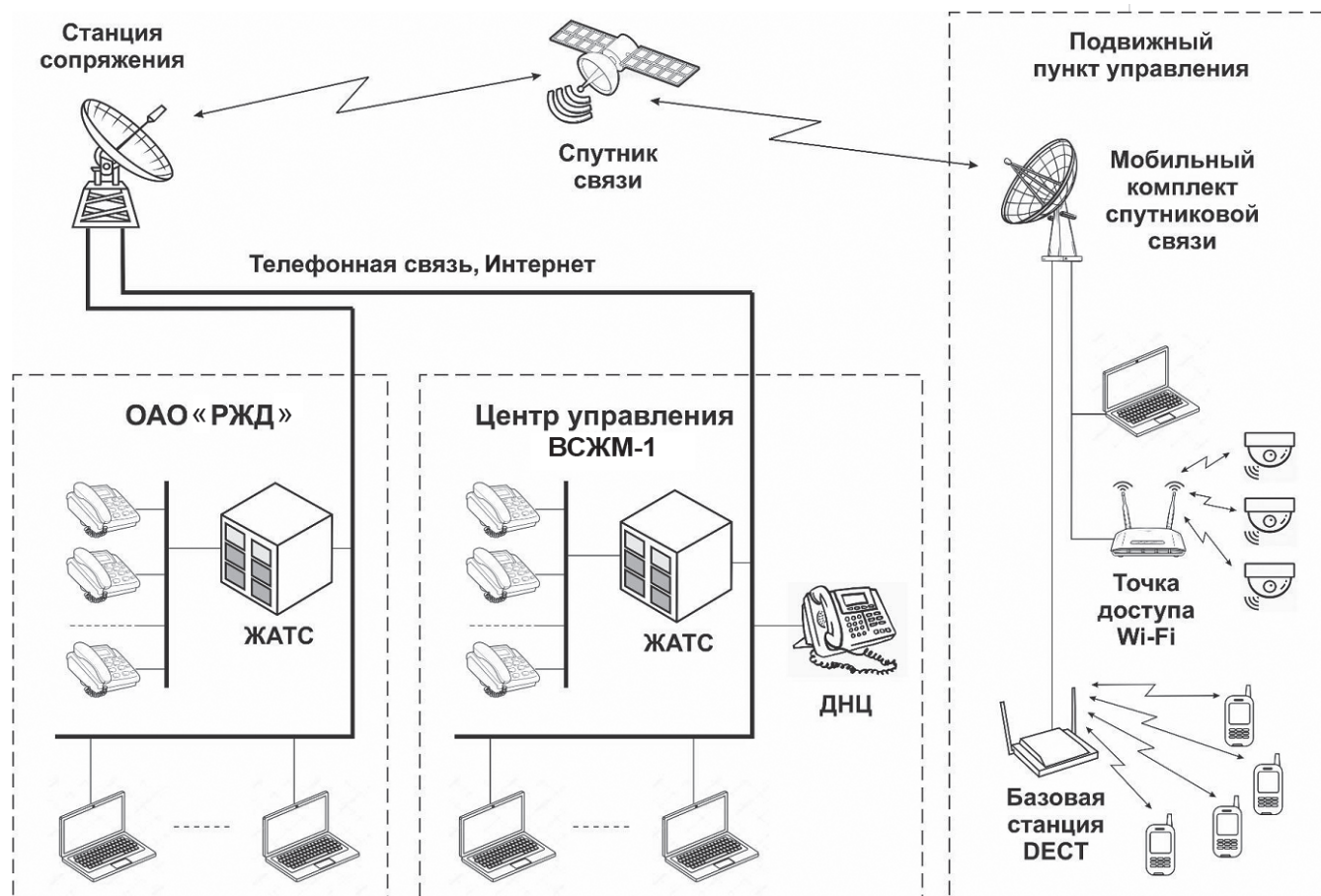


Рис. 2. Схема организации связи на ВСЖМ-1 на основе системы спутниковой связи

ванием беспроводных средств связи на основе технологии DECT.

При передаче видеоизображения должны применяться переносные комплекты оборудования для передачи аудио- и видеоинформации совместно со средствами беспроводного широкополосного доступа Wi-Fi. Также должен быть предусмотрен выход в телефонную сеть общего пользования и Интернет.

Для организации связи в месте проведения работ должны использоваться следующие технические средства:

- на подвижном объекте — мобильный комплект подвижной спутниковой связи, базовая станция DECT, точка доступа Wi-Fi, антенна;
- в месте проведения работ — носимые терминалы DECT с микрогарнитурой, переносной комплект оборудования для передачи аудио- и видеоинформации.

Заключение

Системы радиосвязи входят в число важнейших подсистем, обеспечивающих безопасность и эффективность перевозочного процесса на ВСЖМ-1.

Специальные технические условия, определяющие в том числе требования

к системам радиосвязи, станут основой для проектирования систем железнодорожной радиосвязи на ВСЖМ-1, обеспечат корректность принимаемых проектных решений, помогут выбрать конкретные системы радиосвязи.

В конечном счете это позволит обеспечить весь комплекс услуг по передаче речи и данных для всех пользователей технологической железнодорожной связи на ВСЖМ-1, включая системы управления движением поездов.

Источники

1. Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Стандартизация требований для систем беспроводной связи // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 4. С. 38–42.
2. Специальные технические условия «Проектирование, строительство и эксплуатация высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург (ВСЖМ-1)», 2021 г. Согласованы письмом Минстроя России от 09.09.2021 № 38375-АЛ/03.
3. Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Цифровые системы подвижной связи на железнодорожном транспорте. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2020. 41 с.

4. Роенков Д.Н., Шматченко В.В., Плеханов П.А., Иванов В.Г. Основные требования к организации радиосвязи на высокоскоростной магистрали // Транспорт РФ. 2015. № 2. С. 49–52.
5. Канаев А.К., Привалов А.А., Котов В.К. и др. Телекоммуникационные системы и сети высокоскоростного железнодорожного транспорта // БРНИ. 2017. № 3. С. 28–46.
6. Роенков Д.Н., Плеханов П.А., Шматченко В.В. Системы радиосвязи высокоскоростного железнодорожного транспорта // БРНИ. 2017. № 3. С. 57–68.
7. Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Подвижная связь 5G // Автоматика, связь, информатика. 2019. № 5. С. 8–12.
8. Роенков Д.Н., Плеханов П.А. Технология ММО для подвижной связи 5G // Автоматика, связь, информатика. 2019. № 8. С. 21–25.
9. Роенков Д.Н., Плеханов П.А. Мобильные сети поколения 5G: перспективы применения // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 10. С. 2–7.
10. Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Переход к будущей железнодорожной системе подвижной связи // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 5. С. 6–11.

Управление аэродинамическим взаимодействием высокоскоростного поезда с элементами искусственных сооружений тоннельного типа



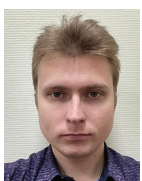
А. А. Воробьев,
д-р техн. наук,
заведующий кафедрой
«Наземные транспортно-
технологические
комплексы»
Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),



Д. Д. Каримов,
аспирант ПГУПС,



К. А. Сотников,
аспирант ПГУПС,



Н. В. Богданов,
аспирант ПГУПС

Среди наиболее характерных сооружений, лимитирующих скорость движения поездов, следует назвать тоннели. Соответственно, весьма важно изучать аэродинамические явления во время прохождения по ним высокоскоростных составов и нивелировать отрицательное воздействие воздушных потоков на их движение.

В тоннельном сооружении формирование воздушных масс вокруг корпусных элементов движущегося транспортного средства имеет специфический характер. Из-за вязкостных свойств при движении воздуха между поверхностью обделки тоннеля и корпусом подвижного состава возникают поперечные вихри, блокирующие свободное течение воздушных масс в зазоре [1, 2].

При этом структура динамического распределения избыточного давления текучей среды в объеме тоннеля постоянно изменяется по мере перемещения поезда. Перед движущимся высокоскоростным подвижным составом образуется область повышенного давления, причем его резкий перепад происходит в головной части.

Далее давление практически линейно снижается по направлению к хвосту состава. Вблизи него снова возникает скачок и область разрежения, давление в которой также изменяется по направлению к выходу из тоннеля (рис. 1).

Характер распределения полей давления на поверхности подвижного

состава и структурообразование возмущенной воздушной среды в ограниченном пространстве протяженных тоннельных сооружений зависит в значительной степени от ряда факторов: геометрии форм корпуса подвижного состава, скорости движения, дистанции до объектов приближенной инфраструктуры. При этом создаются условия, при которых динамический энергетический баланс обеспечивается высокоскоростным перемещением значительных объемов воздушных масс в зазоре «корпус подвижного состава — внутренняя поверхность тоннеля» [3–6].

Решающими факторами аэроупругого взаимодействия подвижного состава в порталных сооружениях тоннеля являются скорость инерционного наддува (напор) воздушных потоков, инициированных их ускоренным вытеснением объемом корпуса поезда, удельное сопротивление воздушной среды, а также коэффициент блокирования β_0 , представляющий собой индивидуальный параметр для каждого конкретного варианта тоннельного сооружения. Он определяется площадью сечения и протяженностью тоннеля, длиной поезда, шероховатостью стенок, установившейся скоростью воздуха, наличием и расположением вентиляционных шахт.

Инженерные методы определения сопротивления воздушной среды при движении поезда в тоннеле базируются на положениях теории течения жидкой среды в трубопроводах [3, 7]. В настоящее время преобладает подход, при котором

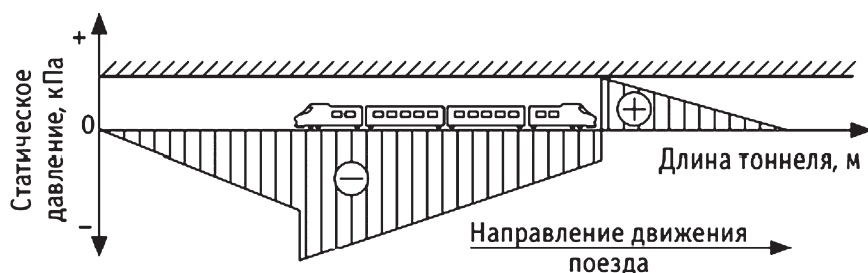


Рис. 1. Эпюра распределения давления в тоннеле по длине поезда

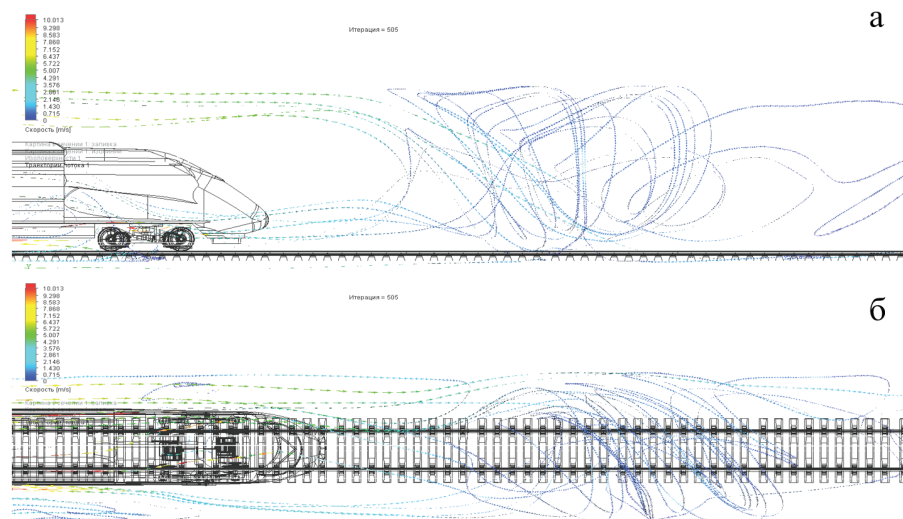


Рис. 2. Траектории движения воздушных масс в процессе образования поршневого эффекта (тоннель для наглядности не визуализирован): а) вид сбоку; б) вид сверху

сопротивление воздуха прямо пропорционально коэффициенту, величина которого зависит от габаритов тоннеля и внешней формы поезда [3].

Математическое моделирование аэродинамического взаимодействия высокоскоростного подвижного состава в тоннеле

Рассмотрим процесс выхода из тоннеля высокоскоростного поезда типа «Сапсан», движущегося со скоростью 200 км/ч (рис. 2) [8, 9].

Результаты численного моделирования [4–12] процесса движения поезда в тоннеле подтверждают волновую природу движения воздушных масс, вытесняемых головным обтекателем поезда, поскольку перед ним формируются устойчивые вихревые образования повышенной плотности (пучности), чередующиеся с зонами разрежения. Они создают основное механическое сопротивление движению поезда.

Отметим, что зоны пучностей формируются не только перед обтекателем, но и на стесненных участках вдоль и за габаритом состава. На участках пучностей траектории движения перемещаемых поездом воздушных масс принимают спиралевидную форму с переменным прогрессирующим шагом. Характерная форма движения уплотняемых масс текучей среды объясняется энергетической целесообразностью сохранения массы и импульса для ньютоновских жидкостей (напряжения коррелируют с локальной скоростью деформации в рассматриваемой точке).

Спиралевидное вращающееся формирование элементарных воздушных

объемов (жгутов) — устойчивое явление, способное длительное время поддерживать внутренний энергетический баланс, не распадаться и упруго взаимодействовать с подобными образованиями. Образующаяся при этом двойная спираль состоит из двух спиралей (рис. 3):

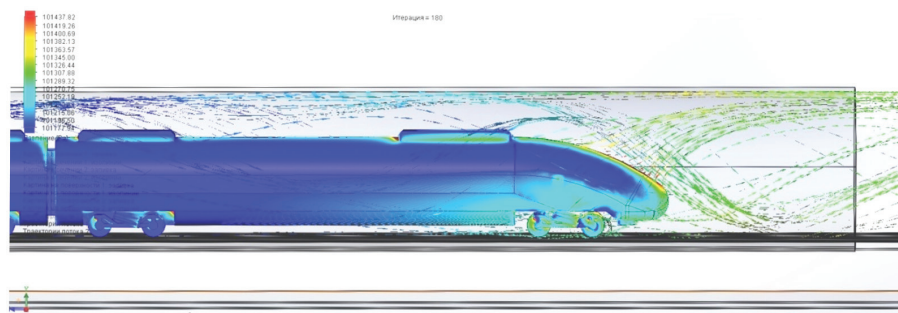


Рис. 3. Компонентный состав спирали траектории воздушных масс в составе поршневого явления

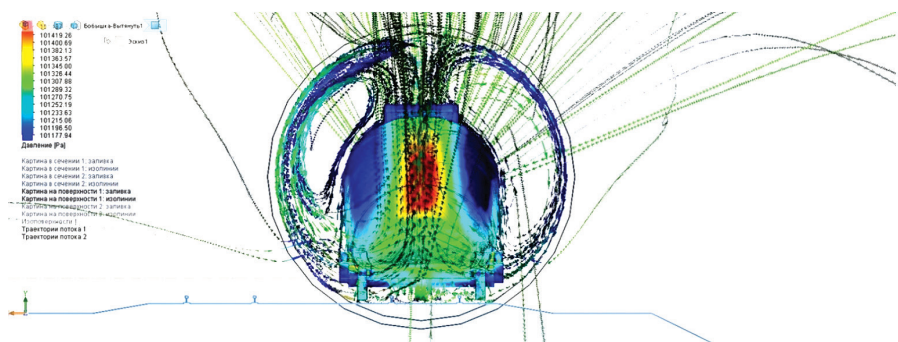


Рис. 4. Спиральные течения воздушных масс (поперечное сечение)

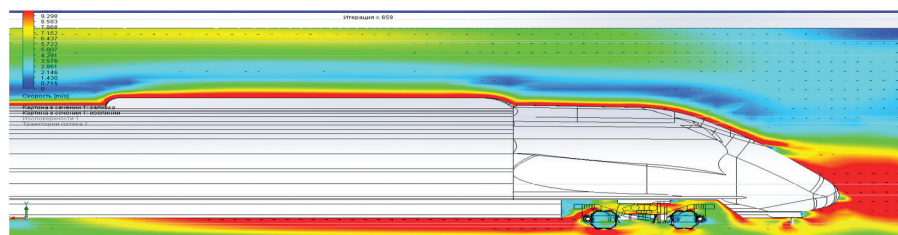


Рис. 5. Эпюра распределения скоростей воздушных потоков вблизи движущегося в тоннеле высокоскоростного подвижного состава

• направленной по нормали к наклонной поверхности головного обтекателя в данную часть корпуса подвижного состава;

• проходящей параллельно наклонной поверхности головного обтекателя поезда, направленной в область кровли подвижного состава.

На рис. 4 показано, что данные спиральные течения воздушных масс практически не связаны между собой и занимают объемы пространства зазора «поезд — тоннель» относительно вертикальной плоскости симметрии вдоль всего корпуса подвижного состава.

Эпюра распределения скоростей при движении поезда по тоннелю представлена на рис. 5.

Структурный след воздушной среды в зазоре «поезд — тоннель» представляет собой систему разнонаправленных взаимодействующих между собой потоков с послойным распределением. В зависимости от кривизны профиля поверхности корпуса вагона, скорости потока и вязкости текучей среды толщина слоев изменяется от передней к задней кромке профи-

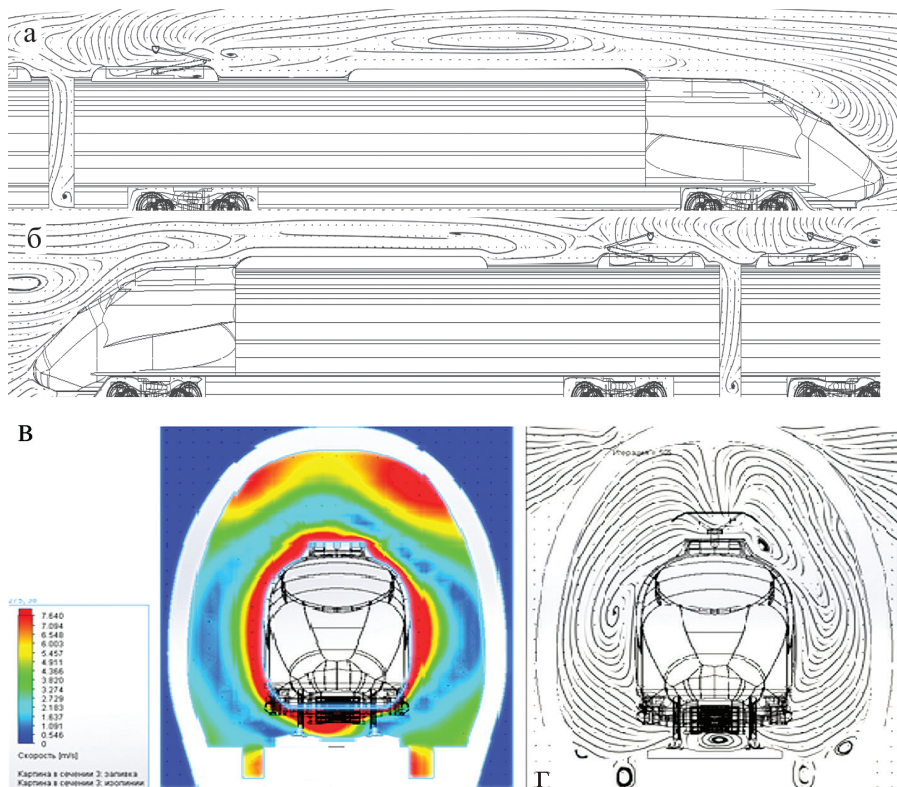


Рис. 6. Формирование вращательного движения воздушных масс, находящихся в зазоре «поезд – тоннель» и схема образования вихревой структуры: а) головная часть состава, б) хвостовая часть, в) эпюра распределения скорости движения воздуха в поперечном сечении, г) эпюра вихревой структуры воздуха в поперечном сечении

ля. Формирование указанной структуры (рис. 5) обусловлено образованием поверхностями корпуса вагона и обделки тоннеля плоского диффузора с относительным поступательным движением одной из его составляющих поверхностей.

При этом формирование пограничных слоев на поверхностях этого диффузора предполагает скорость воздушного потока относительно скорости поверхности, равную нулю. Вязкое взаимодействие двух разнонаправленно движущихся относительно друг друга воздушных сред создает условия формирования вращательного движения воздушных масс, находящихся в зазоре «поезд – тоннель» (рис. 6).

На рис. 6 видны образования вихревого характера над крышевой областью состава, в подвагонной области и на боковых участках корпуса поезда. На эпюре поперечного сечения красным цветом показаны скоростные потоки разнонаправленного движения воздушных масс, причем в непосредственной близости от состава они имеют сонаправленное движение с поездом, а в верхней части и лотках – противоположное. В средней части потока имеется низкоскоростное вращательное движение воздушной среды. Таким образом достигается энергетический баланс системы.

В процессе перемещения (входа/выхода) подвижного состава относительно пре-

делов габарита тоннеля происходят резкие изменения параметров состояния воздушной среды. Ускоренное вытеснение воздуха поступательно движущимся корпусом под-

вижного состава вызывает появление чередующихся локальных зон уплотненных масс, а также зон разряжения, движущихся со скоростью поезда. Свойства этих зон, их местоположение относительно поезда (или тоннеля) и направление перемещения зависят от ряда факторов, в частности, от скорости изменения объема окружающего пространства.

При входе высокоскоростного подвижного состава в тоннель происходит сжатие воздушных масс в стесненных условиях тоннеля (поршневой эффект), сопровождающееся появлением вихревых образований воздуха, что создает дополнительное сопротивление движению поезда (рис. 7).

В результате сочетания действующих факторов (на этапе достижения равенства сил поверхностного трения) воздушная среда начинает совершать вращательные движения, образуя поперечный вихрь, который, будучи энергетически устойчивым образованием, плохо подвержен деформации поперечного сечения. Следовательно, с уменьшением размеров поперечного сечения тоннеля он оказывает значительное сопротивление совместно с поездом движению воздуха, блокируя перемещение всего объема движущихся воздушных масс, что вызывает развитие зоны разряжения непосредственно за габаритом головного обтекателя.

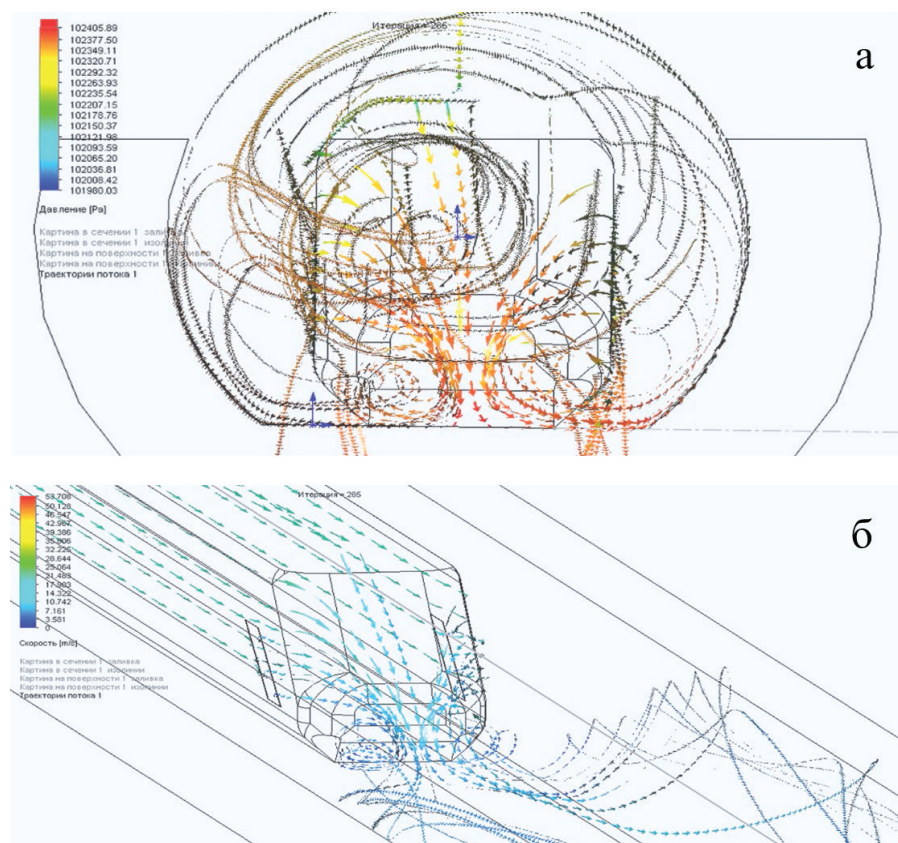


Рис. 7. Формирование вихревых образований: а) головной обтекатель; б) хвостовой обтекатель

Вследствие волновой природы движения воздушных масс в объеме тоннеля наблюдаются явления интерференции отраженных волн микродавления, которые вызывают здесь многократные скачкообразные колебания давления. Кроме того, при выходе поезда из тоннельного пространства на открытую поверхность мгновенно изменяется разреженное давление за хвостовым обтекателем состава до нормального уровня окружающей среды.

Далее показаны основные методы по оптимизации аэродинамического взаимодействия высокоскоростного подвижного состава при прохождении тоннеля и выходе из него.

Выносные порталные конструкции конической формы без атмосферных каналов

Для постепенного изменения объема окружающего пространства вокруг высокоскоростного подвижного состава можно применять порталное сооружение в виде оболочки конической формы, продлевающей торцовую часть тоннеля (рис. 8).

Математическим моделированием [9] установлено, что формирование вихревых структур, находящихся в зазоре порталного сооружения тоннеля и надкрышевого пространства высокоскоростного подвижного состава, вызывает существенное сопротивление движению поезда (рис. 9).

Выносные порталные конструкции параболической формы без атмосферных каналов

Применение такого типа порталных конструкций создает условия для ускоренного процесса компенсации давления. Во всем остальном механизм взаимодействия текучей среды с поверхностями тоннеля и высокоскоростного подвижного состава аналогичен варианту с порталом конической формы (рис. 10).

На рис. 11 приведены эпюры распределения давления, скорости и интенсив-

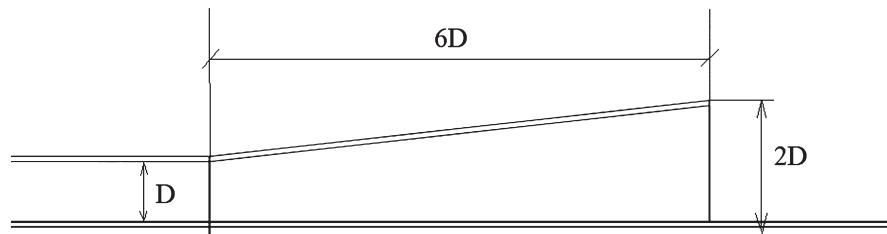


Рис. 8. Схема порталной конструкции без атмосферных каналов. D — диаметр тоннеля

ности турбулентности. Процесс аэроупругого взаимодействия здесь имеет тенденцию к усложнению и росту показателей блокирования.

Насыщенная турбулизация воздушных потоков при движении высокоскоростного подвижного состава относительно портала тоннеля значительно увеличивает сопротивление движению и является основным недостатком указанных вариантов решений порталной части тоннельного сооружения.

Выносные порталные конструкции параболической формы с атмосферными каналами

Для снижения указанного эффекта разработана схема порталного сооружения параболической формы с атмосферными каналами. Представленная на рис. 12 конструкция порталной части тоннеля за счет постепенного включения в работу атмосферных каналов при движении высокоскоростного подвижного состава в пределах габарита позволит

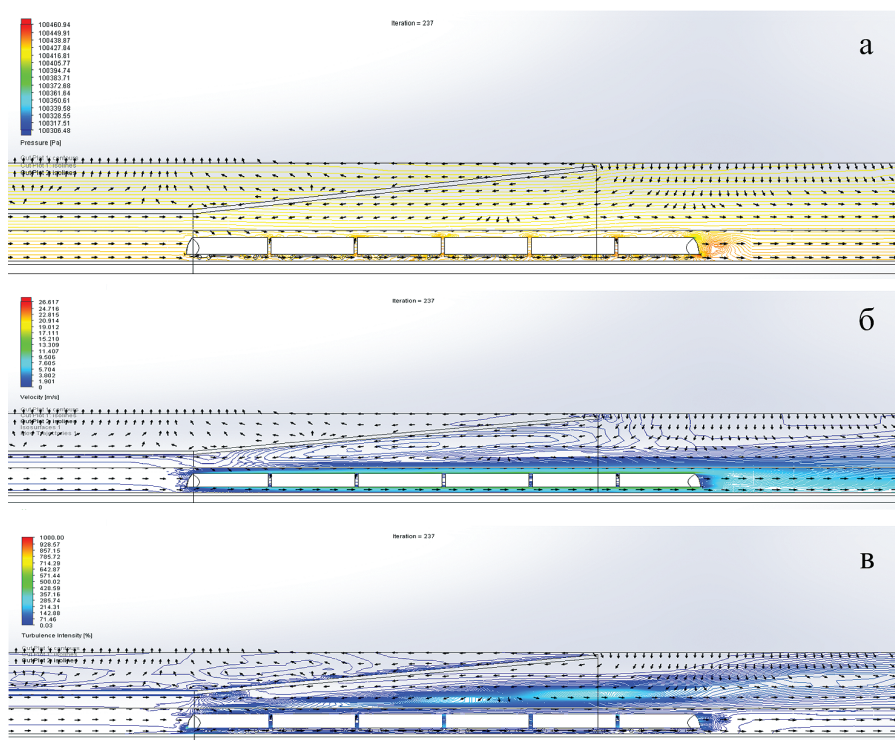


Рис. 9. Математическое моделирование параметров воздушных масс при движении состава в районе портала тоннеля конической формы. Выезд (движение вправо): а) — эпюра распределения давления, б) эпюра распределения скорости, в) эпюра распределения интенсивности турбулентности

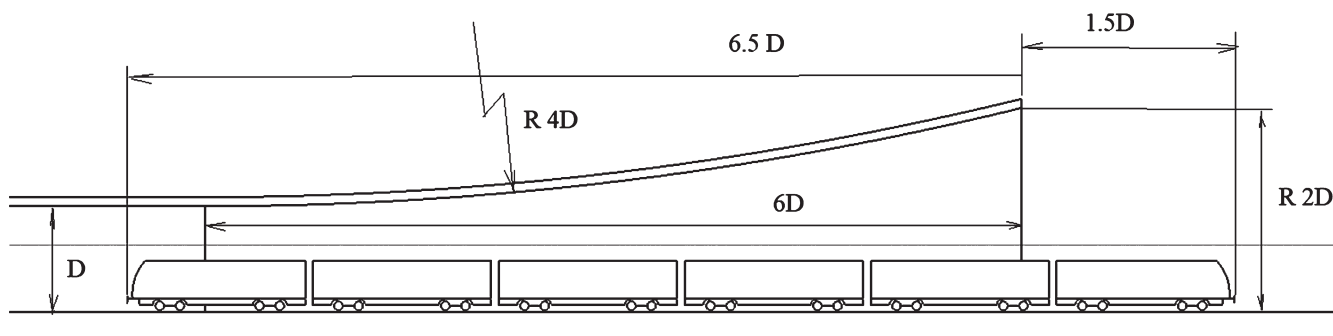


Рис. 10. Схема порталной конструкции параболической формы без атмосферных каналов

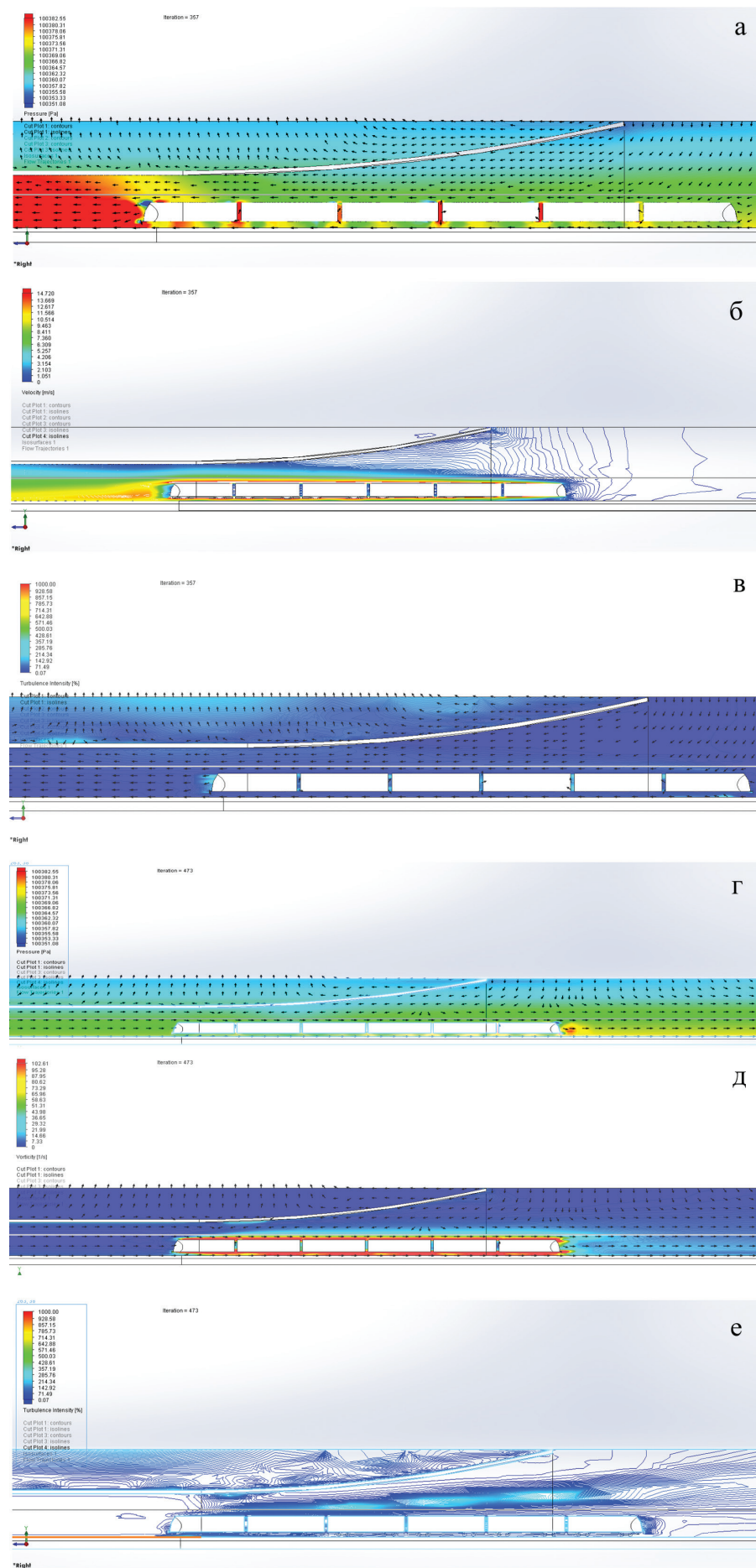


Рис. 11. Математическое моделирование процессов проследования поездом порталной части тоннеля параболической формы: а, б — эпюры распределения давления; б, д — скорости; в, е — интенсивности турбулентности. а, б, в — въезд (движение влево); г, д, е — выезд (движение вправо)

значительно снизить неравномерное распределение давления воздушной среды.

Наглядное применение системы параболических секций порталной части тоннеля прослеживается на эпюре интенсивности турбулентности (рис. 13). В частности, показано, что область турбулентных образований сегментирована, а размеры их значительно уменьшены и нивелированы (перепад составляет порядка 9 Па) у поверхности поезда.

Уменьшение линейного размера атмосферных каналов до величины меньше $0,005D$ нецелесообразно, поскольку существенно не влияет на турбулизацию воздушной среды. Нужный эффект наблюдается в промежутке размеров $0,01-0,02D$. Расположенные на большой дистанции параболические секции не оказывают взаимного влияния на процесс турбулизации возмущенных воздушных масс, поэтому дальнейшее повышение линейного размера канала нивелирует эффект.

Разработка бортовой автоматизированной аспирационной системы

Разработанное устройство состоит из аспирационной и нагнетающей пневмотранспортных установок, работающих в тандеме. Его основной задачей является перемещение воздушных масс из области повышенного давления на головном обтекателе в область пониженного давления. На основе данных, поступающих от датчиков давления, установленных на крайних габаритах головных обтекателей, бортовой процессор управляет всей системой в целом (рис. 14).

На рис. 15 показана эпюра давления воздушных масс в области хвостового и головного обтекателей при включенном компрессоре. Перенаправление набегающих потоков воздушных масс путем аспирации избыточных объемов из зоны головного обтекателя и передачи их в область разряжения, образующуюся за хвостовым вагоном, приведет к разрушению данного структурного образования.

Недостатком данной системы является конструктивная особенность, при которой по всей длине высокоскоростного подвижного состава необходимо прокладывать трубу определенного диаметра с установкой мощных компрессоров и системы управления. Это усложняет конструкцию поезда.

Одним из вариантов решения задачи по перенаправлению воздушных потоков может быть их направление с поверхности головного обтекателя по трубопрово-

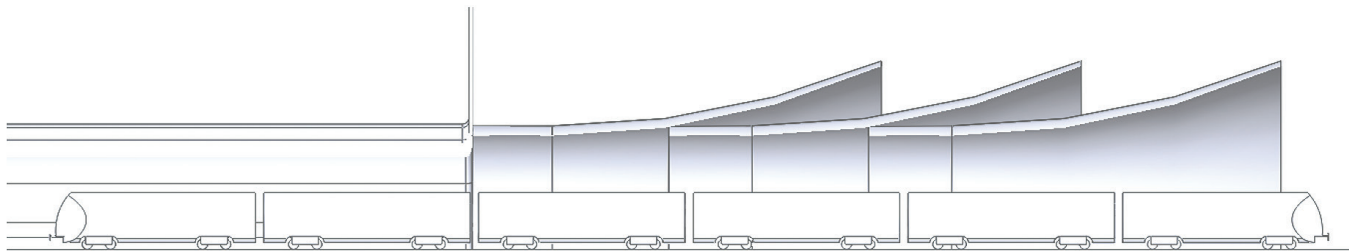


Рис. 12. Схема устройства порталной конструкции параболической формы с атмосферными каналами величиной 0,01D

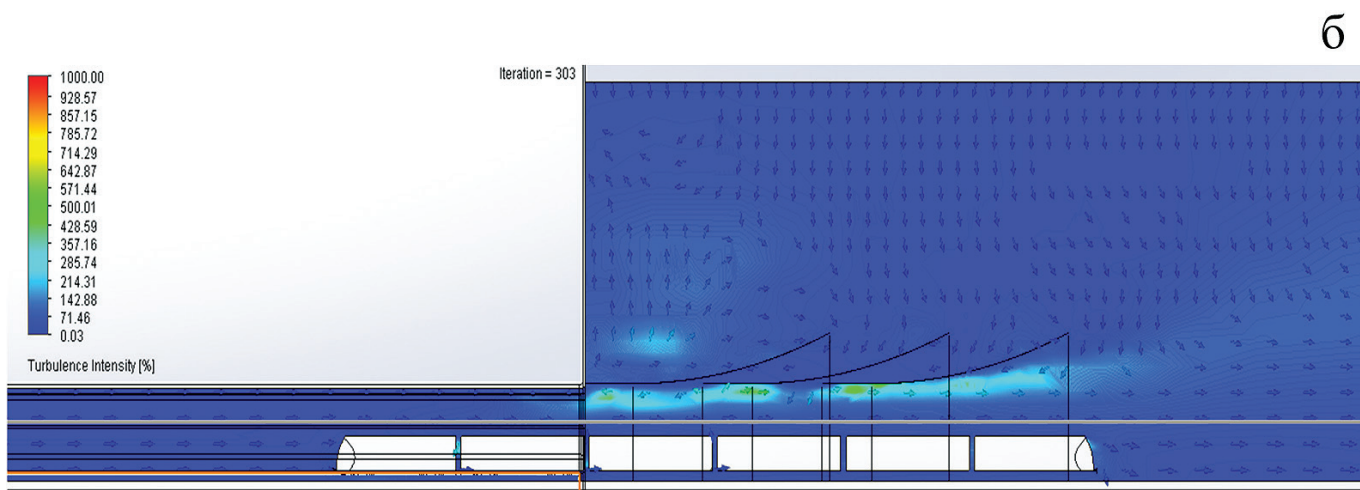
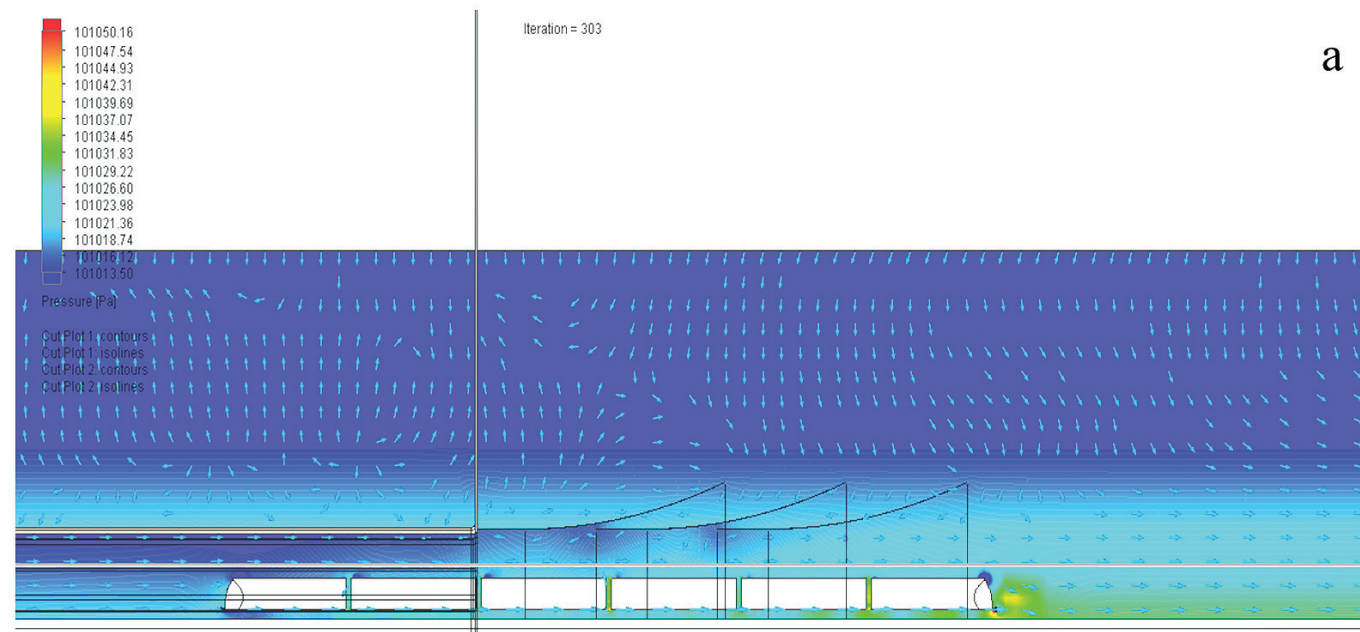


Рис. 13. Эпюра распределения параметров текучей среды в зоне порталной конструкции параболической формы с атмосферными каналами при выезде из тоннеля: а) эпюра распределения давления, б) эпюра распределения интенсивности турбулентности

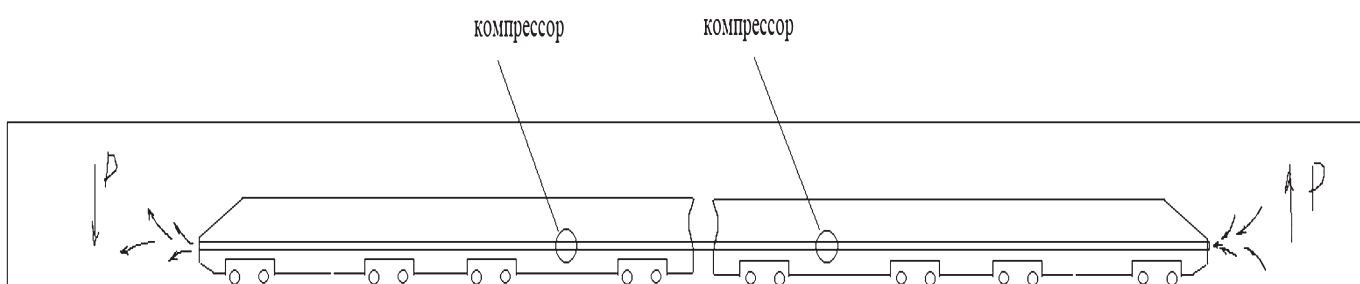


Рис. 14. Принципиальная схема системы балансировки давления на высокоскоростном подвижном составе

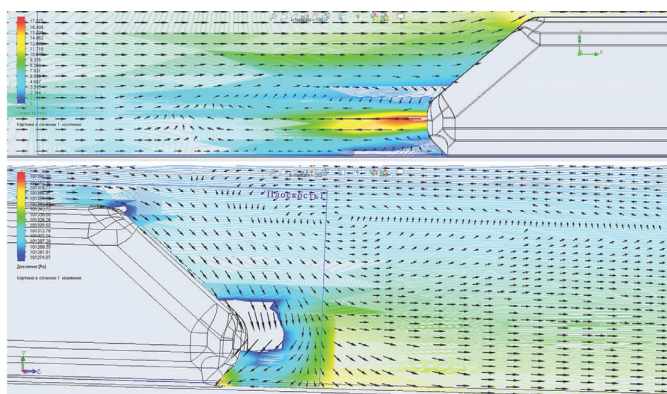


Рис. 15. Эпюры давления воздушных масс в областях обтекателей: а) головного; б) хвостового

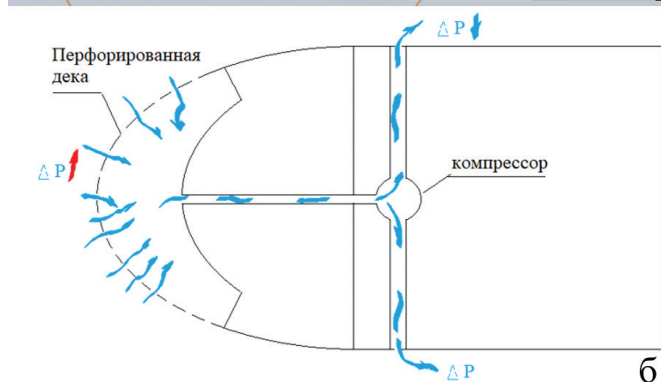
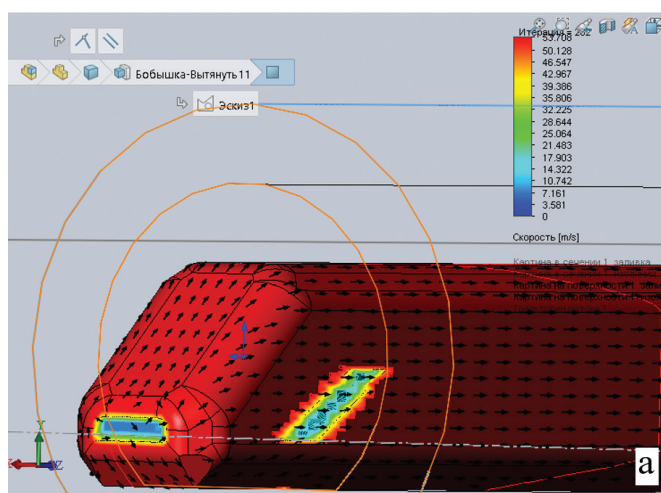


Рис. 16. Конструктивное решение по перенаправлению воздушного потока: а) эпюра распределения скорости воздушных масс по головному обтекателю, б) принципиальная схема предлагаемой конструкции

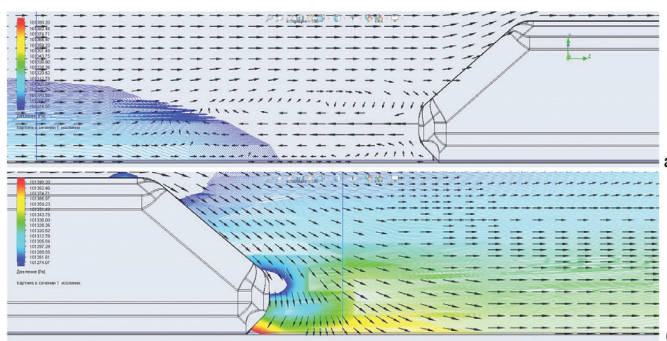


Рис. 17. Эпюры давления воздушных масс в областях обтекателя: а) головного; б) хвостового

ду в жалюзи, находящиеся в зоне разрежения на поверхности корпуса (рис. 16).

Эпюра давления воздушных масс (рис. 17) в области головного и хвостового обтекателей при таком конструктивном исполнении с включенным компрессором показывает существенные изменения распределения давления вязкой среды по длине поезда, а также снижение до минимальных значений срывных вихрей на хвостовом обтекателе.

Данный вариант конструкции универсален, его можно использовать для любых моделей подвижного состава. Он позволяет снизить изменение давления воздушной среды и одновременно обеспечивает его баланс перед головным и хвостовым вагонами [4].

При скоростях движения подвижного состава в тоннеле до 200 км/ч наиболее эффективная мощность компрессора не превышает 15 м³/с. При большей мощности формируется зона отрицательного давления.

Источники

1. СП 122.13330.2012. «Тоннели железнодорожные и автомобильные».
2. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 002/2011 «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта».
3. Воробьев А. А., Ватулин Я. С., Ватаев А. С. и др. К вопросу снижения негативного эффекта воздействия аэроупругого взаимодействия высокоскоростного подвижного состава с элементами тоннельных сооружений // Изв. ПГУПС. 2022. № 3. С. 590–599.
4. Каримов Д. Д. Управление аэроупругим взаимодействием подвижного состава с элементами искусственных сооружений тоннельного типа: дис. ... канд. техн. наук. СПб.: ПГУПС, 2023. 134 с.
5. Каримов Д. Д., Воробьев А. А., Ватаев А. С. и др. Исследование поперечной устойчивости высокоскоростного подвижного состава при выходе из тоннеля // БРНИ. 2023. Вып. 2. С. 115–135.
6. Ватаев А. С., Ватулин Я. С., Воробьев А. А., Сотников К. А. Цифровое моделирование аэроупругого взаимодействия подвижного состава с порталными сооружениями перевальных тоннелей // БРНИ. 2022. № 1. С. 104–123. DOI: 10.20295/2223-9987-2022-2-104-123.
7. Богданов Н. В., Ватаев А. С., Ватулин Я. С., Воробьев А. А. Обзор методов CFD-моделирования аэродинамических процессов при движении подвижного состава по протяженным подземным сооружениям // Системы автоматизированного проектирования на транспорте. 2023. С. 28–34.
8. Каримов Д. Д., Воробьев А. А., Ватаев А. С. и др. Исследование поперечной устойчивости высокоскоростного подвижного состава при выходе из тоннеля // БРНИ. 2023. Вып. 2. С. 115–135.
9. Лугин И. В., Алферова Е. Л. Исследование аэродинамических процессов при движении поезда в протяженных железнодорожных тоннелях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2018. Т. 5. С. 155–160.
10. Ледаев А. П., Кавказский В. Н., Шелгунов О. О. Математическое моделирование аэродинамических процессов в железнодорожных тоннелях на высокоскоростных магистралях // Метро и тоннели. 2021. № 3. С. 40–43.
11. Алферова Е. Л., Лугин И. В., Кияница Л. А. Моделирование возмущений воздушного потока при движении поездов в двухпутном тоннеле метрополитена // ГИАБ. 2016. № 6. С. 5–14.
12. Ледаев А. П., Кавказский В. Н., Креер Р. О. Особенности проектирования тоннелей на высокоскоростных магистралях // Транспорт Урала. 2015. № 4 (47). С. 3–9. DOI: 10.20291/1815-9400-2015-4-3-9.

Александр С. Мишарин, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Высокоскоростные транспортные системы» Российского университета транспорта (РУТ) (МИИТ), президент Российской академии транспорта (РАТ),

Илья П. Потапов, аспирант кафедры «Градостроительство» Центрального научно-исследовательского и проектного института Минстроя России, исполнительный директор РАТ,

Лариса С. Антонова, аспирант кафедры «Высокоскоростные транспортные системы» РУТ (МИИТ).

Скорость и инновации: наука и технологический суверенитет (устойчивость) в проекте ВСМ // Транспорт РФ. — 2024. — № 1 (110). — С. 7–10.

Обосновывается целесообразность и необходимость строительства в России первой высокоскоростной железнодорожной магистрали. Дается краткий исторический экскурс развития в стране науки в связи с проектом ВСМ. Раскрывается вопрос научного сопровождения строительства высокоскоростных магистралей. Приведены данные о создании в РФ высокоскоростного поезда, его технические характеристики, выполнение планов в настоящий момент.

Ключевые слова: высокоскоростная железнодорожная магистраль, высокоскоростной электропоезд, ВСМ Москва — Санкт-Петербург.

Контактная информация: i.potapov@rosacademtrans.ru

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

Игорь П. Киселёв, д-р ист. наук, инженер путей сообщения, почетный профессор ПГУПС.

Научное обеспечение проектирования и строительства высокоскоростных железнодорожных магистралей // Транспорт РФ. — 2024. — № 1 (110). — С. 11–28.

Описывается история повышения скоростей движения поездов на российских железных дорогах от их возникновения до наших дней. Рассмотрена роль российских ученых-транспортников в вопросах проектирования, строительства и эксплуатации железных дорог, определено значение научного сопровождения проектов по их созданию. Особое внимание уделено решению актуальных проблемных вопросов при строительстве высокоскоростных магистралей и подвижного состава для них в современных условиях.

Ключевые слова: железная дорога, высокоскоростная железнодорожная магистраль, высокоскоростной подвижной состав.

Контактная информация: kis1347@mail.ru

Андрей И. Гурьев, канд. ист. наук, шеф-редактор журнала «Транспорт Российской Федерации», эксперт Общественного совета при Ространснадзоре.

Проектирование высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург: что сделано // Транспорт РФ. — 2024. — № 1 (110). — С. 29–31.

Освещен ход проектирования первой в России высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург компаниями «Росжелдорпроект» и причастными организациями. Указаны основные нормативные документы, подготовленные для проекта, и параметры трассы. Обозначены основные проблемные вопросы и способы их решения.

Ключевые слова: высокоскоростная железнодорожная магистраль, высокоскоростной подвижной состав, проектирование железных дорог.

Контактная информация: guryevandrey@yandex.ru

Александр А. Альхимович, заместитель главного инженера — начальник службы по техническому и технологическому развитию АО «Росжелдорпроект».

Нормативно-правовая база высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург // Транспорт РФ. — 2024. — № 1 (110). — С. 32–33.

Проанализирована нормативная правовая база для проектирования и строительства высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург. Отмечены ее достоинства и недостатки, а также трудности, возникшие в ходе нормотворческой работы. Даны предложения по внесению изменений в законодательство, которые будут способствовать ускорению работ по проектированию и строительству магистрали.

Ключевые слова: высокоскоростная железнодорожная магистраль, нормотворчество, скоростной и высокоскоростной железнодорожный транспорт.

Контактная информация: BarzolevskayaNE@rzdpru

Ольга В. Ефимова, д-р экон. наук, заместитель директора Института экономики

и финансов Российского университета транспорта (РУТ) (МИИТ),

Олег Н. Покусаев, канд. экон. наук, директор Российской открытой академии транспорта, директор Академии «Высшая инженерная школа» РУТ (МИИТ).

Декомпозиция экономических критериев и задач при организации высокоскоростного железнодорожного движения // Транспорт РФ. — 2024. — № 1 (110). — С. 34–37.

Поставлены вопросы и сформированы методические подходы к обоснованию инженерных решений создания и эксплуатации инфраструктуры и подвижного состава высокоскоростной железнодорожной магистрали. Показано, что синхронизация требований к параметрам инфраструктуры и подвижного состава является предпосылкой для эффективной реализации проектов высокоскоростного движения.

Ключевые слова: экономические критерии, инженерные решения ВСМ, модели оценки эффективности крупных инфраструктурных проектов.

Контактная информация: ovefimova@mail.ru

Алексей Д. Разуваев, канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика транспортной инфраструктуры и управление строительным бизнесом» Российского университета транспорта.

Экономическая оценка перспектив развития высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры в России // Транспорт РФ. — 2024. — № 1 (110). — С. 38–43.

На основании логико-аналитического метода экономической оценки транспортных проектов оценена перспектива развития высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры в России. Исследование макроразмеров реализации проектов ВСМ, тенденций железнодорожного строительства в России, механизмов инвестирования, социально-экономических эффектов от реализации проектов ВСМ и других аспектов позволяет дополнить научный инструментарий технико-экономического обоснования проектов высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры.

Ключевые слова: экономическая оценка, ВСМ, высокоскоростная железнодорожная инфраструктура, агломерационные эффекты, ВСМ-эффекты, макроразмер, пассажирские перевозки, государственно-частное партнерство, ВСМ Москва — Санкт-Петербург.

Контактная информация: macheretda@rambler.ru

Максим А. Марченко, аспирант, техник кафедры «Управление эксплуатационной работой» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I» (ПГУПС),

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

Повышение эффективности диспетчерского управления высокоскоростным движением // Транспорт РФ. — 2024. — № 1 (110). — С. 44–48.

Представлена новая методика помощи в принятии оперативных диспетчерских решений в высокоскоростном движении, основанная на анализе оперативных данных с помощью теории вероятностей с применением инструментов имитационного моделирования. Применены методы имитационного моделирования, математической статистики и теории вероятностей. Результаты исследования после их внедрения в диспетчерских центрах управления перевозками ОАО «РЖД» позволят повысить эффективность диспетчерского управления на железных дорогах.

Ключевые слова: высокоскоростное движение, диспетчерское управление движением поездов, отклонение поездов от нормативного времени хода, автоматизированный алгоритм, пропускная способность при организации высокоскоростного движения.

Контактная информация: insight1986@inbox.ru

Александр Б. Никитин, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),

Владимир В. Моисеев, главный инженер Центра компьютерных железнодорожных технологий ПГУПС.

Технические нормы и требования к системам автоматики и телемеханики высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург // Транспорт РФ. — 2024. — № 1 (110). — С. 49–52.

Изложены основные положения специальных технических условий, разработанных коллективом ПГУПС, для систем железнодорожной автоматики и телемеханики высокоскоростной линии Москва — Санкт-Петербург. Описаны особенности требований к проектированию распределенных систем микропроцессорной электрической централизации и системы интервального регулирования на основе ради-

облокцентра для ВСМ. В основе реализуемых принципов заложен комплексный подход строительства железнодорожной инфраструктуры с учетом однотипности применяемых технических средств ЖАТ для ВСЖМ-1.

Ключевые слова: микропроцессорная централизация, радиоблокцентр, распределенная МПЦ, высокоскоростная магистраль, диагностика, мониторинг.

Контактная информация: nikitin@crtc.spb.ru

Анатолий Т. Бурков, д-р техн. наук, профессор кафедры «Электроснабжение железных дорог» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),

Валерий Г. Жемчугов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение железных дорог» ПГУПС,

Михаил А. Иванов, старший преподаватель кафедры «Электроснабжение железных дорог» ПГУПС,

Владимир В. Сероносов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение железных дорог» ПГУПС.

Универсальные электротяговые сети переменного-постоянного тока высокоскоростных магистралей с трехсистемным электроподвижным составом // Транспорт РФ. — 2024. — № 1 (110). — С. 53–57.

Определено новое направление совершенствования систем электроснабжения на постоянном токе высокого напряжения для проектируемых высокоскоростных и усиления действующих магистралей. На основе разработанной методики определения энергоемкости перевозочного процесса при интенсивном движении поездов предложен метод структурного синтеза устройств тягового электроснабжения, основанный на критериях постоянства плотности тока и допустимой потери напряжения в контактной сети. Представлены схематические и технологические структурные решения для усиления действующих участков и новой электрификации, позволяющие развивать высокоскоростное движение поездов в системе электрической тяги постоянного тока.

Ключевые слова: энергоемкость перевозочного процесса, высокоскоростная магистраль, система тягового электроснабжения, постоянный ток, повышение напряжения в контактной сети, трехсистемный электрический подвижной состав, электронный преобразователь.

Контактная информация: elsnab@pgups.ru

Дмитрий Н. Роенков, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрическая связь» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),

Павел А. Плеханов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрическая связь» ПГУПС.

Радиосвязь для высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург // Транспорт РФ. — 2024. — № 1 (110). — С. 58–61.

Описываются системы радиосвязи, которые необходимо использовать на высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург. Системы радиосвязи требуют использования современных стандартов и технологий для обеспечения безопасного и эффективного управления движением поездов и технической эксплуатации будущей ВСЖМ-1.

Ключевые слова: радиосвязь, высокоскоростной железнодорожный транспорт, стандартизация.

Контактная информация: roenkov_dmitry@mail.ru

Александр А. Воробьев, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Наземные транспортно-технологические комплексы» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),

Дастонбек Д. Каримов, аспирант ПГУПС,

Кирилл А. Сотников, аспирант ПГУПС,

Никита В. Богданов, аспирант ПГУПС.

Управление аэродинамическим взаимодействием высокоскоростного поезда с элементами искусственных сооружений тоннельного типа // Транспорт РФ. — 2024. — № 1 (110). — С. 62–68.

Для моделирования аэроупругого взаимодействия в системе «подвижной состав — искусственное сооружение тоннельного типа» применены методы конечных объемов. Анализ полученных данных произведен методами статистической обработки результатов численного моделирования. Разработаны мероприятия по минимизации влияния турбулентных потоков воздушных масс при аэроупругом взаимодействии тоннелей с движущимся высокоскоростным подвижным составом. Разработана динамическая модель структуры воздухообмена на диффузно-конфузорном участке тоннеля.

Ключевые слова: высокоскоростной подвижной состав, тоннель, турбулентный поток, поршневой эффект.

Контактная информация: ntik@pgups.ru

Alexander S. Misharin, Dr. Sci. (engineering), Head of the Department of High-Speed Transport Systems at the Russian University of Transport (RUT) (MIIT), President of the Russian Academy of Transport (RAT),

Ilya P. Potapov, postgraduate student at the Department of Urban Planning at the Central Research and Project Institute of the Ministry of Construction of Russia, Executive Director of the Russian Academy of Transport (RAT),

Larisa S. Antonova, postgraduate student at the Department of High-Speed Transport Systems at RUT (MIIT).

Speed and Innovation: Science and Technological Sovereignty (Sustainability) in the HSR Project // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 1 (110). — P. 7–10.

The feasibility and necessity of building Russia's first high-speed railway line are justified. A brief historical overview of the country's scientific development in connection with the HSR project is provided. The question of scientific support for the construction of high-speed railways is addressed. Data on the creation of a high-speed train in Russia, its technical characteristics, and the current status of plans are presented.

Keywords: high-speed railway line, high-speed electric train, HSR Moscow — St. Petersburg.

Contact Information: i.potapov@rosacademtrans.ru

Oleg S. Valinsky, Cand. Sci. (engineering), Rector of the Saint Petersburg State University of Railway Communications named after Emperor Alexander I (PGUPS),

Igor P. Kiselyov, Dr. Sci. (history), Railway Engineer, Honorary Professor of PGUPS.

Scientific Support for the Design and Construction of High-Speed Railway Lines // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 1 (110). — P. 11–28.

The history of increasing train speeds on Russian railways from their inception to the present day is described. The role of Russian transport scientists in the design, construction, and operation of railways is examined, and the importance of scientific support for railway projects is determined. Special attention is paid to addressing current problematic issues in the construction of high-speed railway lines and rolling stock for them in modern conditions.

Keywords: railway, high-speed railway line, high-speed rolling stock.

Contact Information: kis1347@mail.ru

Andrey I. Guryev, Cand. Sci. (history), Chief Editor of the journal "Transport of the Russian Federation", Expert of the Public Council at Rostransnadzor.

Designing the High-Speed Railway Line Moscow — St. Petersburg: Progress Update // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 1 (110). — P. 29–31.

The process of designing Russia's first high-speed railway line, Moscow — St. Petersburg, by the company "Roszheldorproject" and associated organizations is outlined. The main regulatory documents prepared for the project and the parameters of the route are specified. The key problematic issues and their solutions are identified.

Keywords: high-speed railway line, high-speed rolling stock, railway design.

Contact Information: guryevandrey@yandex.ru

Alexander A. Alkhimovich, Deputy Chief Engineer — Head of the Technical and Technological Development Department at Roszheldorproject.

Normative-Legal Framework of the High-Speed Railway Line Moscow — St. Petersburg // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 1 (110). — P. 32–33.

The normative-legal framework for the design and construction of the high-speed railway line Moscow — St. Petersburg is analyzed. Its strengths and weaknesses are noted, as well as the difficulties encountered during the legislative process. Suggestions are made for amendments to the legislation to expedite the design and construction of the railway line. **Keywords:** high-speed railway line, legislation, high-speed rail transport

Olga V. Efimova, Dr. Sci. (economy), Deputy Director of the Institute of Economics and Finance at the Russian University of Transport (RUT) (MIIT),

Oleg N. Pokusaev, Cand. Sci. (economy), Director of the Russian Open Transport Academy, Director of the Academy "Higher Engineering School" at RUT (MIIT).

Decomposition of Economic Criteria and Tasks in Organizing High-Speed Railway

Traffic // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 1 (110). — P. 34–37.

Questions are raised and methodological approaches are formed for justifying engineering solutions for the creation and operation of infrastructure and rolling stock for high-speed railway lines. It is demonstrated that synchronization of requirements for infrastructure and rolling stock parameters is a prerequisite for the effectiveness of implementing projects for organizing high-speed traffic.

Keywords: economic criteria, engineering solutions for HSR, models for assessing the effectiveness of large infrastructure projects.

Contact Information: ovefimova@mail.ru

Alexey D. Razuvaev, Cand. Sci. (economy), Associate Professor at the Department of Economics of Transport Infrastructure and Construction Business Management at the Russian University of Transport.

Economic Evaluation of Prospects for High-Speed Railway Infrastructure Development in Russia // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 1 (110). — P. 38–43.

Based on the logical-analytical method of economic evaluation of transport projects, the prospects for the development of high-speed railway infrastructure in Russia are assessed. Research on macro barriers to the implementation of HSR projects, trends in railway construction in Russia, investment mechanisms, various socio-economic effects of HSR project implementation, and other aspects allows for the enhancement of the existing scientific toolkit for the techno-economic justification of high-speed railway infrastructure projects.

Keywords: economic evaluation, HSR, high-speed railway infrastructure, agglomeration effects, HSR effects, macro barriers, passenger transportation, public-private partnership, HSR Moscow — St. Petersburg.

Contact Information: macheretda@rambler.ru

Maxim A. Marchenko, postgraduate student, technician at the Department of Operation Management at the Saint Petersburg State University of Railway Communications named after Emperor Alexander I (PGUPS),

Oksana D. Pokrovskaya, Dr. Sci. (engineering), Head of the Department of Operation Management at PGUPS.

Improving the Efficiency of Dispatch Control in High-Speed Traffic // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 1 (110). — P. 44–48.

The aim of the study is to develop a new methodology to assist in making operational dispatch decisions in high-speed traffic, based on the analysis of operational data using probability theory and simulation modeling tools. The method of simulation modeling, mathematical statistics, and probability theory is applied. The results of the research, after their implementation in the dispatch control centers of Russian Railways (OAO “RZD”), will contribute to the improvement of dispatch control efficiency on railways.

Keywords: high-speed traffic, train dispatch control, deviation of trains from the normative travel time, automated algorithm, capacity when organizing high-speed traffic.

Contact Information: insight1986@inbox.ru

Alexander B. Nikitin, Dr. Sci. (engineering), Head of the Department of Automation and Telematics in Railways at the Saint Petersburg State University of Railway Communications named after Emperor Alexander I (PGUPS),

Vladimir V. Moiseev, Chief Engineer at the Center for Computer Railway Technologies at PGUPS.

Technical Standards and Requirements for Automation and Telematics Systems of the High-Speed Railway Line Moscow — St. Petersburg // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 1 (110). — P. 49–52.

The main provisions of the special technical conditions developed by the team of PGUPS for the automation and telematics systems of the high-speed line Moscow — St. Petersburg are presented. The features of requirements for the design of distributed systems of microprocessor-based electrical interlocking and interval regulation systems based on a radio block center for HSR are described. The implemented principles are based on a comprehensive approach to the construction of railway infrastructure, taking into account the uniformity of the applied technical means of ATS for HSR-1.

Keywords: microprocessor interlocking, radio block center, distributed MPC, high-speed line, diagnostics and monitoring.

Contact Information: nikitin@crtc.spb.ru

Anatoly T. Burkov, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Railway Electrification at the Saint Petersburg State University of Railway Communications named after Emperor Alexander I (PGUPS),

Valery G. Zhemchugov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Railway Electrification at PGUPS,

Mikhail A. Ivanov, Senior Lecturer at the Department of Railway Electrification at PGUPS,

Vladimir V. Seronosov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Railway Electrification at PGUPS.

Universal AC/DC Electric Traction Networks for High-Speed Railways with Three-System Electric Rolling Stock // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 1 (110). — P. 53–57.

The aim of the work is to formulate a new direction for improving high-voltage DC traction power supply systems for planned high-speed railways and the reinforcement of existing lines. Based on the developed methodology for determining the energy consumption of the transportation process during intensive train movement, a method of structural synthesis of traction power supply devices is proposed, based on criteria of current density constancy and acceptable voltage loss in the contact network. Schematic and technological structural solutions for the reinforcement of existing sections and new electrification are presented, enabling the development of high-speed train movement in the DC electric traction system.

Keywords: energy consumption of the transportation process, high-speed railway, traction power supply system, direct current, voltage increase in the contact network, three-system electric rolling stock, electronic converters.

Contact Information: elsnab@pgups.ru

Dmitry N. Roenkov, Cand. Sci. (engineering), Associate Professor at the Department of Electrical Communication at the Saint Petersburg State University of Railway Communications named after Emperor Alexander I (PGUPS),

Pavel A. Plekhanov, Cand. Sci. (engineer-

ing), Associate Professor at the Department of Electrical Communication at PGUPS.

Radio Communication for the High-Speed Railway Line Moscow — St. Petersburg // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 1 (110). — P. 58–61.

The article describes the radio communication systems that need to be used in the project of the high-speed railway line Moscow — St. Petersburg. It is noted that the requirements for radio communication systems involve the use of modern standards and technologies that enable the implementation of necessary functions for safe and efficient train traffic management and technical operation of the future HSR-1.

Keywords: radio communication, high-speed railway transport, standardization.

Contact Information: roenkov_dmitry@mail.ru

Alexander A. Vorobyev, Dr. Sci. (engineering), Head of the Department of Ground Transport and Technological Complexes at the Saint Petersburg State University of Railway Communications named after Emperor Alexander I (PGUPS),

Dastonbek D. Karimov, postgraduate Student at PGUPS,

Kirill A. Sotnikov, postgraduate Student at PGUPS,

Nikita V. Bogdanov, postgraduate Student at PGUPS.

Management of Aerodynamic Interaction of High-Speed Train with Elements of Tunnel-Type Artificial Structures // Transport of the Russian Federation. — 2024. — No. 1 (110). — P. 62–68.

To accomplish the set task, finite volume methods were applied to model the aeroelastic interaction in the system “rolling stock — tunnel-type artificial structure.” The analysis of the obtained data was carried out using statistical processing methods of numerical simulation results. Measures have been developed to minimize the impact of turbulent airflow on the aeroelastic interaction of tunnels with moving high-speed rolling stock. A dynamic model of the air exchange structure on the diffuser-convergent section of the tunnel has been developed.

Keywords: high-speed rolling stock, tunnel, turbulent flow, piston effect.

Contact Information: nttk@pgups.ru