

При сближении антропоморфов одной группы на расстоянии $L < L_{\text{ЛП}}$ также начинают действовать отталкивающие силы, аналогичные разногрупповому взаимодействию. В общем случае пересечение модельных пассажиропотоков с плотностью $\rho_{\text{ПАСС}} > \rho_{\text{ПРЕД}}$ в 3D-реконструкции станции должно квалифицироваться как непродуктивное. Подключение соответствующих алгоритмов способно исключить такой конфликт до перехода их в фазу нерегулируемых. В общем случае трафаретным объектом 3D-моделирования поведения антропоморфов является такой допустимо концентрированный модельный пассажиропоток, который при пересечении с другим изменяет скорость движения своих антропоморфов не более чем на 10 % от существующей на момент обнаружения встречного потока, и при этом любой из антропоморфов данного потока отклоняется от первоначально запланированного направления своего движения не более чем на 0,5 м. Такое правило применимо и ко второму пассажиропотоку, пересекающему маршрут первого. По сути, используется эффект просачивания антропоморфов друг сквозь друга без существенных потерь своих динамических свойств. Если поток антропоморфов оказывается такой плотности, что его движение через зону пересечения с другим потоком не приводит к изменению свойств, то он называется редким и моделирование его движения по пересечению в одном уровне следует признать технически и технологически оправданным.

УДК 629.4.016.56:001.895

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С. П. ВАКУЛЕНКО, М. Ю. САВЕЛЬЕВ, А. А. СИДРАКОВ, К. В. ХАУСТОВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Высокоскоростной железнодорожный транспорт (ВСЖТ) представляет собой ключевой компонент транспортной системы XXI века, определяющий пространственное развитие территорий, интеграцию регионов, рост мобильности населения и экономическую конкурентоспособность государства. В условиях технологической трансформации и цифровизации инфраструктурных отраслей современная концепция развития ВСЖТ практически невозможна без внедрения инновационных систем управления движением поездов, основанных на комплексном применении цифровых технологий, искусственного интеллекта, автоматизации и интеллектуальных коммуникационных платформ.

В Российской Федерации (РФ) высокоскоростной железнодорожный транспорт в настоящее время активно развивается. Действующая высокоскоростная магистраль (ВСМ) в классическом понимании (линия, специально построенная для движения поездов со скоростью 250–400 км/ч) уже создается. В 2024 году начато строительство первой ВСМ Москва – Санкт-Петербург, запуск которой планируется к 2028 году. До настоящего времени скоростное сообщение проводилось по существующей инфраструктуре (например, поездами «Сапсан» на участке Москва – Санкт-Петербург со скоростью до 250 км/ч), где используются модернизированные системы сигнализации и диспетчерского управления, основанные на отечественной автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН/АЛС-ЕН) и традиционной диспетчерской централизации. Однако для полноценного высокоскоростного движения требуются новые принципы управления движением.

Поскольку первая специализированная ВСМ еще строится, текущее состояние систем управления движением на ВСЖТ в России можно охарактеризовать по пилотным внедрениям на отдельных полигонах и по модернизированным решениям на существующих линиях. Так, ценным полигоном стал сочинский участок Северо-Кавказской железной дороги, где к Олимпиаде 2014 года были опробованы комплексные инновационные технологии: система автоматизированного диспетчерского управления движением «Автодиспетчер», система автоматического ведения поездов «Автомашинист», интеллектуальные подсистемы инфраструктуры, высокоскоростная связь и безбумажные технологии. Внедрение этого комплекса на сочинском полигоне позволило повысить производительность труда, ускорить пропуск поездов, минимизировать отклонения от графика и улучшить

энергоэффективность перевозок. Фактически Сочи стал испытательным полигоном элементов будущей системы управления ВСМ.

Еще одним из примеров является Московское центральное кольцо (МЦК) – кольцевая городская линия, открытая в 2016 году, где применяется комплекс автоматизированного управления движением поездов в условиях высокой интенсивности. На МЦК реализована интегрированная система в режиме «Автодиспетчер – Автомашинист», позволяющая при коротких интервалах движения автоматически регулировать график и вести поезд с минимальным участием человека. Эта интеллектуальная система сочетает автоматизированное диспетчерское управление и автоматическую локомотивную систему, что приближает отечественную практику к мировым стандартам высокоскоростного движения.

Таким образом, сегодня Россия подходит к вводу первой ВСМ, опираясь на опыт пилотных внедрений. Система управления движением поездов ВСМ в России проектируется как многоуровневая, иерархическая структура, обеспечивающая централизованное диспетчерское управление с автоматизированной поддержкой на уровне станции и локомотива. В настоящее время создана нормативно-правовая основа для начала эксплуатации: утверждены специальные правила перевозки пассажиров на ВСМ с применением биометрических технологий идентификации, ведется разработка отдельных Правил технической эксплуатации для высокоскоростных магистралей, учитывающих инновационные инструменты управления. В совокупности текущее состояние можно охарактеризовать как переходное: существующие системы управления движением модернизируются и интегрируются в единую цифровую среду, прокладывая путь к новым технологиям, необходимым для безопасного движения поездов на скоростях до 400 км/ч.

Для реализации высоких стандартов безопасности и эффективности будущих ВСМ в России разработан ряд инновационных систем управления движением. К ключевым отечественным решениям относятся: цифровая платформа ОАО «РЖД» для управления перевозочным процессом, автоматизированная система диспетчерского управления движением (АСУ-Д, «Автодиспетчер»), система автоматического ведения поездов (Automatic Train Operation, АТО, в отечественной терминологии – комплекс «Автомашинист»), а также автоматизированная система оперативного управления перевозками нового поколения (АСОУП-3). Эти решения призваны обеспечить интеллектуальное управление движением поездов на высоких скоростях, интегрируя все уровни – от центрального диспетчерского пункта до бортовых систем поезда (таблица 1).

Таблица 1 – Основные задачи внедрения инновационных систем управления движением ВСЖТ в РФ

Задачи	Краткая характеристика
Повышение безопасности движения поездов	Обеспечение гарантированной безопасности эксплуатации поездов при скоростях до 400 км/ч за счет автоматизированных систем контроля
	Применение инновационных правил эксплуатации ВСМ, обеспечивающих снижение влияния человеческого фактора
Увеличение пропускной способности и скорости движения	Обеспечение движения поездов с минимальным интервалом (10–15 минут) без задержек
	Применение интеллектуального диспетчерского управления и автоведения поездов для реализации плотного графика движения без снижения скорости
Повышение точности и надежности графика	Применение системы «Автодиспетчер – Автомашинист» для минимизации отклонений от расписания за счет автоматического регулирования движения поездами
Снижение влияния человеческого фактора и оптимизация труда персонала	Автоматизация рутинных операций диспетчеров и машинистов (уменьшение на ~30 % нагрузки на персонал)
Повышение эффективности и энергоэкономичности перевозок	Применение интеллектуальных алгоритмов ведения поезда (АТО) для выбора оптимальных режимов движения поездов
Интеграция и цифровизация процессов управления	Создание единой цифровой платформы для объединения всех звеньев перевозочного процесса – от заказа перевозки до исполнения (АСОУП-3 и смежные системы формируют единый информационный комплекс, повышающий прозрачность и скорость принятия решений)
Поддержка инновационного развития и локализации технологий	Развитие собственных систем (АСУ-Д, «Автомашинист» и др.) для снижения зависимости от иностранных технологий и стимулирования отечественной науки

Как видно из таблицы 1, инновационные системы призваны решить комплексную задачу: обеспечить безопасное, частое и точное движение поездов при высокой скорости, одновременно повы-

шая эффективность управления и способствуя технологическому развитию отрасли. Достижение этих целей требует не только технических решений, но и соответствующей нормативной и организационной базы.

Следует отметить, что перед внедрением новых систем важно опереться на нормативные документы и стандарты. В России уже формируется пакет документов, регламентирующих высокоскоростное движение и цифровую трансформацию железных дорог (таблица 2).

Таблица 2 – Основополагающие нормативные и программные документы в области СЖТ и цифровых систем управления

Документ и орган издания	Краткая характеристика
Транспортная стратегия РФ до 2030 года (прогноз до 2035) (утв. распоряжением Правительства РФ)	Стратегический документ, предусматривающий создание сети ВСМ в России (строительство ВСМ Москва – Санкт-Петербург к 2028 г. и развитие направлений Москва – Казань – Екатеринбург, Москва – Адлер, Москва – Минск до 2035–2040 гг.)
	Переход на цифровые технологии управления движением и повышение безопасности через инновации (например, интегрированные системы диспетчеризации, спутниковой навигации и связи)
Правила технической эксплуатации ВСМ (Минтранс РФ, проект)	Специализированный нормативный акт для высоко-скоростных магистралей, включающий инновационные инструменты управления движением (эксплуатация при автопилоте, новые системы сигнализации, резервирование каналов связи и др.)
Правила перевозок пассажиров на ВСМ (Минтранс РФ, 2025)	Учет особенности обслуживания пассажиров ВСМ
	Применение биометрических технологий для идентификации пассажиров и персонала, ускоренный контроль доступа на поезда
Концессионное соглашение по проекту ВСМ Москва – Санкт-Петербург (Росжелдор, 2023)	Договор между Федеральным железнодорожным агентством (Росжелдор) и консорциумом «ВСМ. Две столицы» поэтапной реализации проекта ВСМ-1
Комплексная программа инновационного развития ОАО «РЖД» 2016–2020 «Цифровая железная дорога»	Внутренний программный документ РЖД, инициировавший проекты цифровизации перевозочного процесса. В рамках программы реализован НИОКР «Цифровая железная дорога» с подсистемами: единая цифровая платформа, автоматизация диспетчерского управления, «умные» станции, безбумажный документооборот
Стандарты и технические условия РЖД по системам управления движением (Росжелдор/РЖД)	Набор отраслевых стандартов по требованиям к микропроцессорным системам централизации для ВСМ, технические условия на бортовые системы безопасности для скоростей 300+ км/ч, стандарты связи (на основе LTE/5G) и др. (стандарты на контактную сеть КС-400 для ВСМ)

В настоящее время нормативная база продолжает расширяться по мере развития проекта ВСМ, в котором важную роль играет Росжелдор, координирующий разработку стандартов, а также профильные департаменты РЖД, отвечающие за регламентацию цифровых решений. Наличие современного нормативного обеспечения снижает институциональные риски и обеспечивает совместимость отечественных систем с международными требованиями. Следует отметить, что развитие систем управления движением будет происходить эволюционно: сначала смешанный режим (машинист + автопилот), затем постепенное повышение автономности, и только при абсолютной надежности – переход к полноценному беспилотному движению. Параллельно будут улучшаться алгоритмы: внедрение машинного обучения для оптимизации графика, интеллектуальные ассистенты для диспетчеров, интеграция данных о погоде, о потоке пассажиров и т. п. – все это части концепции «умной железной дороги». Российские институты, такие как ВНИИЖТ и НИИАС, намечают соответствующие исследования, например создание систем поддержки принятия решений для диспетчеров на основе больших данных и искусственного интеллекта, которые к 2040 г. могут стать стандартным инструментом.

Таким образом, инновационные системы управления движением поездов являются фундаментом успешного развития высокоскоростного железнодорожного транспорта в России. Проведенный анализ показал, что Россия активно разрабатывает собственные решения – цифровые платформы, автоматизированные диспетчерские системы, автоведение поездов – опираясь на мировой опыт и собственные научные школы. Текущее состояние характеризуется подготовкой к вводу первой ВСМ и пилотными проектами, давшими ценный опыт. В сравнении с зарубежными подходами российская концепция стремится сразу внедрить самые передовые принципы (радиосвязь, мультиуровне-

вое управление, максимальная автоматизация), что ставит перед разработчиками сложные, но осуществимые задачи. Барьеры на пути внедрения – технологические (импортозамещение, кибербезопасность), институциональные (нормативная база, кадры) и экономические (инвестиции) – осознаются и постепенно устраняются через госстратегии, программы инноваций и новые организационные решения. Перспективы до 2040 года: Россия планирует создать обширную сеть ВСМ с интеллектуальной системой управления, не уступающей мировым аналогам и даже превосходящей их по уровню автоматизации. Реализация этих планов будет зависеть от последовательности действий государства, науки и бизнеса. Но уже сейчас очевидно, что высокоскоростной железнодорожный транспорт в РФ станет драйвером развития отечественных цифровых и управленческих технологий, обеспечив быстрые, безопасные и эффективные перевозки в XXI веке.

Список литературы

- 1 **Никитин, А. Б.** Управление движением поездов на высокоскоростных магистралях: общесистемные требования / А. Б. Никитин // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 3 (68). – С. 52–57.
- 2 Современные системы управления движением поездов и обеспечения безопасности движения / Е. Н. Розенберг, Е. Е. Шухина, А. В. Озеров [и др.]. – М. : Издательские решения, 2020. – 210 с.
- 3 **Полукарова, Е. В.** Ведение данных о МВПС в системе АСОУП-3 / Е. В. Полукарова, Е. В. Корнеева // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 4. – С. 31–34.
- 4 **Зелова, М. И.** О применении комплекса автоматизированного управления движением поездов в условиях высокой интенсивности движения / М. И. Зелова, А. В. Комаров // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2022. – № 4 (76). – С. 118–128.
- 5 О внесении изменений в Федеральный закон «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» и статьи 2 и 81 Федерального закона «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» : Федеральный закон от 30 ноября 2024 года № 448-ФЗ : принят Государственной думой Российской Федерации 19 нояб. 2024 г. // КонсультантПлюс. Россия : справ. правовая система (дата обращения: 10.09.25).
- 6 О железнодорожном транспорте в Российской Федерации : Федеральный закон от 10 янв. 2003 года № 17-ФЗ : принят Государственной думой Российской Федерации 24 дек. 2002 г. (с изм. на 26 дек. 2024 г.) // КонсультантПлюс. Россия : справ. правовая система (дата обращения: 10.09.25).
- 7 Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации : утв. приказом Минтранса России от 23 июня 2022 года № 250 : введ. в действие с 1 авг. 2022 г.
- 8 СТО РЖД 14.004-2025. Инфраструктура высокоскоростного железнодорожного транспорта. Технические нормы и требования к проектированию и строительству : утв. и введ. в действие распоряжением ОАО «РЖД» от 04 апреля 2025 №747/р.

УДК 656.2.022.3

ЭПИЗОДИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ КАК ФАКТОР НЕУСТОЙЧИВОСТИ РЕГИОНАЛЬНОГО ПАССАЖИРОПОТОКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ В АГЛОМЕРАЦИИ

Т. А. ВЛАСЮК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Эпизодическая миграция представляет собой совокупность нерегулярных поездок, совершаемых населением в деловых, рекреационных, культурных, религиозных и иных целях. В отличие от маятниковых трудовых перемещений, эти поездки не имеют выраженной устойчивой периодичности, что накладывает особые требования, исходя из их специфики, на организацию пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте (таблица 1).

Анализ таблицы 1 показал, что эпизодическая миграция является двойственным явлением: с одной стороны, она осложняет управление пассажиропотоком из-за своей нерегулярности и «пульсаций», а с другой – выступает «приводным механизмом» адаптивности железнодорожного транспорта, вынуждая его развиваться в сторону большей гибкости, мультимодальности и устойчивости к резким колебаниям спроса, что повышает ее системный эффект.

Таким образом, эпизодическая миграция, несмотря на её нерегулярность, в совокупности играет важную роль: