

В представленной работе приведены результаты научных исследований, опытно-конструкторских и внедренческих работ по созданию комплекса научно-технических решений и инновационной технологии «виртуальная сцепка», предназначенных для решения одной из важнейших стратегических задач развития отечественного железнодорожного транспорта на период до 2030 года – увеличения пропускной способности отечественных железных дорог.

**Актуальность** и жизненная необходимость выполнения данной работы обусловлены сложившейся в настоящее время международной и экономико-политической ситуацией в России, остро поставившей вопрос о необходимости увеличения пропускной способности железных дорог Восточного полигона (Рис.1), которые стали «узким» местом, сдерживающим перенаправление дополнительных грузопотоков на Дальний Восток с выходом на перспективные



глобальные рынки, а также экономическое развитие прилегающих территорий и повышение уровня жизни населения Восточной Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока.

Рис.1 Развитие пропускных способностей Восточного полигона

Для решения указанной проблемы в настоящей работе предложена **основная научно-техническая идея**, заключающаяся в реализации перехода от традиционной технологии управления одиночными отправлениями грузовых поездов к управлению их поездопотоками, движущимися с минимально допустимыми по требованиям безопасности движения межпоездными интервалами следования, а также в организации сквозного перевозочного процесса для целых полигонов обращения грузовых поездов.

Для достижения поставленной цели в настоящей работе в рамках реализации «Стратегии научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года» в период 2019-2022 гг.

были проведены научные исследования, опытно-конструкторские разработки и внедренческие работы, в результате которых получены следующие **основные результаты**.

1. Создана и внедрена уникальная система из четырёх базовых инновационных технологий интервального регулирования движения поездов (ИРДП), в состав которой входят (Рис.2): технология повышения скорости

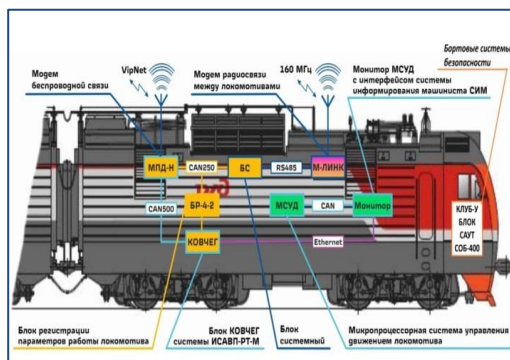


движения поезда на желтый сигнал светофора; технология «виртуальная сцепка» (ВСЦ) «точка-точка»; технология «виртуальная сцепка» «точка-многоточка»; технология интервального регулирования с «подвижными блок-участками» (ПБУ).

Рис. 2 – Комплекс технологий

интервального регулирования

2. Разработаны и поставлены на производство отечественные бортовые интеллектуальные системы автоведения (ИСАВП-РТ-М) и устройства безопасности движения поездов (модернизированные КЛУБ-У, БЛОК с новым программным обеспечением и базами данных электронных карт), новые радиомодемы М-ЛИНК и системы цифровой радиосвязи (Рис.3), а также системы автоматической блокировки с тональными рельсовыми цепями (АБТЦ-



МШ), позволяющие реализовать в грузовом движении самые эффективные технологии ИРДП, включая инновационную технологию «виртуальная сцепка».

Рис. 3 – Оснащение локомотивов для работы по технологии «виртуальная сцепка»



3. Создан уникальный комплекс цифрового имитационного моделирования станций и участков

железных дорог (Рис. 4), позволяющий радикально улучшить качество проектных работ, обоснование и реализацию инвестиционных проектов. Использование данного комплекса позволило обосновать стратегическое решение ОАО «РЖД» по приоритетному на период до 2024 г. внедрению на Восточном полигоне технологии «виртуальная сцепка» (ВСЦ), позволяющей в грузовом движении обеспечить повышение пропускной способности участков железных дорог на существующей инфраструктуре.

Рис.4 – Комплекс имитационного моделирования

4. Разработаны необходимые нормативные документы и внесены дополнения в Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации, обеспечивающие легитимное использование внедряемых инноваций.

5. Организована система обучения и переподготовки кадров диспетчеров и машинистов для вождения поездов с применением инновационной технологии «виртуальная сцепка».

**Научная новизна** работы заключается в том, что ней на основе применения методологии интеллектуальных систем управления перевозочным процессом, методов обработки больших данных, экспертных систем и имитационного моделирования процессов движения грузовых поездов во взаимодействии с инфраструктурой впервые создан комплекс научно-технических решений и инновационная технология «виртуальная сцепка», способных гибко адаптироваться к условиям грузового перевозочного процесса, учитывая состояние и различные варианты оснащения инфраструктуры и подвижного состава, а также требуемые параметры пропускной способности.



Внедрённое в составе разработанных технологий (Рис. 5) полностью российское технологическое программное обеспечение, соответствует высшему уровню полноты безопасности

(УПБ 4) по европейским нормам, проверено на киберзащищенность и обеспечивает последовательное проведение политики импортозамещения на критически важных объектах отечественного железнодорожного транспорта. Созданная комплексная система научно-технических решений и технологий не имеет отечественных аналогов и не уступает известным зарубежным разработкам, а по ряду позиций и превосходит их.

#### Рис.5 – Развитие технологий интервального регулирования

Полученные в ходе выполнения работы результаты интеллектуальной деятельности защищены правоохранными документами, включая 41 патент на изобретения и 9 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Из упомянутых изобретений 15 удостоены международных наград и золотых медалей на международных выставках изобретений и инноваций в период 2020-2023 г.г.

**Объёмы внедрения.** Результаты работы внедрены и используются на Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорогах – филиалах ОАО «РЖД». Общая протяженность внедрения технологии ВСЦ на участке Тайшет – Находка-Восточная на Восточном полигоне в период с 2019 по 2022 гг. составила 4681 км (Рис. 6).

Необходимым бортовым оборудованием для обеспечения движения грузовых поездов в режиме ВСЦ, включая интеллектуальные системы автоведения, локомотивные устройства безопасности и средства цифровой радиосвязи, к концу 2022 г. было оснащено 1089 локомотивов «Ермак» серии ЗЭС5К (49,2% инвентарного парка электровозов Восточного полигона).

Количество пар поездов, осуществляющих движение в режиме ВСЦ на полигоне Тайшет – Находка-Восточная, выросло с 614 пар в 2020 г. до 3600 пар в 2021 г. и достигло 12 226 пар в 2022 г.



Рис. 6 – Внедрение технологий ВСЦ на Восточном полигоне

**Практическая значимость и экономическая эффективность** работы подтверждены результатами комплексных испытаний разработанной технологии ВСЦ в 2019-2020 гг. и её последующей подконтрольной эксплуатацией в 2021-2022 гг. в реальных условиях перевозочного процесса на Восточном полигоне, в ходе которых практически подтверждена возможность сокращения межпоездного интервала до минимально возможных величин в 8-10 минут, определяемых действующими системами автоматической блокировки. По итогам 2022 г. среднегодовой интервал движения в режиме ВСЦ составил 9,6 мин., что на ряде диспетчерских участков ниже фактически установленного графикового (нормативного) среднего интервала попутного следования на 20%.

Достигнутое в результате внедрения ВСЦ значительное сокращение межпоездного интервала позволило высвободить в графике движения время для назначения и следования дополнительных поездов, обеспечивая тем самым повышение пропускной способности железных дорог Восточного полигона и объемов дополнительно провезенных грузов.

**Оценка эффективности внедрения** результатов настоящей работы была проведена по итогам 2022 года, в течение которого осуществлялась подконтрольная эксплуатация технологии ВСЦ в производственном режиме штатного перевозочного процесса на железных дорогах Восточного полигона.

В целях определения фактически достигнутых эффектов при применении технологии ВСЦ был проведен детальный анализ по каждой из 12 226 поездок, выполненных в 2022 г., по каждому из 26 диспетчерских участков, формирующих сквозной полигон Тайшет – Находка-Восточная.

Для объективной оценки результатов, полученных в ходе эксплуатации технологии ВСЦ в 2022 г., использовались фактические данные, зафиксированные в автоматизированных системах ОАО «РЖД» – ГИД «Урал-ВНИИЖТ» и АПК «Эльбрус М», а также данные статистической отчетности ОАО «РЖД» за 2022 г.

**Экономический эффект**, достигнутый в 2022 году за счёт внедрения на Восточном полигоне технологии ВСЦ (Рис. 7), характеризуется следующими показателями:

- поездами, следовавшими в режиме ВСЦ на участке Тайшет-Находка протяженностью 4681 км по двум направлениям (четному и нечетному) Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной и железных дорог, в 2022 году выполнен грузооборот нетто в 22,28 млрд тонно-километров (ткм) нетто;

- за счёт применения технологии ВСЦ в составе общего грузооборота 22,28 млрд ткм нетто выполнен дополнительный объем грузооборота в 5,87 млрд ткм нетто, что составило 26,3%;

- эквивалент дополнительного объема перевозки грузов в 2022 г. составил 1,57 млн тонн;

- исключение операций объединения/разъединения поездов при использовании технологии ВСЦ позволило добиться в 2022 г. сокращения времени на обработку соединенных поездов на 13 000 поездо-часов, обеспечив достижение экономии в 32,1 млн руб.;

- при действующей в 2022 году расчетной тарифной ставке в 0,5146 руб./ткм нетто дополнительный грузооборот в объеме 5,87 млрд ткм нетто, полученный в 2022 году на Восточном полигоне с помощью применения ВСЦ, обеспечил получение ОАО «РЖД» дополнительного дохода в сумме 3,02 млрд руб.



Рис.7 – Эффективность применения технологий ВСЦ на Восточном полигоне

Существенными составляющими общей экономической эффективности, достигнутой в результате выполнения настоящей работы, стали доходы от коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности и доходы от выполненных работ и оказанных услуг с использованием полученных в ходе работы патентов на изобретения и созданных технологий.

За период 2019-2022 гг. доходы от предоставления прав по лицензионным договорам на использование созданных в ходе работы изобретений составили 1,513 млрд руб., без учета НДС, а по договорам оказанных услуг 1,169 млрд руб., без НДС, соответственно.

Достигнутые социальные эффекты от внедрения инновационной технологии ВСЦ характеризуются факторами улучшения условий труда

локомотивных бригад и оперативно-диспетчерского персонала. За счёт высокого уровня автоматизации процесса вождения поездов в режиме ВСЦ обеспечено существенное снижение психофизиологической нагрузки на машинистов и, как следствие, повышение устойчивого уровня работоспособности локомотивных бригад на 2-3 часа за смену, что способствует продлению сроков профпригодности машинистов. Важными социальными факторами стали повышение уровня материального стимулирования труда машинистов и диспетчерского персонала, обеспечивающих вождение поездов в режиме ВСЦ, а также повышение общего уровня их технической грамотности, что способствует повышению престижности профессии машиниста и снижению текучести кадров.

В целом, по итогам 2022 г. применение инновационных технологий ВСЦ на железных дорогах Восточного полигона по проведённым оценкам обеспечило вклад в ВВП страны в 11,8 млрд руб., в том числе 2,0 млрд руб. налоговых поступлений.

Проведенная технико-экономическая оценка результатов внедрения настоящей работы в 2022 г. подтвердила правильность реализованной основной научно-технической идеи, эффективность созданных инновационных технологий «виртуальная сцепка» и целесообразность их дальнейшего масштабирования на сети железных дорог ОАО «РЖД». Уже в 2023 г. протяженность участка внедрения технологии ВСЦ на Восточном полигоне была увеличена на 1053 км и составила 5734 км для участка Мариинск – Тайшет – Находка-Восточная. Число используемых на данном участке оснащенных локомотивов «Ермак» серии 3ЭС5К достигло в 2023 г. 1567 единиц (+43,9% к уровню 2022 г.). Это позволило по итогам 2023 г. по сравнению с 2022 г. в 2,9 раза увеличить количество пар поездов, поведенных в режиме ВСЦ, до 35 863 пар (Рис. 8).





Рис. 8 – Развитие применения технологий ВСЦ на Восточном полигоне

В ноябре 2023 году впервые в России на Дальневосточной ж.д. были успешно проведены испытания по пропуску 5-ти грузовых поездов в едином пакете по технологии ВСЦ, доказавшие возможность движения с межпоездным интервалом 8 минут для виртуального сцепа из 5 груженых составов общей массой 26 663 тонн.

В целом, созданный в рамках настоящей работы комплекс научно-технических решений и инновационной технологии «виртуальная сцепка», а также освоенные отечественными производителями импортонезависимые аппаратно-программные средства их реализации, вобрав в себя лучшие достижения отечественной науки и мирового опыта в области управления и обеспечения безопасности движения поездов, являются мощным инструментом обеспечения технологического суверенитета отечественного железнодорожного транспорта и освоения возрастающих объемов грузовых перевозок на железных дорогах Восточного полигона и других стратегически важных железнодорожных магистралях Российской Федерации.