

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ
 УДК 656.222.4:656.256.3:001.76
 DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-6>



Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 46–53

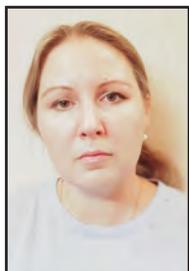
Снижение дефицита пропускных способностей железнодорожных направлений за счёт внедрения интервального регулирования движения поездов



Петр КУРЕНКОВ



Ирина СОЛОП



Евгения ЧЕБОТАРЕВА



Елена ГЕРАСИМОВА



Надежда КУРГАНОВА

Петр Владимирович Куренков¹, Ирина Андреевна Солоп², Евгения Андреевна Чеботарева³, Елена Анатольевна Герасимова⁴, Надежда Владимировна Курганова⁵

^{1, 5} Российский университет транспорта, Москва, Россия.

^{2, 3} Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), Ростов-на-Дону, Россия.

⁴ Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС), Самара, Россия.

✉ ⁵ kurganovanadya@inbox.ru.

АННОТАЦИЯ

В статье приведены различные варианты технических и технологических мероприятий по развитию пропускных способностей железнодорожных направлений, где имеется потребность в освоении возрастающих объёмов перевозок, вызванных различными факторами, в том числе, изменением национальных и мировых грузо- и пассажиропотоков.

В работе рассмотрены мероприятия, осуществляемые в целях внедрения и эффективного использования новой технологии «виртуальной сцепки» при интервальном регулировании движения поездов в условиях ограниченных пропускных способностей железнодорожных направлений, позволяющей сократить межпоездные интервалы, расходы

электроэнергии на тягу, а также на содержание инфраструктуры. Такой вид интервального регулирования позволяет управлять ведомым локомотивом с учётом информации, которая передается по радиоканалу с локомотива ведущего поезда. Выявлены проблемы, которые возникают при пропуске поездов, следующих в режиме «виртуальная сцепка».

Приведены примерные расчёты, связанные с внедряемой системой мотивации дежурно-диспетчерского персонала дирекций управления движением и премированием работников дирекций тяги за каждый отправленный и проследовавший по участку поезд в режиме интервального регулирования.

Ключевые слова: инфраструктура, инновации, железнодорожный транспорт, полигон, системы автоблокировки, виртуальная сцепка, пропускная способность, мотивация, эффективность.

Для цитирования: Куренков П. В., Солоп И. А., Чеботарева Е. А., Герасимова Е. А., Курганова Н. В. Снижение дефицита пропускных способностей железнодорожных направлений за счёт внедрения интервального регулирования движения поездов // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-6>.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
 The full text of the article in English is published in the second part of the issue.

ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожный транспорт – один из основных элементов транспортной системы в силу важности вопросов, связанных с транспортным обеспечением, освоением заданного объема перевозок, сохранностью и надёжностью сроков доставки грузов, развитием новых промышленных районов, международной транспортной интеграции. Перед транспортной отраслью стоят непростые задачи, направленные как на усиление мощностей существующих линий, так и развитие новых высокоскоростных транспортных магистралей.

Несмотря на рост в 2020–2021 году основных показателей деятельности железных дорог (табл. 1), отсутствие резервов пропускных и перерабатывающих способностей отдельных железнодорожных направлений осложняет движение поездов по участкам и приводит к образованию «брошенных поездов» на подходах к морским портам и пунктам перевалки. В связи с вышесказанным, на железных дорогах постоянно проводится работа по форсированию пропускной способности на основных направлениях. К основным мероприятиям традиционно относятся реконструктивные и организационно-технические (технологические) решения, при этом последние с учётом незначительных инвестиций предпочтительнее на краткосрочный период.

В компании ОАО «РЖД» ведётся планомерная работа, которая заключается не только в разработке новых нормативных документов, но и применении современных инновационных решений на лимитирующих участках на долгосрочный период. К таким инновациям относятся: внедрение систем автоматической локомотивной сигнализации (АЛСО) с подвижными блок-участками, развитие новых систем интервального регулирования движения поездов и технологии виртуальных сцепок (ВСЦ) [1–4].

По результатам исследования, проведённого авторами [5], установлено, что одиночных организационных мероприятий для обеспечения требуемой пропускной способности грузонапряжённых участков недостаточно и требуется иногда разработка комплекса мероприятий [6]. В связи с этим авторами проанализированы различные меры по увеличению пропускной способности, предполагающие использование различных систем движения поездов [7; 8], увеличение доли длинносоставных и тяжеловесных поездов [9; 10], изменение параметров инфраструктуры [11–14], выбор типа расписания и способов прокладки поездов по расписанию [15], использование моделей оптимизации и других инструментов для разработки расписаний [16–20].

Так, например, передовые технологии «виртуальных сцепок» показали свою эффективность на Восточном полигоне сети «РЖД». На заседании Научно-технического совета ОАО «РЖД», который состоялся 13 мая 2021 года, было одобрено внедрение на Восточном полигоне разработанных и апробированных в ОАО «РЖД» технологий интервального регулирования «подвижный блок-участок», «виртуальная сцепка», а также технических средств, обеспечивающих интервальное регулирование движения поездов, для увеличения пропускной способности с учётом технико-экономического обоснования конкретных участков.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования выбран Восточный полигон, так как именно в этом направлении отмечается значительный рост железнодорожных перевозок. До начала пандемии COVID-19 незначительный поток контейнерных грузов по Транссибу шел в основном из Японии и Южной Кореи в Европу и состоял из: движения по морю до портов Российской Федерации, затем железной доро-

Таблица 1

Выполнение количественных показателей Холдинга ОАО «РЖД»
[Справка «Основные показатели перевозочной деятельности транспорта»:
<https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Perevozka2022.xls>]

Показатели грузовых перевозок	2020 г.	2021 г.	Динамика
Погрузка (млн тонн)	1243,5	1282,8	▲3,2 %
Тарифный грузооборот (млрд тарифных т*км)	2544,4	2637,7	▲3,7 %
Грузооборот с учётом пробега вагонов в порожнем состоянии (млрд тарифных т*км)	3220,6	3319,6	▲3,1 %



гой по Транссибу, далее по морю из портов России и Прибалтики ввиду различной ширины железнодорожной колеи, недостаточного развития мощностей перегрузочных терминалов. В настоящий момент в связи с проблемами логистики в Суэцком канале и возросшей транспортной составляющей, Китай переориентирует свой экспорт в Европу через российские железные дороги. Для этого постепенно создавались необходимые условия: на железнодорожных соединениях с Китаем были построены перегрузочные контейнерные терминалы, на западных границах России и Белоруссии – мощные логистические центры, поэтому контейнеры доставляются сейчас железнодорожным транспортом. Упрощение таможенного и сопутствующего контроля, наличие зелёного коридора для транзитных грузов сократило время доставки с 30 до 14 дней.

Но остаётся открытым вопрос, готова ли и дальше инфраструктура Восточного полигона удовлетворять растущий спрос на экспортных рынках и расширить грузовую базу в регионе. Эти тенденции требуют детального изучения и прогнозирования, разработки различных логистических схем доставки грузов, проведения комплексных исследований, направленных на оптимизацию транспортных процессов при взаимодействии различных видов транспорта, оценки пропускной способности важнейших направлений проследования грузопотоков [3].

Протяжённость «узких мест» на Восточном полигоне в 2020 году составила более 8000 км. В связи с этим происходит активный поиск различных мероприятий по сокращению барьерных мест. С этой точки зрения важен анализ предлагаемых современных инновационных решений и оценки их эффективности.

Задачами исследования является оценка эффективности применения технологии «виртуальных сцепок» на Восточном полигоне, а также возможность применения данной технологии на других полигонах с целью увеличения пропускной и провозной способности наиболее напряжённых участков.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Особенности внедрения технологии «виртуальная сцепка» при пропуске поездов

Согласно концепции внедрения на сети железных дорог комплексной технологии

интервального регулирования движения поездов, утверждённой распоряжением ОАО «РЖД» от 28.09.2020 г. № 2123р, технология интервального регулирования движения поездов «виртуальная сцепка» является одним из инструментов повышения пропускной способности на участках железных дорог с высокой интенсивностью движения поездов, а также при проведении «окон» с закрытием одного из главных путей.

Рассмотрим технологию «виртуальной сцепки» подробнее. Обязательными условиями при использовании технологии «виртуальная сцепка» считаются:

- наличие на локомотивах (ведущем и ведомом) устройств УСАВП¹, ИСАВП-РТ-М²;
- наличие регистрируемого приказа поездного диспетчера на формирование и отправление с начальной станции (с указанием участка следования) грузовых поездов в режиме «виртуальной сцепки»;
- минимальный интервал движения грузовых поездов, следующих на «виртуальной сцепке», предлагается определить не более восьми минут.

Единицей наблюдения следования грузовых поездов по технологии «виртуальная сцепка» по плечам обслуживания локомотивных бригад предлагается считать «виртуальный сцеп», состоящий из двух и более поездов, при этом рассматривать «виртуальный сцеп» по аналогии с соединёнными поездами на «жёсткой сцепке» нецелесообразно. Началом учёта «виртуального сцепа» предлагается считать момент отправления с начальной станции ведущего (головного) поезда в режиме «виртуальной сцепки». Окончание учёта «виртуального сцепа» – момент прибытия на конечную станцию плеча обслуживания локомотивных бригад (станцию смены локомотивов или локомотивных бригад) ведомого (второго) поезда в режиме «виртуальной сцепки» в интервале не более восьми мин.

Если в пути следования «виртуального сцепа» имелись случаи временного разрыва связи между устройствами УСАВП, ИСАВП-РТ-М, а прибытие на конечную станцию обслуживания локомотивных бригад (стан-

¹ Унифицированная система автоматизированного ведения поезда.

² Интеллектуальная система автоматизированного вождения соединённых поездов распределённой по длине тягой (ИСАВП-РТ).

цию смены локомотивов или локомотивных бригад) выполнено в интервале до восьми минут от ведущего поезда, такой «виртуальный сцеп» предлагается принимать к учёту, а в случае прибытия с большим интервалом – не принимать.

Оценка эффективности применения технологии «виртуальной сцепки»

Актуальность данной темы подтвердил проведённый 13 мая 2021 года Научно-технический совет ОАО «РЖД» «О разработке и внедрении технологий интервального регулирования движения поездов для повышения пропускной способности на Восточном полигоне». На заседании были озвучены основные направления и приняты соответствующие решения для дальнейшего развития технологии: применение на постоянной основе технологии «виртуальная сцепка» для организации движения поездов на участке Карымская–Хабаровск–Смоляниново Забайкальской и Дальневосточной железных дорог; расширение полигона внедрения технологии «виртуальная сцепка» с учётом подготовки локомотивного парка, локомотивных бригад и дежурно-диспетчерского персонала на участке Карымская–Тайшет, а также на участках преимущественно пассажирского движения в направлении Черноморского побережья; доработка алгоритмов работы ИСАВП-РТ-М в режиме «виртуальной сцепки»; формирование предложений по организации учёта показателей статистической отчётности и мотивации персонала при движении поездов с использованием технологии «виртуальная сцепка» и другие.

На полигоне Карымская–Хабаровск–Смоляниново проводятся эксплуатационные испытания по вождению поездов в режиме «виртуальная сцепка» и осуществляется ввод в опытную эксплуатацию бортовых технических средств безопасности КЛУБ-У с изменённым программным обеспечением, цифровых радиомодемов и системы ИСАВП-РТ-М, осуществляющей поддержку данной технологии на локомотивах серии ЗЭС5К.

Для оценки эффективности использования технологии интервального регулирования предлагается учитывать грузовые поезда, следующие на «виртуальной сцепке», по следующим параметрам:

- количество «виртуальных сцепов», проведённых в отчётный период;

- тонно-километры брутто (нетто), выполненные «виртуальными сцепами»;
- вагоно-километры, выполненные «виртуальными сцепами»;
- средняя участковая скорость движения каждого грузового поезда, следующего в режиме «виртуальная сцепка»;
- расход топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов при следовании каждого грузового поезда в режиме «виртуальная сцепка»;
- средний интервал движения грузовых поездов, следующих в режиме «виртуальная сцепка»;
- процент следования поездов в режиме «виртуальная сцепка» с учётом продолжительности временного разрыва связи между устройствами УСАВП, ИСАВП-РТ-М ведущего и ведомого локомотива.

На сегодняшний день есть ряд сложностей по проведению анализа применения данной технологии, рассмотрим их. Прежде всего, требуется автоматизированный контроль организации пропуска поездов в режиме «виртуальная сцепка» с дальнейшим анализом выполненной технологии. На данный момент проследование этих поездов фиксируется в «ручном» режиме. Такой подход не позволяет получить полной информации о результатах поездок, выявить отклонения от графика движения, оценить состояние и готовность тяговых ресурсов.

В целях формирования фактических данных и проведения анализа эффективности применения данной технологии причастными департаментами и филиалами разработан перечень следующих показателей для включения в формы статистической отчётности (табл. 2).

Для реализации поставленной задачи необходимо разработать ряд нормативных документов и организовать автоматическое формирование справочно-аналитических форм Центральной дирекцией управления движением. С этой целью было подготовлено распоряжение, на основании которого планируется утвердить и ввести в действие с 1 июня 2024 года форму внутренней статистической отчётности ДО-44 ВСЦ «Отчёт о грузовых поездах, следующих на инфраструктуре ОАО «РЖД» по технологии «виртуальная сцепка».

Основные блоки данных для оценки эффективности применения технологии «виртуальная сцепка» представлены на рис. 1.





**Показатели для анализа эффективности применения технологии
«виртуальная сцепка» [составлено авторами]**

Реализация технологии	<ul style="list-style-type: none"> • количество поездов, отправленных со станций полигона в режиме «виртуальная сцепка»; • количество поездов, проведённых в режиме «виртуальная сцепка»; • средний интервал движения грузовых поездов, следующих в режиме «виртуальная сцепка»; • процент следования поездов в режиме «виртуальная сцепка» с учётом продолжительности временного разрыва связи между ведущим и ведомым локомотивами. 	Оценка масштаба внедрения технологии и выполнения технологических требований
Освоение объёмов	<ul style="list-style-type: none"> • тонно-километры брутто (нетто), выполненные поездами, следующими в режиме «виртуальная сцепка», с выделением ведущего и ведомого локомотива; • вагоно-километры, выполненные поездами, следующими в режиме «виртуальная сцепка», с выделением ведущего и ведомого локомотива. 	Оценка увеличения пропускных возможностей участков
Качество использования тяги	<ul style="list-style-type: none"> • средняя участковая и техническая скорость движения грузовых поездов, проследовавших в режиме «виртуальная сцепка»; • средняя масса поезда (брутто), следующего в режиме «виртуальная сцепка», рассчитываемая как средняя масса каждого из поездов, следующих по используемой технологии. 	Оценка эффективности организации работы локомотивов и локомотивных бригад
Потребность в ресурсах	<ul style="list-style-type: none"> • удельный расход топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов; • абсолютная и удельная рекуперация для поездов, следующих в режиме «виртуальная сцепка». 	Оценка расхода ресурсов при реализации технологии

После разработки установленным порядком необходимых документов, указанные предложения будут реализованы в автоматизированных системах: АСОУП (Автоматизированная система оперативного управления перевозками), ГИД «Урал-ВНИИЖТ» (Автоматизированная система ведения и анализа графика исполненного движения), АРМ ОНД (Автоматизированное рабочее место «Отчётные и номерные данные») в рамках программы цифровизации транспортной отрасли. Это позволит обеспечить формирование единой базы данных локомотивов, оборудованных для работы по технологии «виртуальная сцепка»; автоматизированное формирование данных о поездах, следующих в режиме «ВСЦ»; использование данных для объективной оценки работы персонала и его мотивации. Вторым этапом станет автоматизация формирования информации, необходимой для оценки эффективности применения технологии.

Предложения по мотивации дежурно-диспетчерского персонала к реализации новой технологии

Важную роль в реализации новой технологии играет персонал, обеспечивающий пропуск поездов с сокращёнными межпо-

ездными интервалами регулирования на всем участке следования. Выработана единая позиция о необходимости мотивации дежурно-диспетчерского персонала дирекций управления движением и работников дирекций тяги с выплатой фиксированного денежного вознаграждения за каждый отправленный и проследовавший по участку поезд в режиме интервального регулирования.

В рамках работы над предложениями по мотивации персонала сформирован перечень показателей статистического наблюдения, отражающий реализацию данной технологии:

- всего отправлено поездов в режиме «виртуальная сцепка»;
- количество поездов, проследовавших на всём участке следования в режиме «виртуальная сцепка», с расчётом доли от общего количества отправленных поездов;
- количество поездов, частично проследовавших на участке следования в режиме «виртуальная сцепка», с расчётом доли от общего количества отправленных поездов.

Для этого в соответствии с принятой в компании системой премирования (утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 20.07.2010 г. № 1573р) при организации дополнительного премирования необходи-

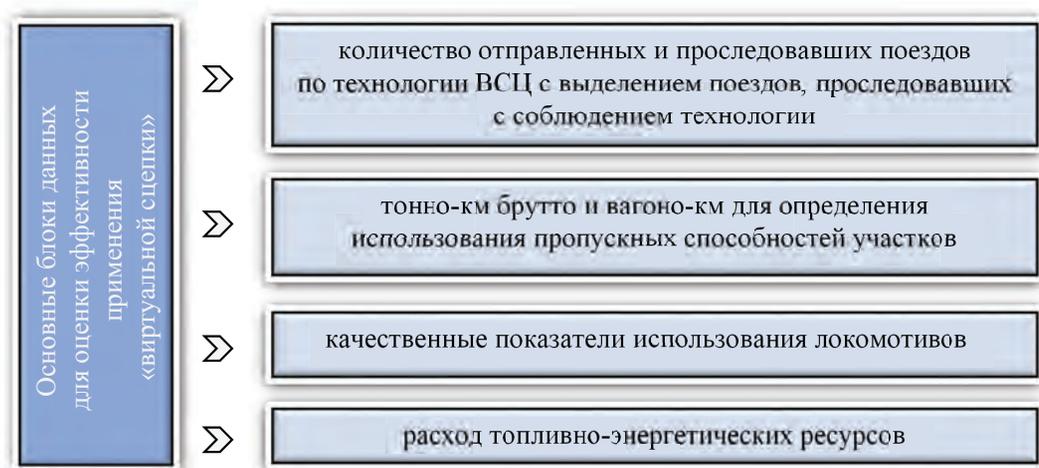


Рис. 1. Основные блоки данных для оценки эффективности применения технологии «виртуальная сцепка» [выполнено авторами].

мо обеспечить следующие основные условия:

1. Определить показатели премирования.

В качестве показателей на период опытной эксплуатации технологии «виртуальная сцепка» предлагается применить следующие показатели:

- количество отправленных со станций поездов в режиме «виртуальная сцепка»;
- количество проследовавших по полигону поездов в режиме «виртуальная сцепка», при условии проследования в данном режиме не менее 85 % диспетчерских участков по всему маршруту следования.

2. Установить круг премируемых работников, непосредственно влияющих на выполнение данных показателей.

3. Премирование планируется производить ежемесячно в зависимости от результатов каждого работника, охваченного данной системой мотивации.

4. Одно из важнейших обязательных условий – наличие достоверной статистики по выполнению показателей премирования. В этом поможет доработанный программный модуль АСОУП-3.

Планируется, что премирование будет распространяться на дежурных по железнодорожным станциям отправления поездов и на поездных диспетчеров участков проследования данных поездов.

Рассмотрим примерный расчёт (если будет принято решение об изменении сум-

мы) средней выплаты премиального вознаграждения и фонда премирования для дежурных по станции (ДСП) и поездных диспетчеров (ДНЦ).

Выполним расчёт для ДСП:

$$\Phi_{\text{прем}}^{\text{ДСП}} = \frac{n_{\text{отпр}} \cdot Ц}{k_{\text{чел}} \cdot РК}, \text{ руб.}, \quad (1)$$

где $n_{\text{отпр}}$ – количество отправок поездов в режиме «виртуальная сцепка»;

$Ц$ – сумма за каждую пару поездов;

$k_{\text{чел}}$ – количество ДСП, использующих технологию интервального регулирования;

$РК$ – районные коэффициенты.

Приведём пример расчёта, если определить для ДСП размер премии из расчёта 700 рублей за каждую пару поездов, отправленную со станции в режиме «виртуальная сцепка». Например, численность ДСП, охваченных премированием, составляет 52 человека на восьми станциях отправления поездов по технологии интервального регулирования, в том числе Карымская (12 чел.), Чернышевск-Забайкальский (5 чел.), Могоча (10 чел.), Уруша (5 чел.), Смоляниново (5 чел.), Ружено (5 чел.), Хабаровск-2 (5 чел.), Облучье (5 чел.). Исходя из используемых для примерного расчёта среднемесячных данных по количеству отправок поездов в режиме «виртуальная сцепка» за девять месяцев (180 пар поездов в месяц) средний размер премирования дежурных по станции с учётом районного регулирования за месяц составит:

$$\Phi_{\text{прем}}^{\text{ДСП}} = \frac{180 \cdot 700}{52 \cdot 0,6245} = 3880 \text{ руб./мес.}$$



Выполним расчёт для ДНЦ:

$$\Phi_{\text{прем}}^{\text{ДНЦ}} = \frac{n_{\text{отпр}} \cdot b_{\text{уч}} \cdot \Pi}{k_{\text{мес}} \cdot PK}, \text{ руб.}, \quad (2)$$

где $b_{\text{уч}}$ – количество диспетчерских участков, на которых применена данная технология.

Для поездных диспетчеров размер премии определим из расчёта 300 рублей за каждую проследовавшую по полигону пару поездов в режиме «виртуальная сцепка», при условии проследования в данном режиме не менее 85 % диспетчерских участков по всему маршруту следования. Премированием охвачено 78 поездных диспетчеров 13 диспетчерских участков, в том числе по восьми диспетчерским участкам Забайкальской железной дороги (48 чел.) и пяти диспетчерским участкам Дальневосточной железной дороги (30 чел.).

Исходя из условия, что каждая из 180 отправок пройдет в среднем в режиме «виртуальной сцепки» 11 диспетчерских участков (85 % от общей протяжённости маршрута следования поездов) размер премирования за месяц составит:

$$\Phi_{\text{прем}}^{\text{ДНЦ}} = \frac{180 \cdot 11 \cdot 300}{78 \cdot 0,62498} = 12185 \text{ руб./мес.}$$

Выполним расчёт потребности в фонде оплаты труда на выплату дополнительного премирования для ДСП и ДНЦ в годовом исчислении:

$$\Phi_{\text{прем}}^{\text{ДСП, ДНЦ}} = (3880 \cdot 52 + 12185 \cdot 78) \cdot 12 =$$

13826280 руб./мес.

Данная методика может быть использована при проведении расчётов по фактическим установленным в будущем условиям премирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новые технологические и инновационные решения, которые принимаются к реализации с целью увеличения пропускных и провозных способностей железнодорожных направлений, безусловно требуют технико-экономических расчётов, проведения опытной эксплуатации для корректировки ошибок и недостатков, выявленных в ходе апробации. Необходимо отметить, что основным риском данной технологии является потеря связи между локомотивами по радиоканалам, что может приводить к разрыву сцепки, переходу на «ручное» управление ведомого поезда и увеличению интервала между поездами.

В рамках актуализации организации движения поездов на участках Восточного полигона на период до 2025 года с учётом обновлённой грузовой базы необходимо разработать варианты пропуска поездов с применением инновационных технологий интервального регулирования на основе математического моделирования, выполнить тяговые и электрические расчёты для определения допустимых межпоездных интервалов при пропуске поездов в режиме «виртуальная сцепка». Вместе с тем внедрение системы «виртуальной сцепки» потребует решения следующих вопросов:

- необходимость дооснащения локомотивов современными устройствами безопасности, системами автоведения и средствами передачи данных;
- переработка технологии управления движением поездов с учётом сокращения межпоездных интервалов, а также необходимость увеличения длины приёмопровочных путей и применения стрелок пологих марок.

Также необходимо учесть внедрение данной технологии при разработке Инструкции по расчёту пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД», разработать предложения по повышению уровня автоматизации перевозочного процесса на участках и решающих станциях полигонов дорог в целях обеспечения максимального перехода от информационных к управляющим системам при внедрении технологий интервального регулирования движением поездов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Климова Е. В. Пропускная способность перегонов при реализации технологии «виртуальная сцепка» грузовых поездов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 3 (47). – С. 53–64. DOI: 10.20291/2079-0392-2020-3-53-64.
2. Розенберг Е. Н., Дубчак И. А., Шабалин Н. Г., Панферов И. А. Организация движения поездов с сокращённым интервалом на крупных пассажирских узлах // Автоматика, связь, информатика. – 2020. – № 1. – С. 11–16. DOI: 10.34649/AT.2020.1.1.001 [платный доступ].
3. Воронин В. А., Куренков П. В., Солоп И. А., Чеботарева Е. А. Современные технологические и инновационные решения, направленные на увеличение пропускных и провозных способностей железнодорожных направлений // Транспортные системы и технологии. – 2021. – Т. 7. – № 2. – С. 16–29. DOI: 10.17816/transsyst20217216-29.
4. Оленевич В. А., Упырь Р. Ю., Антипина А. А. Эффективность внедрения интервального регулирования движения поездов по системе «виртуальная сцепка» на участке // Современные технологии. Системный анализ.

Моделирование. – 2020. – № 2 (66). – С. 182–189. DOI: 10.26731/1813-9108.2020.2(66).182-189.

5. Zubkov, V., Ryazanova, E., Chebotareva, E., Bakalov, M., Gordienko, A. Capacity and Traffic Management on a Heavy-Traffic Railway Line. In: Popovic, Z., Manakov, A., Breskich, V. (eds) VIII International Scientific Siberian Transport Forum. TransSiberia 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol 1116, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3_92.

6. Куренков П. В., Володин А. Б., Астафьев А. В., Мухамадшоев Ф. К., Солоп И. А. Анализ подходов к определению пропускных способностей объектов транспортной инфраструктуры // Транспорт: наука, техника, управление. – 2020. – № 9. – С. 8–14. DOI: 10.36535/023619142020092. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44106127> [платный доступ].

7. Goverde, R. M. P., Corman, F., D'Ariano, A. Railway line capacity consumption of different railway signalling systems under scheduled and disturbed conditions. Journal of Rail Transport Planning & Management, 2013, Vol. 3, Iss. 3, pp. 78–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2013.12.001>.

8. Ljubaj, I., Mlinarić, T. J. The Possibility of Utilising Maximum Capacity of the Double-Track Railway by using Innovative Traffic. Transportation Research Procedia, 2019, Vol. 40, pp. 346–35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.051>.

9. Xi, Wang; Shukai, Li; Tao, Tang. Robust optimal predictive control of heavy haul train under imperfect communication. ISA Transactions, 2019, Vol. 91, pp. 52–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2019.01.029>. [Электронный ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0019057819300412> [платный доступ].

10. Siroky, J., Siroka, P., Vojtek, M., Divoky, R. Establishing Line Throughput with Regard to the Operation of Longer. Trains Transportation Research Procedia, 2021, Vol. 53, pp. 80–90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.011>.

11. Воронин В. А., Филиппенко С. А., Куренков П. В., Солоп И. А., Чеботарева Е. А. Инновационные элементы инфраструктуры железнодорожного комплекса: оценка технологий и показателей эксплуатационной работы // Транспорт: наука, техника, управление. – 2021. – № 3. – С. 18–22. DOI: 10.36535/0236-1914-2021-03-3. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46578862> [платный доступ].

12. Vakulenko, S. P., Kurenkov, P. V., Kuzina, E. L., Astafiev, A. V., Nadolinsky, P. V., Chebotareva, E. A., Solop, I. A., Vasilenko, M. A., Barashyan, V. Y., Gašparik, J. Influence of innovative elements of railway infrastructure complex on the technology of the transport process.

Transportation Research Procedia, 2021, Vol. 55, pp. 342–347. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.06.040>.

13. Kendra, M., Babin, M., Barta, D. Changes of the Infrastructure and Operation Parameters of a Railway Line and Their Impact to the Track Capacity and the Volume of Transported Goods. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 2012, Vol. 48, pp. 743–752. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.1052>.

14. Odolinski, K., Boysen, H. E. Railway line capacity utilisation and its impact on maintenance costs. Journal of Rail Transport Planning & Management, 2019, Vol. 9, pp. 22–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2018.12.001>. [Электронный ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210970618300441> [платный доступ].

15. Pascariu, B., Coviello, N., D'Ariano, A. Railway freight node capacity evaluation: A timetable-saturation approach and its application to the Novara freight terminal. Transportation Research Procedia, 2021, Vol. 52, pp. 155–162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.01.017>.

16. Weik, N., Warg, J., Johansson, I., Bohlin, M., Nießen, N. Extending UIC 406-based capacity analysis – New approaches for railway nodes and network effects. Journal of Rail Transport Planning & Management, 2020, Vol. 15 (3), pp. 100199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2020.100199>. [Электронный ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210970619300897> [платный доступ].

17. Jensen, L. W., Schmidt, M., Nielsen, O. A. Determination of infrastructure capacity in railway networks without the need for a fixed timetable Transportation Research. Part C: Emerging Technologies, 2020, Vol. 119, pp. 102751. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102751>. [Электронный ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0968090X2030663X> [платный доступ].

18. Rosell, F., Codina, E. A model that assesses proposals for infrastructure improvement and capacity expansion on a mixed railway network. Transportation Research Procedia, 2020, Vol. 47, pp. 441–448. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.119>.

19. Bešinović, N., Goverde, R. M. P. Capacity Assessment in Railway Networks. In: Borndörfer, R., Klug, T., Lamorgese, L., Mannino, C., Reuther, M., Schlechte, T. (eds.). Handbook of Optimization in the Railway Industry. International Series in Operations Research & Management Science, 2018, Vol. 268. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-72153-8_2.

20. Burdett, R. L. Optimisation models for expanding a railway's theoretical capacity. European Journal of Operational Research, 2015, Vol. 251 (3), pp. 783–797. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.033. ●

Информация об авторах:

Куренков Петр Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры управления транспортным бизнесом и интеллектуальными системами Российского университета транспорта, Москва, Россия, petrkurenkov@mail.ru.

Солоп Ирина Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой Ростовского государственного университета путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия, bhbif1122@yandex.ru.

Чеботарева Евгения Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой Ростовского государственного университета путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия, Abrosimova@ya.ru.

Герасимова Елена Анатольевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и финансов Самарского государственного университета путей сообщения, Самара, Россия, gerasi1960@mail.ru.

Курганова Надежда Владимировна – аспирант кафедры управления транспортным бизнесом и интеллектуальными системами Российского университета транспорта, Москва, Россия, kurganovanadya@inbox.ru.

Статья поступила в редакцию 22.09.2022, одобрена после рецензирования 14.11.2022, принята к публикации 16.11.2022.

