

Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Направление – Железнодорожный транспорт

УДК [UDC] УДК 656.2 + 06

DOI 10.17816/transsyst20217216-29

© В. А. Воронин¹, П. В. Куренков², И. А. Солоп³, Е. А. Чеботарева³

¹ ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте»

² Российский университет транспорта

(Москва, Россия)

³ Ростовский государственный университет путей сообщения

(Ростов-на-Дону, Россия)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНЫХ И ПРОВОЗНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

Перед железнодорожной отраслью в современный период стоят задачи, как интенсификации использования существующих линий, так и развития новых высокоскоростных транспортных систем. Отсутствие резервов пропускных способностей железнодорожных направлений приводит к оставлению от движения грузовых поездов, которые в свою очередь осложняют управление движением поездов. Существующие способы увеличения пропускной способности подразделяются на организационно-технические и реконструктивные. Исторически развитие систем железнодорожной автоматики способствовало изменению системы организации движения поездов, увеличению пропускных способностей железнодорожных участков. В работе рассмотрены различные технологические и инновационные решения, направленные на увеличение пропускных и провозных способностей железнодорожных линий, в том числе дана оценка эффективности использования подвижных блок-участков и виртуальных сцепок в условиях ограниченных пропускных способностей железнодорожных направлений. Для решения задачи повышения пропускной способности исследуемого грузонапряженного направления Котельниково-Тихорецкая-Разъезд 9 км Северо-Кавказской железной дороги (СКЖД) использована методика расчета пропускной способности, в результате чего предложены варианты её повышения на грузонапряженном участке, обеспечивающие высокую надежность перевозок, своевременную доставку и выгрузку грузов.

Ключевые слова: инфраструктура, инновации, железнодорожный транспорт, системы автоблокировки, технологии, пропускная способность, показатели, эффективность.

Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS

Field – Railway Transport

© V. A. Voronin¹, P. V. Kurenkov², I. A. Solop³, E. A. Chebotareva³

¹JSC "Research and Design Institute of Informatization, Automation and Communication in Railway Transport"

²Russian University of Transport

(Moscow, Russia)

³Rostov State Transport University

(Rostov-on-Don, Russia)

MODERN TECHNOLOGICAL AND INNOVATIVE SOLUTIONS AIMED AT INCREASING THE FLOW AND TRANSPORTATION CAPACITIES OF RAILWAY DIRECTIONS

In the modern period, the railway industry faces the challenges of both intensifying the use of existing lines and developing new high-speed transport systems. The lack of capacity reserves for railway lines leads to the abandonment of freight trains, which in turn complicate the management of train traffic. Existing ways to increase throughput are divided into organizational and technical and reconstructive. Historically, the development of railway automation systems has contributed to changing the system of organizing train traffic, increasing the capacity of railway sections. The paper considers various technological and innovative solutions aimed at increasing the capacity and carrying capacity of railway lines, including an assessment of the effectiveness of using mobile block sections and virtual couplings in conditions of limited capacity of railway directions. To solve the problem of increasing the throughput of the investigated cargo-intensive direction of Kotelnikovo-Tikhoretskaya-Razezd 9 km of the North Caucasian Railway (NKR), the method of calculating the throughput was used, as a result of which options for its increase on the cargo-intensive section were proposed, ensuring high reliability of transportation, timely delivery and unloading cargo.

Key words: infrastructure, innovations, rail transport, auto-blocking systems, technologies, throughput, indicators, efficiency.

ВВЕДЕНИЕ

Стратегией развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года и Стратегией научно-технического развития холдинга «Российские железные дороги» на период до 2020 года и перспективу до 2025 года определены основные задачи, стоящие перед транспортным комплексом, среди них внедрение перспективных средств и технологий железнодорожной автоматики, разработка научно-обоснованных требований к увеличению пропускной способности и скоростных параметров инфраструктуры, а также научное обоснование создания резервов пропускной способности сети железных дорог по различным направлениям [1, 2]. Области исследований пропускной и провозной

способностей включают общие вопросы расчета пропускной и провозной способностей железнодорожных станций и участков (Е.В. Архангельский, Ю.В. Дьяков, С.А. Плахотич и др.), вопросы влияния «окон» на пропускную способность (В.Г. Альбрехт, А.И. Богачёв, С.А. Быкадоров, М. Вуйтович, Д.В. Железнов и др.), разработки имитационных моделей транспортных процессов (А.Э. Александров, П.А. Козлов, А.Л. Кузнецов, Н.А. Тушин, И.Н. Шапкин и др.), оценки случайных факторов на изменение условий организации движения (Н.А. Воробьев, А.Г. Котенко, Д.Ю. Левин, А.М. Макарович, А.К. Угрюмов и др.) и другие направления. Изменение инфраструктурных и эксплуатационных параметров железнодорожных линий и их влияние на пропускную и провозную способность рассмотрено и в современных зарубежных исследованиях [2–6].

Безусловно эффективное функционирование железнодорожного транспорта играет исключительную роль в создании условий для модернизации, перехода на инновационный путь развития и устойчивого роста национальной экономики, способствует созданию условий для обеспечения лидерства России в мировой экономической системе [7].

В настоящее время существует ряд проблем, в том числе и дефицит финансирования железнодорожной отрасли, которые снижают запланированные темпы развития. Отказ от стратегического развития железнодорожного транспорта может привести к негативным социально-экономическим последствиям (Рис. 1).



Рис. 1. Последствия не реализации
Стратегии развития железнодорожного транспорта в РФ

Так во всем мире растет интерес к высокоскоростным транспортным системам, например, вакуумным магнито-левитационным системам, концепции создания которых позволят пересмотреть проблемы функционирования существующих наземных видов транспорта [8–10]. Недостаток финансирования как в вопросах развития новых высокоскоростных транспортных систем, так и решение задач интенсификации существующих железнодорожных линий со смешанным пассажирским и грузовым движением становятся не просто «транспортной» проблемой, но и проблемой стратегического развития страны и ее роли на геополитической карте мира.

ОБЗОР ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОПУСКНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

Основным типом инноваций, применяемым сегодня на железнодорожном транспорте России, являются улучшающие инновации. К ним относятся цифровизация, использование современных телекоммуникационных систем в управлении движением, автоматизации процессов управления, внедрение новых систем интервального регулирования движения поездов, например, автоблокировки (АБ) с подвижными блок-участками, системы автоматической локомотивной сигнализации (АЛСО) с подвижными блок-участками, технологии виртуальных сцепок (ВСЦ) [11–14].

В последнее десятилетие отмечается рост грузопотоков в российские порты, и в результате ключевые транспортные направления функционируют в условиях ограниченных пропускных и провозных способностей. Наряду с развитием инфраструктуры на подходах к портам, также потребовалось изыскание внутренних резервов, внедрение инноваций, позволяющих интенсифицировать использование существующих железнодорожных линий. Исторически развитие систем железнодорожной автоматики определяло новые технологические решения в организации перевозок, способствовало повышению безопасности движения, эффективности использования транспортной инфраструктуры, в том числе за счет сокращения станционных и межпоездных интервалов на станциях и перегонах, ограничивающих пропускную способность участка. Среди других возможных решений – увеличение массы поездов на основе использования инновационных вагонов, современных поездных локомотивов, установки дополнительных тяговых подстанций на электрифицированных участках, повышение скорости грузовых поездов.

Одним из решений по увеличению пропускных и провозных способностей является сокращение межпоездного интервала движения

грузовых поездов попутного направления. Внедрение современной технологии интервального регулирования движения поездов с подвижными границами блок-участков (автоматическая локомотивная сигнализация, применяемая как самостоятельное средство сигнализации и связи, с подвижными блок-участками на базе аппаратуры АБТЦ-МШ) позволяет сократить межпоездные интервалы до 4-х минут для пассажирского движения и до 6-ти минут для грузового движения [16–17].

Для решения задачи сокращения межпоездных интервалов ООО «АВП Технология» разработало и серийно производит Интеллектуальные системы автоматического ведения поезда с распределенной тягой (ИСАВП-РТ-М), реализующие вождение грузовых поездов по технологии «Виртуальная сцепка». Сокращение межпоездного интервала происходит за счет обеспечения непрерывного обмена информацией по радиоканалу между локомотивами и оценки режимов движения впереди идущего поезда системой ИСАВП-РТ-М (Рис. 2).

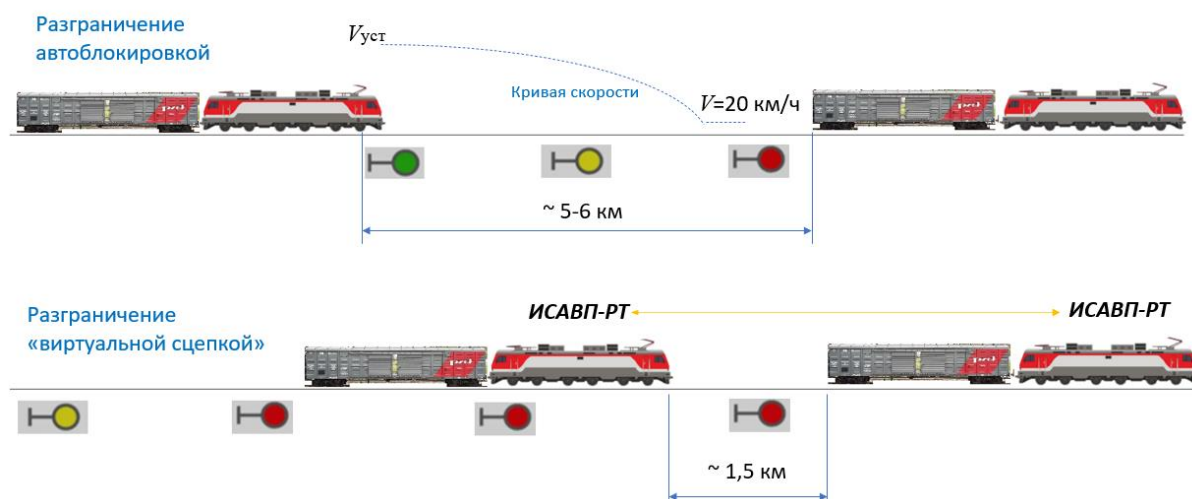


Рис. 2. Сокращение межпоездного интервала при использовании системы ИСАВП-РТ-М

Ведение «виртуально соединенных» грузовых поездов системой ИСАВП-РТ-М производится в безопасном автоматизированном режиме. При существующей технологии пропуска грузовых поездов интервал движения поездов при трехзначной автоблокировке составляет 10–15 минут. Для сокращения интервалов между грузовыми поездами локомотивы оборудуются системой ИСАВП-РТ-М. При организации пропуска грузовых поездов по технологии «Виртуальная сцепка» можно также сократить межпоездной интервал до 5-8 минут. При этом локомотивы непрерывно поддерживают обмен данными по радиоканалу, передавая местоположение составов, параметры движения, текущий и перспективный режим работы (Рис. 3).

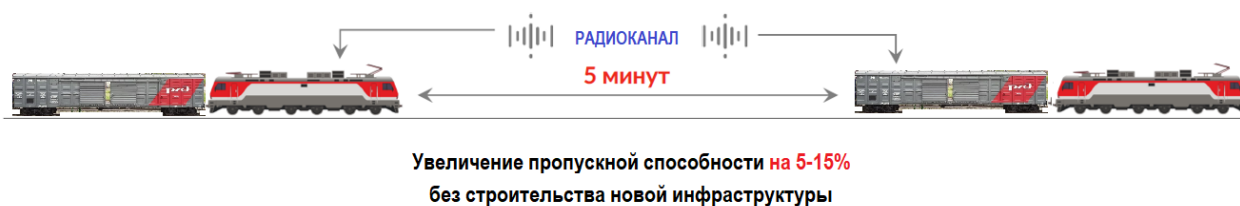


Рис. 3. Перенос функций управления на бортовые устройства для реализации технологии «Виртуальной сцепки»

Система обеспечивает наименьшее безопасное расстояние между грузовыми поездами в попутном следовании, непрерывно производит оценку эффективности систем торможения для обеспечения постоянной готовности произвести безопасную остановку грузового поезда. Также наблюдаются и другие положительные эффекты внедрения технологии ВСЦ (Рис. 4).

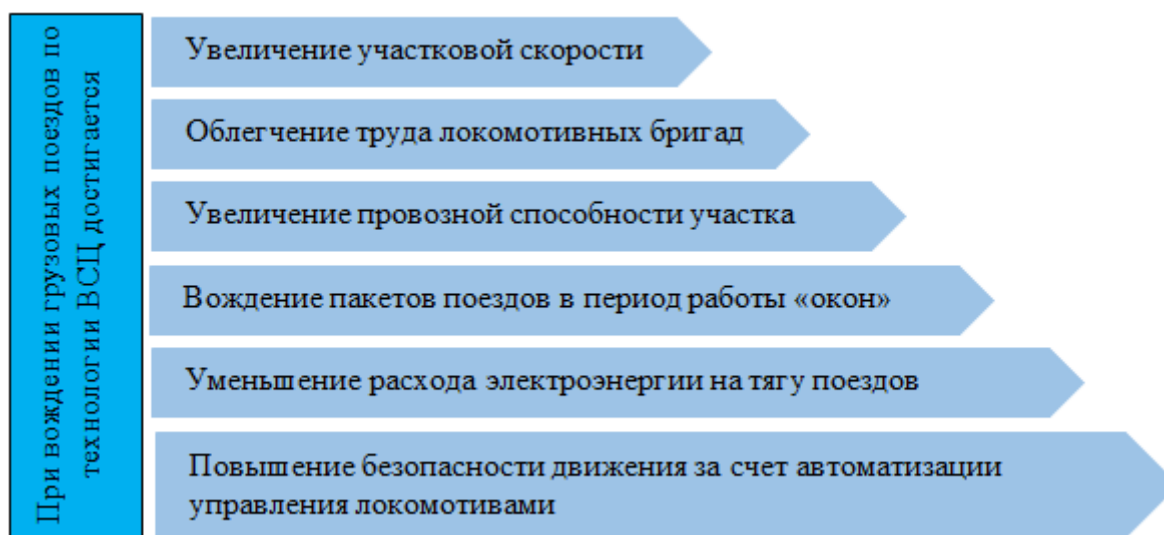


Рис. 4. Положительные эффекты внедрения технологии ВСЦ

Технические и инновационные решения системы ИСАВП-РТ-М позволят в ближайшем будущем водить пакеты от двух до пяти грузовых поездов по технологии «Виртуальная сцепка», что позволит максимально увеличить пропускную способность существующей инфраструктуры, выполнять мониторинг локомотивов и поездов, осуществляющих движение (Рис. 5). Обмен данными с интеллектуальной системой управления движением ОАО «РЖД» даст возможность организовать управление движением поездов в едином информационном пространстве. Данная система широко применяется на Транссибирской магистрали, Южно-Уральской, Западно-Сибирской, Дальневосточной, Восточно-Сибирской, Московской дорогах.

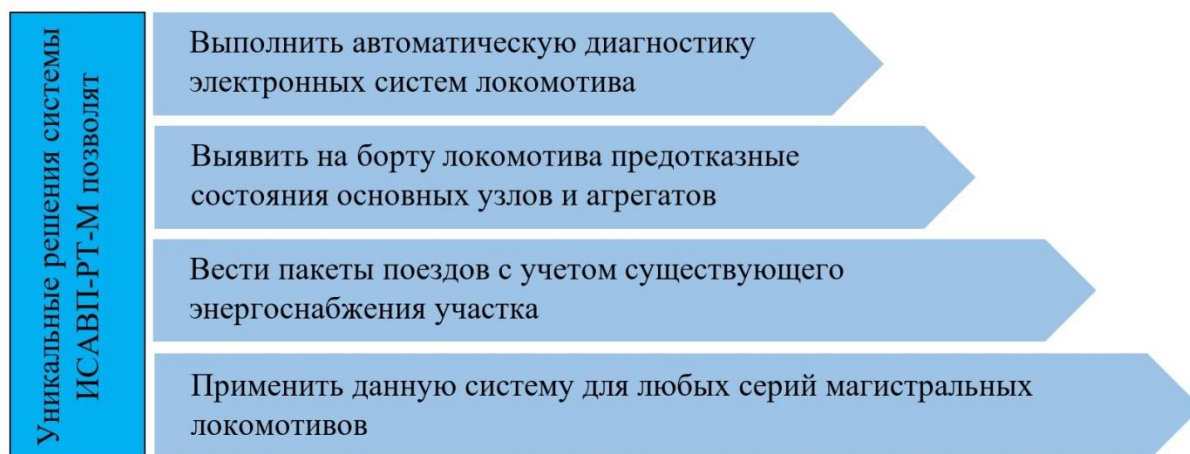


Рис. 5. Некоторые возможности системы ИСАВП-РТ-М

Рассмотрим более подробно технологию применения системы ИСАВП-РТ-М (Рис. 6 а–г). На Рис. 6а представлен стандартный участок с разграничением автоблокировкой, с десятью светофорами. Один состав движется на зеленый свет, за ним красный и желтый свет, затем движется еще один состав на зеленый свет и т.д. На таком участке помещается три поезда с межпоездным интервалом от 8 до 12 мин и имеется некая кривая подъезда к запрещающему сигналу. На Рис. 6б видно, как с помощью технологии ИСАВП-РТ можно оптимизировать этот участок. У нас имеется первый поезд, второй соединенный с первым.

Далее выдерживая межпоездной интервал от 4 до 6 мин. движется следующая пара соединенных поездов. По такой технологии до 18 пар в сутки следует по Транссибирской магистрали. И на этом самом разграниченном блок-участке следуют уже 4 поезда, и ожидается появление следующей пары.

На Рис. 6в представлена опытная эксплуатация, которая проходит на Дальневосточной дороге. На этом участке разграничение автоблокировкой ИСАВП-РТ-М модернизированная, когда к радиомодемам добавляется дополнительное оборудование, позволяющее реализовать движение по этой технологии. Соединенный поезд не соединен, вначале отправляется один поезд, а следом отправляется второй. Имея один сетевой адрес, этой паре присваивается единый номер поезда, а за ним отправляется следующая пара. На этом же самом блок-участке присутствует четыре поезда, но здесь мы выигрываем во времени соединения, не привязанной к длине блок-участка, а ко времени. Следом появляется следующая пара.

Перспектива развития этой технологии состоит в том, что в дальнейшем, после успешных испытаний возможно отправление пакетных поездов, и пакет поездов может состоять не из двух локомотивов, а из трех, четырех, из пяти.

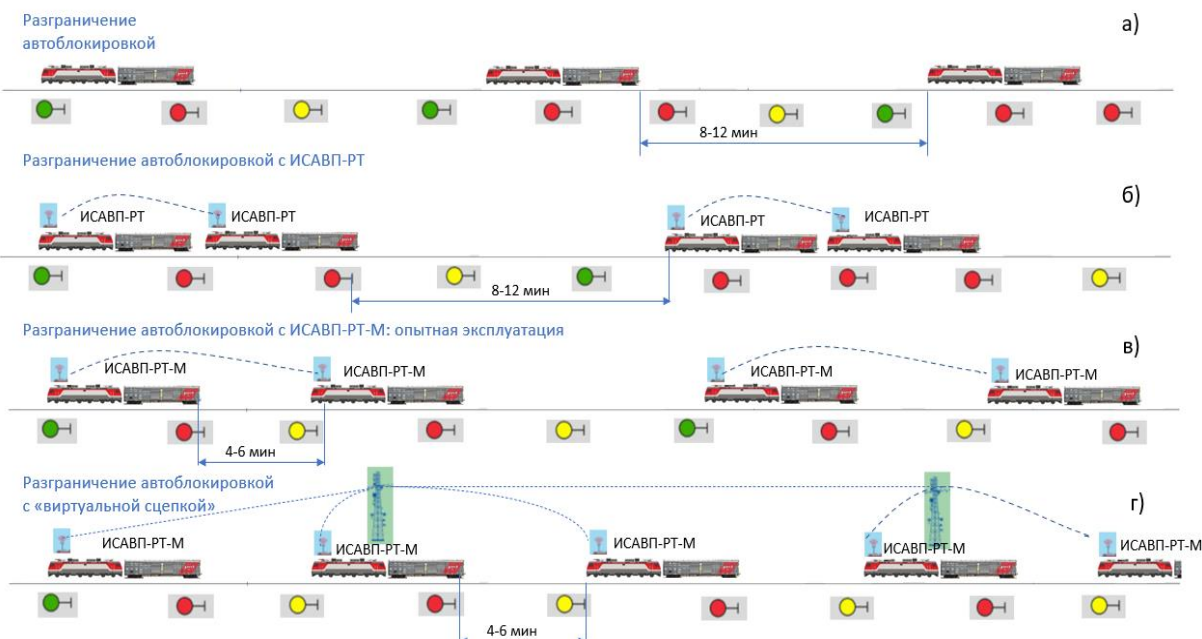


Рис. 6. Технология применения системы ИСАВП-РТ-М

В данном случае мы видим перспективу развития пропускной способности этого же участка с этой же автоблокировкой с пакетом, состоящим из пяти поездов с единым сетевым адресом соединенный виртуально (Рис. 6г).

При вождении поездов по технологии «Виртуальная сцепка» между локомотивами по радиоканалу устанавливается соединение, осуществляется непрерывный обмен данными между локомотивами. Ведомый локомотив, идущий в попутном следовании, обрабатывая информацию с впереди идущего локомотива (ведущий) выбирает наиболее оптимальный режим работы. Модернизированная Унифицированная система автоматизированного ведения поездов (УСАВП) с установленной системой ИСАВП-РТ-М ведомого поезда, основываясь на информации, поступающей от ведущего поезда, производит расчет момента изменения сигнала огня локомотивного светофора с «желтого» на «зеленый» или с «красно-желтого» на «желтый», тем самым соблюдая наименьшее безопасное расстояние между ведущим и ведомым поездами с расчетом эффективности работы системы торможения.

Эксплуатационные испытания новой технологии интервального регулирования движения поездов (ИРДП) по типу «виртуальная сцепка» успешно прошли на Дальневосточной железной дороге в 2019 г. Предполагается, что технология ИРДП будет использоваться, прежде всего, на тех полигонах железных дорог, где имеется интенсивное движение поездов с грузонапряженностью более 50 млн. т×км брутто.

ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОЗДАНИЮ РЕЗЕРВОВ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ НА ИССЛЕДУЕМОМ НАПРАВЛЕНИИ

В данном исследовании рассматриваются варианты усиления пропускной способности грузонапряженного направления Котельниково-Тихорецкая-Разъезд 9 км Северо-Кавказской железной дороги (СКЖД), обеспечивающего подвод экспортных грузов к припортовым станциям Азово-Черноморского бассейна (АЧБ), узким местом в пропускной способности является участок Гречаная-Разъезд 9 км. В настоящий момент на рассматриваемом участке, который является однопутным с двухпутными вставками, ведутся работы по укладке сплошного второго пути, по завершению которых наличная пропускная способность составит $N_{\text{нал}} = 154$ пары поездов. Реконструкция участка ведется в связи с ожидаемым ростом грузопотока (V) в адрес портов Юга России в размере равном 130 млн. тонн и необходимостью его освоения. При принятой на данном направлении весовой норме поезда 4500 тонн для освоения указанного грузопотока необходимо обеспечить пропуск грузовых поездов в размере 131 пары поездов. По исследуемому участку помимо грузовых поездов будут пропускаться пассажирские поезда в размере 29 пар дальних и местных поездов, три пары пригородных поездов и одна пара сборных поездов.

Средний коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_{\text{пасс}} = \frac{t_{\text{гр}}(1-\Delta) \cdot (0,8 - 0,005 \cdot n_{\text{пасс}})}{I} + 1,3 \quad (1)$$

где $t_{\text{гр}}$ – время хода грузового поезда по ограничивающему перегону ($t_{\text{гр}} = 18$ мин);

Δ – соотношение чистого времени хода пассажирского (ускоренного) поезда данной категории, имеющего большую скорость, чем грузовой и времени хода грузового поезда на расчетном участке ($\Delta = 0,77$);

$n_{\text{пасс}}$ – общее число пассажирских поездов на участке ($n_{\text{пасс}} = 32$);

I – расчетный межпоездной интервал на участке ($I = 8$ мин).

Отсюда

$$\varepsilon_{\text{пасс}} = \frac{18 \cdot (1 - 0,77) \cdot (0,8 - 0,005 \cdot 32)}{8} + 1,3 = 1,63.$$

Коэффициент съема ниток графика сборным поездом определяется количеством обслуживаемых станций. Исследуемый участок имеет 9 отдельных пунктов, из которых 5 станций обслуживается сборным

поездом. При остановке сборного поезда на каждой станции коэффициент съема ниток графика будет равен $\varepsilon_{сб} = 5$.

Потребная пропускная способность двухпутного участка, определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{потр}} = [N_{\text{гр}} + N_{\text{пасс}} \cdot \varepsilon_{\text{пасс}} + N_{\text{сб}}(\varepsilon_{\text{сб}} - 1)] \cdot \beta_{\text{рез}}, \text{ поездов/сут}, \quad (2)$$

где $N_{\text{сб}}$ – число сборных поездов, ($N_{\text{сб}} = 1$);

$\beta_{\text{рез}}$ – резерв пропускной способности участка для двухпутного участка, ($\beta_{\text{рез}} = 1,1 - 1,15$).

$$N_{\text{потр}} = [131 + 32 \cdot 1,63 + 1 \cdot (5 - 1)] \cdot 1,1 = 205,92 \approx 205 \text{ пар поездов.}$$

Согласно полученным результатам пропускной способности будет недостаточно для пропуска растущего объема перевозок, и данную проблему необходимо решать либо развитием инфраструктуры рассматриваемого направления, либо сокращением числа поездов за счет увеличения их весовых норм.

Укладка третьего главного пути на перегонах участка Гречаная – Разъезд 9 км позволит обеспечить наибольшее увеличение наличной пропускной способности. Лишь, когда темпы роста объема экспортных перевозок значительны (5–7 %), как в текущей ситуации на юге России, укладка третьих путей на перегонах может быть рациональна. В связи с этим в работе делается оценка увеличения пропускной способности исследуемого участка за счет укладки 3-го пути.

В качестве второго варианта усиления пропускной способности исследуемого участка предлагается также рассмотреть применение инновационных разработок автоматизированных систем управления перевозочным процессом, за счет интервального регулирования движения поездов. Третьим вариантом усиления провозной способности исследуемого направления рассматривается организация движения тяжеловесных поездов, формируемых из инновационных вагонов с осевой нагрузкой 25 т/ось и более.

В результате поставленной цели по оценке мер повышения пропускной способности исследуемого участка в работе [15] были рассмотрены возможные варианты, для которых был проведен расчет наличной и потребной пропускной способности. Для выбора наилучшего мероприятия по повышению пропускной способности исследуемого участка Тимашевск-Разъезд 9 км результаты расчета пропускной способности по всем предлагаемым мероприятиям сведены в Табл.

Таблица. Оценка повышения пропускной способности в зависимости от организационного мероприятия

Мероприятия на участке Тимашевская – Разъезд 9 км	Строительство третьего пути	Локомотивная сигнализация с подвижными блок-участками	Организация тяжеловесного движения
Существующая пропускная способность участка	154	154	154
Наличная пропускная способность после реализации мероприятия	187	164	154
Потребная пропускная способность на 2025 г	205	205	144
Коэффициент использования, K	1,1	1,24	0,93

Анализ Табл. показывает, что на грузонапряженном направлении ни одна реконструктивная мера не позволяет увеличить наличную пропускную способность в достаточной мере, чтобы освоить прогнозируемый грузопоток. Технологическая мера повышения пропускной способности путем организации движения тяжеловесных поездов дает необходимый эффект, но при минимальном резерве пропускной способности. Это указывает на то, что нельзя каждый из способов повышения пропускной способности использовать изолированно, и необходима реализация комплекса мер, чтобы обеспечить пропускную способность нужных размеров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все современные технологические и инновационные решения, направленные на увеличение пропускных и провозных способностей железнодорожных направлений, требуют глубоких научных разработок и подтверждений. Большой вклад в развитие этих направлений вносит Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи.

Авторы заявляют, что:

1. У них нет конфликта интересов;
2. Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Стратегия научно-технического развития холдинга «Российские железные дороги» на период до 2020 года и перспективу до 2025 года. «Белая книга». 2015 г. [Strategiya nauchno-tekhnicheskogo razvitiya kholdinga “Rossiyskiye zheleznyye dorogi” na period do 2020 goda i perspektivu do 2025 goda. “Belaya kniga”. 2015 g. (In Russ.)]. Дата обращения: 04.02.2021. Режим доступа: https://zszd.rzd.ru/dbmm/download?vp=17&load=y&col_id=121&id=18071.
2. Zitrický V, Černá L, Abramovič B. The Proposal for the Allocation of Capacity for International Railway Transport *Procedia Engineering*. 2017. doi: 10.1016/j.proeng.2017.06.171
3. 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. pp. 743-752 doi: 10.1016/j.sbspro.2012.06.1052
4. Ljubaj I. Possibility of Increasing the Railway Capacity of the R106 Regional Line by Using a Simulation Tool. *Transportation Research Procedia*. 2020;44:137-144. doi: 10.1016/j.trpro.2020.02.020
5. Ljubaja I, Mlinarića T. The Possibility of Utilising Maximum Capacity of the Double-Track Railway By Using Innovative Traffic Organisation. *Transportation Research Procedia*. 2019;(40):346-353. doi: 10.1016/j.trpro.2019.07.051
6. Rosella F, Codina E. A model that assesses proposals for infrastructure improvement and capacity expansion on a mixed railway network. *Transportation Research Procedia*. 2020;(47):441-448. doi: 10.1016/j.trpro.2020.03.119
7. Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года: утверждена Распоряжением Правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877-р. Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/1/1010> Дата обращения: 04.02.2021. [Strategiya razvitiya zheleznodorozhnogo transporta v Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda: utv. Rasporyazheniyem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 17.06.2008 g. № 877-r. Available from: <https://mintrans.gov.ru/documents/1/1010> [Internet]. (In Russ.)].
8. Зайцев А.А. Магнитолевитационный транспорт: ответ на вызовы времени // Транспортные системы и технологии. – 2017. – Т. 3. – № 1. – С. 5–13. [Zaitsev AA. Magnitolevitatsionnyy transport: otvet na vyzovy vremeni. *Transportation Systems and Technology*. 2017;3(1):5-13. (In Russ., in Engl.)]. doi: 10.17816/transsyst2017315-13
9. Зайцев А.А. Магнитолевитационный транспорт в единой транспортной системе страны: монография – СПб: Типография НП-Принт, 2015. – 140 с. [Zaitsev AA. Magnitolevitatsionnyy transport in a single transport system of the country: monograph. St. Petersburg: NP-Print; 2015. 140 p. (In Russ.)].
10. Смирнов С.А., Смирнова О.Ю. Роль грузового магнитолевитационного транспорта в мировой экономике // Транспортные системы и технологии. – 2019. – Т. 5. – № 2. – С. 106–117. [Smirnov SA, Smirnova OYu. Rol' gruzovogo magnitolevitatsionnogo transporta v mirovoy ekonomike. *Transportation Systems and Technology*. 2019;5(2):106-117. (In Russ., in Engl.)]. doi: 10.17816/transsyst201952106-117
11. Розенберг Е.Н. Стратегия повышения эффективности перевозочного процесса // Автоматика, связь, информатика. – 2019. – № 6. – С. 2–4. [Rozenberg YeN. Strategiya povysheniya effektivnosti perevozochnogo protsessa. *Automation, communication, informatics*. 2019;6:2-4. (In Russ.)]. doi: 10.34649/AT.2019.6.6.001

12. Воронин В.А., Малахин Н.Б. О современных системах интервального регулирования в пределах станции // Автоматика, связь, информатика. – 2014. – № 3. – С. 12–14. [Voronin VA, Malakhin NB. O sovremennykh sistemakh interval'nogo regulirovaniya v predelakh stantsii. *Automation, communication, informatics*. 2014;3:12-14. (In Russ.)].
13. Розенберг Е.Н., Батраев В.В. Инновационное развитие систем интервального регулирования // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – № 7. – С. 5–9. [Rozenberg YeN, Batrayev VV. Innovatsionnoye razvitiye sistem interval'nogo regulirovaniya. *Automation, communication, informatics*. 2018;7:5-9. (In Russ.)].
14. Розенберг Е.Н., Абрамов А.А., Батраев В.В. Интервальное регулирование движения поездов // Железнодорожный транспорт. – 2017. – № 9. – С. 19–24. [Rozenberg YeN, Abramov AA, Batrayev VV. Interval'noye regulirovaniye dvizheniya poyezdov. *Railway transport*. 2017;9:19-24. (In Russ.)].
15. Zubkov VN, Ryazanova EV, Chebotareva EA. Capacity and Traffic Management on a Heavy-Traffic Railway Line. *TransSiberia*. Springer International Publishing. 2019;2:934-949. doi: 10.1007/978-3-030-37919-3
16. Куренков П.В., Солоп И.А., Чеботарёва Е.А. Подвижные блок-участки и виртуальные сцепки как инновационные составляющие транспортно-логистической инфраструктуры // Логистика. – 2021. – № 1 (170). – С. 30–34. [Kurenkov PV, Solop IA, Chebotarova YeA. Podvizhnyye blok-uchastki i virtual'nyye stseпки как innovatsionnyye sostavlyayushchiye transportno-logisticheskoy infrastruktury. *Logistics*. 2021;1:30-34. (In Russ., in Engl.)].
17. Воронин В.А., Филипченко С.А., Куренков П.В., и др. Инновационные элементы инфраструктуры железнодорожного комплекса: оценка технологий и показателей эксплуатационной работы // Транспорт: наука, техника, управление. – 2021. – № 3. – С. 18–22. [Voronin VA, Filipchenko SA, Kurenkov PV, et al. Innovatsionnyye elementy infrastruktury zheleznodorozhnogo kompleksa: otsenka tekhnologiy i pokazateley ekspluatatsionnoy raboty. *Transport. science, technology, management*. 2021;3:18-22. (In Russ.)].

Сведения об авторах:**Воронин Владимир Альбертович**, к.т.н.;

eLibrary SPIN: 4775-9546; ORCID: 0000-0002-7748-5953;

E-mail: V.Voronin@vniias.ru

Куренков Петр Владимирович, д.э.н.;

eLibrary SPIN: 3244-2983; ORCID: 0000-0003-0994-8546;

E-mail: petrkurenkov@mail.ru

Солоп Ирина Андреевна, к.т.н., доцент;

eLibrary SPIN: 4770-2991; ORCID: 0000-0001-9900-5490;

E-mail: Bhbirf1122@yandex.ru

Чеботарева Евгения Андреевна, к.т.н., доцент;

eLibrary SPIN: 7008-5142; ORCID: 0000-0001-7662-0837;

E-mail: Abrosimova@ya.ru

Information about authors:

Vladimir A. Voronin, Candidate of Engineering Science;
eLibrary SPIN: 4775-9546; ORCID: 0000-0002-7748-5953;
E-mail: V.Voronin@vnias.ru

Peter V. Kurenkov, Doctor of Economics, Professor;
eLibrary SPIN: 3244-2983; ORCID: 0000-0003-0994-8546;
E-mail: petrkurenkov@mail.ru

Irina A. Solop, Candidate of Engineering Science, docent;
eLibrary SPIN: 4770-2991; ORCID: 0000-0001-9900-5490;
E-mail: Bhbirf1122@yandex.ru

Evgeniia A. Chebotareva, Candidate of Engineering Science, docent;
eLibrary SPIN: 7008-5142; ORCID: 0000-0001-7662-0837;
E-mail: Abrosimova@ya.ru

Цитировать:

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

To cite this article:

Voronin VA, Kurenkov PV, Solop IA, Chebotareva EA. Modern technological and innovative solutions aimed at increasing the throughput and carrying capacity of railways. *Transportation Systems and Technology*. 2021;7(2):16-29. doi: 10.17816/transsyst20217216-29