

## Оптимизация работы железнодорожных станций в условиях внедрения современных систем интервального регулирования движения поездов на восточном полигоне

В. А. Оленцевич<sup>1</sup>✉, А. А. Оленцевич<sup>2</sup>, В. Е. Гозбенко<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Beijing Institute of Technology, Beijing, China

<sup>3</sup>Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, Российская Федерация

✉ olencevich\_va@mail.ru

### Резюме

Наиболее значимым научным направлением развития сектора организации перевозочного процесса ОАО «Российские железные дороги», является внедрение систем интервального регулирования движения поездов без светофоров с применением спутниковой навигации и цифрового радиоканала. Это также соответствует Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г. Наращивание объемов пропускной способности объектов транспортной инфраструктуры Восточного полигона, повышение уровня безопасности движения возможно за счет оптимизации перевозочного процесса на основе составления новых перспективных схем распределения вагонопотоков в условиях неравномерности грузонапряженности направлений, а также совершенствования методов и алгоритмов управления в системах интервального регулирования движения поездов. Актуальность научной статьи заключается в том, что проблема нехватки пропускной способности объектов железнодорожной транспортной инфраструктуры носит комплексный характер. Высокий уровень интенсивности движения, отсутствие резервов для пропуска поездов, технические и организационные нарушения в работе, возникшие в одном месте, автоматически приводят к появлению и увеличению показателей непроизводительного простоя подвижного состава по всему Восточному полигону. Дефицит наличной пропускной способности горноперевального участка Восточного полигона к 2023 г. составит 20 пар грузовых поездов. Проблемы и перспективы организации работы данного железнодорожного участка в условиях внедрения современных систем интервального регулирования движения поездов, определение направлений усовершенствования технологии работы наиболее значимых для организации перевозочного процесса железнодорожных станций являются целью данной статьи.

### Ключевые слова

Восточный полигон, система интервального регулирования, пропускная способность, микропроцессорная автоблокировка, подвижной блок-участок, суточный план-график работы, грузонапряженность направлений

### Для цитирования

Оленцевич В. А. Оптимизация работы железнодорожных станций на участке железнодорожной линии в условиях внедрения современных систем интервального регулирования движения поездов / В. А. Оленцевич, А. А. Оленцевич, В. Е. Гозбенко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 3 (71). – С. 149–157. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.3(71).149-157

### Информация о статье

поступила в редакцию: 12.10.2021, поступила после рецензирования: 20.10.2021, принята к публикации: 24.10.2021

## Optimization of railway stations operation in the context of the introduction of modern systems of train traffic interval regulation at the eastern polygon

V. A. Olencevich<sup>1</sup>✉, A. A. Olentceovich<sup>2</sup>, V. E. Gozbenko<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

<sup>2</sup>Beijing Institute of Technology, Beijing, China

<sup>3</sup>Angarsk State Technical University, Angarsk, the Russian Federation

✉ olencevich\_va@mail.ru

### Abstract

The most significant scientific direction of the development of the "Organization of the transportation process" sector of JSC "Russian Railways", as well as in accordance with the Strategy for the Development of railway Transport in the Russian Federation until 2030 is the introduction of interval control systems for trains without traffic lights using satellite navigation and digital radio channel. Increasing the capacity of the transport infrastructure facilities of the Eastern Polygon, increasing the level of traffic safety, is possible due to the optimization of the transportation process on the basis of drawing up new promising schemes for

the distribution of car traffic in conditions of uneven load-bearing directions, as well as improving management methods and algorithms in systems of interval regulation of train traffic. The relevance of the scientific article lies in the fact that the problem of lack of capacity of railway transport infrastructure facilities is complex. The high traffic intensity level, the lack of reserves for trains passing, technical and organizational disruptions that have arisen in one place automatically lead to the appearance and increase in indicators of unproductive downtime of rolling stock throughout the Eastern polygon. The shortage of available capacity in the mining and processing section of the Eastern Landfill will amount to 20 pairs of freight trains by 2023. The problems and prospects of work organization on this railway section under the conditions of the introduction of modern systems of train traffic interval regulation, setting up directions for improving the technology of operation of the railway stations most significant for the organization of the transportation process make up the purpose of this article.

### Keywords

Eastern polygon, interval control system, throughput, microprocessor-based auto-locking, visual block section, daily work schedule, loadbearing directions

### For citation

Olenkevich V. A., Olenkevich A. A., Gozbenko V. E. Optimizatsiya raboty zheleznodorozhnykh stantsii na uchastke zheleznodorozhnoi linii v usloviyakh vnedreniya sovremennykh sistem interval'nogo regulirovaniya dvizheniya poezdov [Optimization of railway stations operation in the context of the introduction of modern systems of train traffic interval regulation at the eastern polygon]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 3 (71), pp. 149–157. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.3(71).149-157

### Article Info

Received: 12.10.2021, Revised: 20.10.2021, Accepted: 24.10.2021

### Введение

В рамках реализации цифровых проектов в ОАО «РЖД», основная задача которых – повышение качества предоставляемых транспортных и логистических услуг, широкое применение получили технологии цифровизации перевозочного процесса, в основе которых заложено цифровое моделирование, создание цифровых двойников большинства перспективных объектов и направлений по развитию предприятий отрасли. Активное развитие получил локомотивный комплекс на основе распределенных реестров «доверенная среда», в сфере вагонного парка рецензирование жизненного цикла отдельных частей и деталей грузового вагонного парка, для оптимизации грузовых перевозок внедряются смарт-контракты. Все это позволяет отрасли повысить уровень конкурентоспособности на рынке транспортных услуг, расширить перечень новых услуг, оптимизировать и модернизировать имеющиеся управленческие и технические подходы к организации перевозочного процесса на более эффективном уровне.

Программа развития компания ОАО «РЖД» в сфере информационных технологий на период до 2025 г. является основополагающим документом, увязывающим развитие IT-инфраструктуры и проекты Стратегии цифровой трансформации, служит технологическим фундаментом, способствующим внедрению прорывных цифровых технологий, цифрового покрытия сквозных перевозочных процессов и систематизации процессов управления данными [1, 2].

На основании [1–5] наиболее значимым научным направлением развития сектора организации перевозочного процесса ОАО «РЖД» является

внедрение систем интервального регулирования движения поездов без светофоров с применением спутниковой навигации и цифрового радиоканала [3]. Это также соответствует распоряжению Правительства Российской Федерации «О стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г.» от 17 июня 2008 г. № 877-р.

### Интеллектуализация и цифровизация перевозочного процесса на Восточном полигоне

Прирост объемов международных железнодорожных контейнерных перевозок является одной из главных задач развития Восточного полигона. Полигон выполняет функции по регулированию потребностей в тяговом подвижном составе, количестве вагонного парка, объемов и сроков проведения плановых видов ремонтов, обновлению и информатизации инфраструктуры объектов и железнодорожных линий, а также прочих видов деятельности, способствующих эффективному, бесперебойному функционированию. Все это способствует в значительной мере повышению уровня качественных показателей работы ОАО «РЖД».

Именно деятельность Восточного полигона российских железных дорог служит фундаментом эффективной работы Трансевразийских коридоров. Входящие в его состав транспортные магистрали решают ключевые для экономики РФ задачи:

- перевозку грузов из западных регионов страны и с месторождений Урала и Сибири в сторону портов Дальнего Востока и далее морем к растущим рынкам Азиатско-Тихоокеанского региона;
- отправку грузов через железнодорожные сухопутные переходы Дальнего Востока, в частно-

сти через южный Транссиб и станцию Забайкальск к промышленным центрам и портам Китая;

– по транзитному маршруту отправку грузов через территорию Монголии.

Согласно плановым значениям работы Восточного полигона в 2024 г. пропуск в восточном направлении должен достичь 180 млн т грузов при имеющихся 144 млн [1–5], только при условии внедрения нескольких видов систем интервального регулирования движения поездов.

Процессы интеллектуализации и цифровизации перевозочного процесса должны быть присущи следующим основным направлениям деятельности полигона: технические средства инфраструктуры, организация перевозок грузов и пассажиров, работа подвижного состава.

Система интервального регулирования движения поездов (СИРДП), сегодня одна из эффективных технологий в ОАО «РЖД» при организации движения поездов, обеспечивающая наименьший интервал по условиям высокого уровня безопасности движения на Восточном полигоне. Кроме того, она позволяет реализовать основной принцип оптимального решения вопросов прироста пропускной способности и повышения необходимого уровня безопасности движения на восточном направлении в рамках прироста объемов работы [6–8].

Реализация СИРДП с минимальным межпоездным интервалом возможна при внедрении следующих технологий:

1. Повышение скорости поезда при движении на сигнал светофора «желтый» – технология предполагает повышение допустимой скорости проследования светофора с желтым огнем более 60 км/ч за счет применения устройств безопасности, обеспечивающих расчет тормозной кривой к светофору с запрещающим показанием.

2. «Виртуальная сцепка» (ВСЦ) – это соединение локомотивов последовательно следующих поездов по радиоканалу, по схеме «ведущий» – «ведомый». Согласно данной схеме, осуществляется ведение последующего грузового поезда, который является при этом «ведомым» и при движении использует информацию, источником которой является первый поезд, т. е. «ведущий».

В схеме «ведущий» – «ведомый» управление тяговым транспортным средством может производиться в режиме автоведения, либо в ручном режиме машинистом. Для расчета режима ведения ведомого поезда используется информация о скорости и показаниях локомотивного светофора ведущего поезда:

3. Развитие технологии ВСЦ, когда вопрос неустойчивости радиосвязи в режиме «точка – точка» снимается за счет использования цифровой системы технологической радиосвязи стандарта DMR. Данная технология предусматривает технологию движения подвижных единиц последовательно один

за другим, а также присутствие между ними (обеспечивающейся через центр управления радиосредствами) постоянно действующей системы связи.

4. Технология интервального регулирования с подвижными блок-участками обеспечивает максимальную пропускную способность железнодорожной инфраструктуры.

Представленные технологии могут применяться как самостоятельные средства для повышения пропускной способности на лимитирующих участках железных дорог, так и в различных комбинациях [9–12].

Рассмотрим суть представленных технологий, а также их положительные и отрицательные стороны применительно к работе Восточного полигона, среди возможных методов оптимизации работы которого сегодня наиболее актуальными являются:

– разработка новых конструкций инновационного вагонного парка имеющего повышенную степень грузоподъемности;

– минимизация количества подвижного состава порожнего состояния при его возврате;

– наращивание длины грузовых поездов;

– широкое применение высокотехнологичных средств ВСЦ (рис. 1).

Во многих странах мира успешно применяются СИРДП на основе радиоканала. Наибольшее применение подобные системы нашли в Европейских странах, Японии, США. В соответствии с [13–15] ERTMS ATLAS с 2012 г. в Европе и Азии работают системы интервального регулирования движения поездов на основе радиоканала на линиях длиной более 4 тыс. км. Приблизительно такое же количество строится. Данные системы основаны на передаче информации по цифровому радиоканалу между стационарным и бортовым оборудованием.

Наиболее перспективным вариантом на сегодняшний день среди развитых технологий является вариант комбинирования действующих традиционных систем управления движения поездов с СИРДП на базе автоматической автоблокировки с рельсовыми цепями или со счетчиками осей, а также использование гибридных технологий – модификаций европейской системы управления ETCS.

С 2020 г. на одном из участков железнодорожной линии Восточного полигона ведется внедрение современной СИРДП АБТЦ-МШ. Применение данных технологий приведет к сокращению интервала движения поездов до 5–6 мин. при имеющихся 8–9 мин. Система предусматривает переход на бессветофорную систему. С этой целью необходимая техника и оборудование микропроцессорной централизации размещены на железнодорожных станциях пилотной линии, что позволяет весь объем информации о текущей поездной обстановке передавать напрямую в кабину машиниста локомотива, который при управлении руководствуется не существующими показаниями назем-

ных светофоров, а длиной участка до впереди идущего состава.

Эффективность внедряемой на рассматриваемом участке интеллектуальной системы интервального регулирования на базе бесветофорной технологии представлена на рис. 2.

### Оптимизация работы железнодорожных станций в условиях внедрения современных систем интервального регулирования движения поездов на Восточном полигоне

На Восточном полигоне железных дорог происходит плановая реализация мероприятий реконструктивного характера – использование инноваци-

онных тяговых ресурсов, унифицированного вагонного парка, увеличение количества железнодорожных путей, автоматизация и информатизация перевозочных операций. Данные преобразования предъявляют повышенные требования к функционированию всех структурных подразделений полигона. Внедрение нового высокотехнологического оснащения и совершенствование существующих технологий работы должно обеспечивать такое соотношение между объемом переработки грузов и существующими основными фондами железнодорожных станций и узлов, и ее техническими резервами, чтобы обеспечивался потенциал снижения затрат на приработку одной тонны груза. Эффективного ре-

| Наименование характеристики   | Система АБТЦ-МШ   |
|---|---|
| Возможность обращения всех типов подвижного состава с уменьшенным интервалом                        | <b>Да</b><br>(включая локомотивы с релейным дешифратором ДКСВ)                          |
| Исключение напольных светофоров   | <b>Да</b><br>(применяется специальный индикатор выключенного светофора)                 |
| Применение рельсовых цепей  | <b>Да</b><br>(тональные рельсовые цепи)   |
| Отсутствие дополнительных путевых датчиков  | <b>Да</b><br>(движение по данным электронной карты)                                     |
| Использование локомотивной сигнализации   | <b>Да</b>   |
| Применение средств цифрового радиоканала (Р/К)  | <b>Да</b><br>(возможно использование в качестве дополнительного канала передачи данных) |
| Использование цифрового Р/К для подтверждения наличия и исправности бортовых устройств безопасности | <b>Да</b><br>(реализовано на участке Электросталь – Ногинск Московской ж.д.)            |
| Постоянные ограничения скорости   | <b>Да</b><br>(по данным электронной карты)  |
| Проследование зон неисправности   | <b>Да</b><br>(со скоростью не более 50 км/ч по команде оператора)                       |

Рис. 1. Преимущества системы АБТЦ-МШ с подвижными блок-участками

Fig. 1. Advantages of ФБТЦ-МШ system with mobile block-sites

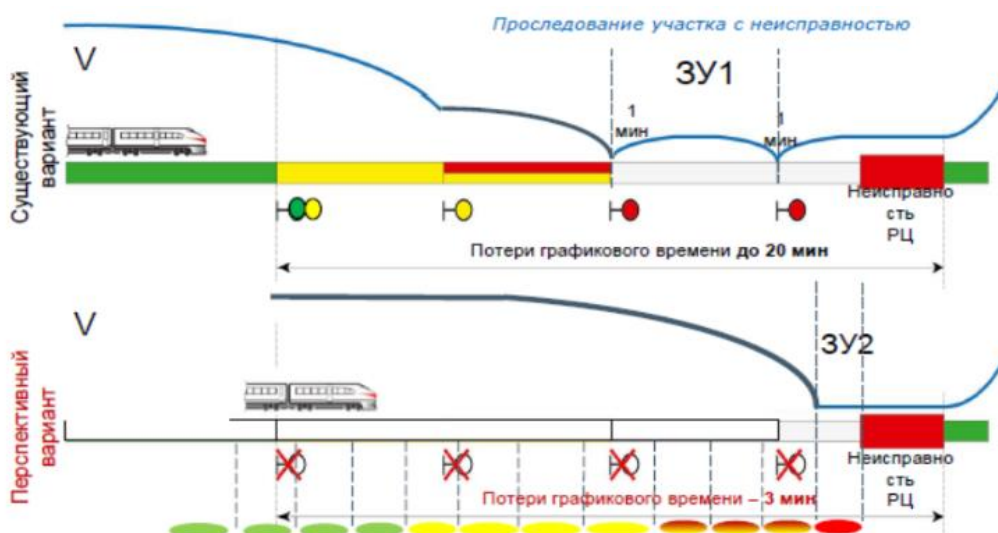


Рис. 2. Эффективность интеллектуальной системы интервального регулирования движения поездов на базе бесветофорной технологии

Fig. 2. Efficiency of intellectual train traffic interval regulation system based on traffic light free technology

шения указанной задачи можно достичь только при учете реальных условий работы железнодорожной станции, т. е. при функционировании станционных устройств в режиме неравномерной загрузки, принимая при расчете величины потребной пропускной способности элементов инфраструктуры ее максимальное значение. Причин неравномерности организации движения поездов достаточно много, при этом для горноперевальных участков Восточного полигона основными являются сосредоточенный пропуск пригородных и пассажирских поездов, предоставление «окон» для ремонта путевых устройств, контактной сети и других элементов инфраструктуры, независимость движения на участках, примыкающих к железнодорожным станциям и т. д. [16, 17]

В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации «О стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г.» от 17 июня 2008 г. № 877-р, нехватка уровня наличной пропускной способности на наиболее сложном участке Восточного полигона между станциями  $I_1 - U_1$  к 2023 г. составит 20 пар грузовых поездов. Проблемы и перспективы организации работы указанного железнодорожного участка в условиях внедрения современных систем интервального регулирования движения поездов, определение направлений усовершенствования технологии работы наиболее значимых для организации перевозочного процесса железнодорожных станций  $B_1, C_1, C_2, U_1$  и является целью данного исследования.

Для расчета пропускной способности отдельных технических элементов железнодорожных станций  $B_1, C_1, C_2, U_1$  выделяются определенные блоки железнодорожных путей для поездов обоих направлений движения, в размерах отношения количества нечетных и четных поездов. Определение пропускной способности данных групп производится отдельно, т. е. объединенный парк для расчета условно необходимо разбить на два парка.

Для анализируемого парка станции рассчитываются суммарные затраты времени, затраченные на занятие установленной группы путей операциями с грузовыми поездами, которые определены технологическим процессом работы станции и зависят от величины поездопотока, а также от специализации данных путей. По формуле (1) определяем данное значение:

$$T = (n'_{mp1} \cdot t'_{zan1}{}^{mp} + n'_{mp2} \cdot t'_{zan2}{}^{mp} + \dots + n'_{p1} \cdot t'_{zan1}{}^p + n'_{p2} \cdot t'_{zan2}{}^p + \dots + n'_{\phi1} \cdot t'_{zan1}{}^{\phi} + n'_{\phi2} \cdot t'_{zan2}{}^{\phi} + \dots + \sum n'_i \cdot t'_{zani}{}^{mp}) \cdot (1 + \rho) \quad (1)$$

где  $n'_{mp1}, n'_{mp2}$  и далее – количество транзитных поездов, пропускаемых через парк соответственно с четного и нечетного подходов;  $\sum n'_i$  – количество

передач углового потока или местных вагонов и составов поездов, выставляемых из других парков в приемный парк для расформирования на горке, если на расчетный период количества данных передач (составов) зависит от размеров движения;  $n'_{\phi1}, n'_{\phi2}$

и т. д. – количество поездов своего формирования всех категорий (кроме сборных и вывозных с работой на участке), отправляемых из парка соответственно на четный и нечетный выходы;  $t'_{zan1}{}^{mp}, t'_{zan1}{}^p$  и т. д. – затраты времени на занятие пути выполнением технологических операций с поездами соответствующих категорий и различных подходов;  $n'_{p1}, n'_{p2}$  и прочее – величина поступающих в соответствующий парк станции разборочных поездов всех категорий (кроме сборных и вывозных с работой на участке) со всех подходов;  $t_{zani}$  – затраты времени на занятие установленной группы путей одним составом), предусмотренное в технологическом процессе. Данное значение определяется расчетным путем по формуле (2):

$$t'_{zani} = t'_{np} + t_{cm} + t'_{om} \quad (2)$$

где  $t'_{np}$  – затраты времени на занятие пути операциями по приему поезда;  $t_{cm}$  – затраты времени на занятие пути выполнением соответствующих операций, предусмотренных технологическим процессом;  $t'_{om}$  – затраты времени на занятие пути операциями по оправлению поезда.

По формуле (3) определим значение коэффициента использования имеющейся мощности парка путей по каждой станции:

$$K = \frac{T}{\beta \alpha \cdot 1440m - \sum T'_{nocm}}, \quad (3)$$

где  $\beta$  – коэффициент использования железнодорожных путей парков станции;  $\alpha$  – коэффициент, оказывающий влияние на использование путей для движения пассажирских, пригородных, а также сборных поездов;  $m$  – количество путей в анализируемом парке станции;  $\sum T'_{nocm}$  – затраты времени на занятие путей, используемых для движения грузовых поездов всех категорий, выполнением в течение суток прочих постоянных операций, не изменяющихся пропорционально размерам движения и работами по текущему обслуживанию, плановым видам ремонта и снегоуборке.

Имеющаяся мощность путей рассчитываемого парка для различных типов поездов по каждому подходу или выходу – транзитных с подходов четного и нечетного соответственно, – определяется по формулам (4):

$$n_{\text{тп1}} = \frac{n'_{\text{тп1}}}{K}, n_{\text{тп2}} = \frac{n'_{\text{тп2}}}{K} \quad (4)$$

Суммарная имеющаяся мощность парка в грузовых поездах вычисляется по формуле (5):

$$N = n_p + n_{\text{сб.н}} + n_{\text{тп}}, \quad (5)$$

где  $n_p$  – количество поездов, прибывающих в расформирование;  $n_{\text{тп}}$  – количество поездов транзитных;  $n_{\text{сб.н}}$  – количество прибывающих сборных поездов.

Величина пропускной способности горловин станции определяется по максимально загруженным горловинам, где производятся операции по передвижению организованных поездов и с максимальным объемом маневровых операций.

Анализ технологии работы промежуточной станции Б<sub>1</sub> позволил определить необходимость сооружения дополнительных приемо-отправочных путей. С целью оптимизации работы в новых условиях предлагается восстановить для работы два приемо-отправочных пути (№ 4 и 17). Приемо-отправочные пути № 13 и 11 предлагается удлинить до пересечения с путем ТЧМИС. В западной горловине станции предложена установка дополнительных съездов № 104–108, 110–112, 114–116 для создания возможности более комфортного приема и отправления поезда по неправильному пути. Предложена установка съездов № 80–82, 84–86 для маршрута следования локомотивов подталкивания на 10 тупиковый путь [18–21]. Пропускная способность [22] рассматриваемой горловины станции Б<sub>1</sub>: по приему нечетных транзитных грузовых поездов –  $n = 137 / 0,87 = 150$  поездов; по отправлению четных транзитных грузовых поездов –  $n = 162 / 0,87 = 178$  поездов (табл. 1).

**Таблица 1.** Расчетные значения пропускной способности станции Б<sub>1</sub>

**Table 1.** Calculated values of throughput capacity of station Б<sub>1</sub>

| Показатель пропускной способности       | Значение показателей |                     |
|---|----------------------|---------------------|
|   | Текущий график       | После реконструкции |
| Общее время занятия путей, мин.         | 8 562,01             | 9 566,8             |
| Коэффициент использования путей         | 0,89                 | 0,81                |
| Мощность путей, поезд                   | 101/111              | 169/200             |
| Коэффициент использования горловины     | 0,91                 | 0,87                |
| Пропускная способность горловины, поезд | 99/109               | 150/178             |

Экономический эффект от предложенных мероприятий составит 16 067,28 млн руб.

Предложена модернизация станций С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>, основанная на строительстве главного третьего пути в восточной горловине станции С<sub>2</sub>, благодаря реализации которого в значительной степени будут сокращены локомотиво-часы простоя подталкивающих локомотивов в ожидании отправления, а также будет достигнуто снижение бригадо-часов локомотивных бригад при работе в грузовом движении и получен значительный технико-экономический эффект от уменьшения враждебности маршрутов при приеме и отправлении поездов. Строительство третьего главного пути и его специализация под пропуск нечетных поездов позволит разгрузить стрелочную горловину станции С<sub>1</sub> и повысить пропускную способность до уровня перегонов, а также смена специализации первого главного пути под пропуск толкачей. Протяженность третьего главного пути составит 2,5 км. Также потребуется установка дополнительного съезда 37–39 в восточной горловине станции С<sub>2</sub>.

Пропускная способность рассматриваемой горловины: по приему нечетных транзитных грузовых поездов –  $n = 137 / 0,8 = 171$  поезд; по отправлению четных транзитных грузовых поездов –  $n = 162 / 0,8 = 202$  поезда (табл. 2).

**Таблица 2.** Расчетные значения пропускной способности станции С<sub>2</sub>

**Table 2.** Calculated values of throughput capacity of station С<sub>2</sub>

| Показатель пропускной способности       | Значение показателей |                     |
|---|----------------------|---------------------|
|   | Текущий график       | После реконструкции |
| Общее время занятия путей, мин.         | 9 767,8              | 11 454,8            |
| Коэффициент использования путей         | 0,76                 | 0,89                |
| Мощность путей, поезд                   | 118/130              | 154/182             |
| Коэффициент использования горловины     | 0,74                 | 0,8                 |
| Пропускная способность горловины, поезд | 121/133              | 171/202             |

Экономический эффект от предложенных мероприятий составит 16 495,0 млн руб.

Для повышения пропускной способности горловины железнодорожной станции С<sub>1</sub> предложено также установить съезды № 110–112, 114–116, 144–146 и стрелочный перевод № 44. Пропускная способность рассматриваемой горловины: по приему нечетных транзитных грузовых поездов –  $n = 137 / 0,79 = 173$  поезда; по отправлению четных транзитных грузовых поездов –  $n = 162 / 0,79 = 205$  поездов (табл. 3).

**Таблица 3.** Расчетные значения пропускной способности станции  $C_1$   
**Table 3.** Calculated values of throughput capacity of station  $C_1$

| Показатель пропускной способности       | Значение показателей |                     |
|---|----------------------|---------------------|
|   | Текущий график       | После реконструкции |
| Общее время занятия путей, мин.         | 10 354,4             | 11 732              |
| Коэффициент использования путей         | 0,69                 | 0,78                |
| Мощность путей, поезд                   | 131/144              | 207/175             |
| Коэффициент использования горловины     | 0,97                 | 0,79                |
| Пропускная способность горловины, поезд | 92/102               | 173/205             |

Экономический эффект от предложенных мероприятий составит 16 332,21 млн руб.

Применение технологии интервального регулирования предусматривает усиление горловин железнодорожных станций для возможности пропуска поездов с использованием обоих главных путей для правильного и неправильного движения, с этой целью в статье предлагается два варианта модернизации станции  $У_1$ .

Первый вариант предусматривает сооружение в горловинах станции дополнительных параллельных выходов как для четного, так и для нечетного направлений:

– укладка соединительного пути стрелочными переводами марки 1/11 в западной горловине станции между четырнадцатым приемо-отправочным и вторым главным путями, с целью возможности одновременного отправления со станции нечетных поездов и параллельного приема четных, исключая враждебность маршрутов, что позво-

лит обеспечить параллельный выход и усилить горловину;

– установка обратного съезда между главными путями для параллельного приема четных и нечетных поездов в западной горловине станции;

– установка двух обратных съездов в восточной горловине для использования обоих главных путей для правильного и неправильного движения.

Второй вариант. Технология отцепки поездов локомотивов от прибывающих поездов предусматривает их постанковку в локомотивное депо. Проектной особенностью схемы станции  $У_1$  является высокая степень враждебности перемещения внутри станции. При отправлении нечетных поездов после операций по отцепке / прицепке локомотива наблюдается перекрытие маршрута приема пассажирского поезда. Подача локомотива происходит с пересечением главных путей.

Суммарный экономический эффект от изменения показателей работы станции составит 13 727,98 млн руб.

### Заключение

Проектным решением, направленным на оптимизацию работы участка железнодорожной линии Восточного полигона, предложено изменение технологии его работы в условиях внедрения современных систем интервального регулирования движения поездов (виртуальная сцепка, микропроцессорная автоблокировка с подвижным блоком участком) – «Комплекс аппаратно-программных средств для пространственного разграничения поездов на участке с обеспечением требований безопасности движения поездов». Применение данной технологии за счет сокращения межпоездного интервала позволит увеличить грузооборот до 18 725,924 млн т-км в год.

### Список литературы

1. Стратегия развития Холдинга «РЖД» на период до 2030 года. М: ОАО «РЖД», 20.12.2013 г.
2. Российские железные дороги. Официальный сайт. URL: <http://www.rzd.ru> (дата обращения 05.04.2021).
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.06.2008 № 877-р «О стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г.»
4. Восточный полигон. URL: [http://www.gudok.ru/sujet/eastern\\_polygon](http://www.gudok.ru/sujet/eastern_polygon).
5. БАМ и Транссиб работают на пределе пропускной способности. URL: <http://eurasiancenter.ru/infrastructureexperts/20150505/1004085409.html>.
6. Оленевич В.А., Гозбенко В.Е. Методическое и программное обеспечение прогнозирования значений уровня безопасности функционирования железнодорожной транспортной системы. Иркутск, 2019.
7. Гозбенко В.Е., Оленевич В.А. Повышение безопасности работы железнодорожной транспортной системы на основе автоматизации технологии размещения и крепления груза в вагоне // Известия Транссиба. 2013. № 1 (13). С. 110–116.
8. Olentsevich V.A., Konyukhov V.Y., Olentsevich A.A., Lysenko D.A. Efficiency of implementation of interval traffic regulation by the virtual coupling system on the section of the railway line in the framework of the digital railway project Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1661(1), 012106
9. Розенберг И.Н., Розенберг Е.Н. Интеллектуальные системы управления движением поездов // Экономика железных дорог, 2016, № 8. С. 9–16.
10. Цифровые технологии : тематическая подборка / сост. Р.Б. Горбач, Е.М. Розенталь; отв. за выпуск Голубев. Красноярск КрЦНТИБ. 2018. 130 с.
11. Интервальное регулирование: инновации и перспективы развития: тематическая подборка / сост. Е.М. Розенталь, Н.В. Буйнова; отв. за выпуск Е.В. Шавыркина. Красноярск: КрЦНТИБ, 2019. 232 с.

12. Белоголов Ю.И., Стецова Ю.М., Оленевич А.А. Использование методов математического моделирования при управлении транспортными процессами на железной дороге // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск: ИрГУПС. 2018. Т. 1. С. 145–148.
13. ERTMS ATLAS 2012/ V. Carpinelli, A. Missoumi, E. Brutin, C. Filippini – International Union of Railways (UIC). Paris, 2012. 258 p.
14. ERTMS specifications. URL: <http://www.era.europa.eu/Core-Activities/ERTMS/Pages/Set-of-specifications-2.aspx>.
15. System Requirements Specification / UNISIG SUBSET-026/Version 3.3.0. 2013. URL: <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/Set-2-Svstem-Requirements-Specification.aspx>.
16. Olentsevich V.A., Belogolov Y.I., Kramynina G.N. Set of organizational, technical and reconstructive measures aimed at improvement of section performance indicators based on the study of systemic relations and regularities of functioning of railway transport system. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. 832(1), 012038.
17. Оленевич В.А., Лебедева А.Е. Оценка существующих методик по увеличению пропускной и перерабатывающей способностей железнодорожных станций // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2016. Т. 2. С. 19–23.
18. Апатцев В.И., Иванкова Л.Н., Иванков А.Н., Подорожкина А.В. Альбом горловин участковых станций. Москва, 2021.
19. Иванкова Л.Н., Иванков А.Н., Котельников С.С. Развитие методов оптимизации технических и технологических параметров железнодорожных станций. Москва, 2020.
20. Апатцев В.И., Иванкова Л.Н., Иванков А.Н. Железнодорожные станции и узлы. В 2 ч. Ч. 1. Москва, 2020.
21. Иванков А.Н., Иванкова Л.Н. Железнодорожные станции и узлы. Проектирование новой узловой участковой станции с горкой малой мощности. Москва, 2020.
22. Об утверждении методики определения пропускной и провозной способностей инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования: приказ Министерства Транспорта Российской Федерации от 18.07.2018 г. №266. 2018 г. 40 с.

### References

1. Strategiya razvitiya Kholdinga «RZHD» na period do 2030 goda [Development strategy of the Russian Railways Holding for the period up to 2030]. Moscow: JSC "Russian Railways", December 20, 2013.
2. Rossiyskiye zheleznyye dorogi [Russian Railways]. Official website. URL: <http://www.rzd.ru> Accessed: April 05, 2021.
3. Rasporyazheniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 17.06.2008 № 877-r «O strategii razvitiya zheleznodorozhnogo transporta v Rossiyskoy Federatsii do 2030 g.» [«On the strategy for the development of railway transport in the Russian Federation until 2030»].
4. Vostochnyy poligon [Vostochny polygon]. URL: [http://www.gudok.ru/sujet/eastern\\_polygon](http://www.gudok.ru/sujet/eastern_polygon).
5. BAM i Transsib rabotayut na predele propusknoy sposobnosti [BAM and Transsib operate at the capacity limit]. URL: <http://eurasiancenter.ru/infrastructureexperts/20150505/1004085409.html>.
6. Olentsevich V.A., Gozbenko V.E. Metodicheskoye i programnoye obespecheniye prognozirovaniya znacheniy urovnya bezopasnosti funkcionirovaniya zheleznodorozhnoy transportnoy sistemy [Methodological and software for forecasting the values of the safety level of the railway transport system]. Irkutsk, 2019.
7. Gozbenko V.E., Olentsevich V.A. Povysheniye bezopasnosti raboty zheleznodorozhnoy transportnoy sistemy na osnove avtomatizatsii tekhnologii razmeshcheniya i krepleniya gruzha v vagone [Improving the safety of the railway transport system based on automatization of the technology of placing and securing cargo in a wagon]. *Izvestiya Transsiba [Izvestiya Transsib]*, 2013, No. 1(13), pp. 110–116.
8. Olentsevich V.A., Konyukhov V.Y., Olentsevich A.A., Lysenko D.A. Efficiency of implementation of interval traffic regulation by the virtual coupling system on the section of the railway line in the framework of the digital railway project. *Journal of Physics: Conference Series*, 2020, 1661(1), 012106.
9. Rosenberg I.N., Rosenberg E.N. Intellektual'nyye sistemy upravleniya dvizheniyem poyezdov [Intelligent train traffic control systems]. *Ekonomika zheleznykh dorog [Economics of railways]*, 2016, No. 8, pp. 9–16.
10. Tsifrovyye tekhnologii : tematicheskaya podborka [Digital technologies: thematic selection]. Comp. R.B. Gorbach, E.M. Rosental; rel. for the release of Golubev. Krasnoyarsk KRTSNTIB, 2018. 130 p.
11. Interval'noye regulirovaniye: innovatsii i perspektivy razvitiya: tematicheskaya podborka [Interval regulation: innovations and development prospects: thematic selection]. Comp. E.M. Rosenthal, N.V. Buyanova; rel. for the release of E.V. Shavyrkin. Krasnoyarsk: KRTSNTIB, 2019. 232 p.
12. Belogolov Yu.I., Startseva Yu.M., Lantsevich A.A. Ispol'zovaniye metodov matematicheskogo modelirovaniya pri upravlenii transportnymi protsessami na zheleznoy doroge [The use of mathematical modeling methods in the management of transport processes on the railway]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona [Transport infrastructure of the Siberian region]*. Irkutsk: IrGUPS Publ., 2018, Vol. 1, pp. 145–148.
13. Carpinelli V., Missoumi A., Brutin E., Filippini C. International Union of Railways (UIC). ERTMS ATLAS 2012. Paris, 2012. 258 p.
14. ERTMS specifications. URL: <http://www.era.europa.eu/Core-Activities/ERTMS/Pages/Set-of-specifications-2.aspx>.
15. System Requirements Specification. UNISIG SUBSET-026/Version 3.3.0. 2013. URL: <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/Set-2-Svstem-Requirements-Specification.aspx>.
16. Olentsevich V.A., Belogolov Y.I., Kramynina G.N. Set of organizational, technical and reconstructive measures aimed at improvement of section performance indicators based on the study of systemic relations and regularities of functioning of railway transport system. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 832(1), 012038.



17. Olentsevich V.A., Lebedeva A.E. Otsenka sushchestvuyushchikh metodik po uvelicheniyu propusknoy i pererabatyvayushchey sposobnostey zheleznodorozhnykh stantsiy [Evaluation of existing methods for increasing the throughput and processing capacity of railway stations]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona [Transport infrastructure of the Siberian region]*. Irkutsk, 2016, Vol. 2, pp. 19–23.

18. Apattsev V.I., Ivankova L.N., Ivankov A.N., Podorozhkina A.V. Al'bom gorlovin uchastkovykh stantsiy [Album of necks of precinct stations]. Moscow, 2021.

19. Ivankova L.N., Ivankov A.N., Kotelnikov S.S. Razvitiye metodov optimizatsii tekhnicheskikh i tekhnologicheskikh parametrov zheleznodorozhnykh stantsiy [Development of optimization methods for technical and technological parameters of railway stations]. Moscow, 2020.

20. Apattsev V.I., Ivankova L.N., Ivankov A.N. Zheleznodorozhnyye stantsii i uzly [Railway stations and junctions]. In 2 parts. Part 1. Moscow, 2020.

21. Ivankov A.N., Ivankova L.N. Zheleznodorozhnyye stantsii i uzly. Proyektirovaniye novoy uzlovoy uchastkovoy stantsii s gorkoy maloy moshchnosti [Railway stations and junctions. Design of a new nodal station with a low-power slide]. Moscow, 2020.

22. Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya propusknoy i provoznoy sposobnostey infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta obshchego pol'zovaniya: prikaz Ministerstva Transporta Rossiyskoy Federatsii ot 18.07.2018 №266 [On approval of the methodology for determining the capacity and carrying capacity of the infrastructure of public railway transport: Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation dated 18.07.2018 No. 266], 2018. 40 p.

### Информация об авторах

**Оленцевич Виктория Александровна** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: olencevich\_va@mail.ru

**Оленцевич Арина Александровна** – магистрант направления Control Science and Engineering факультета School of Automation, Beijing Institute of Technology, г. Beijing, e-mail: olencevich\_va@mail.ru

**Гозбенко Валерий Ерофеевич** – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры математики, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, e-mail: vgozbenko@yandex.ru

### Information about the authors

**Viktoriya A. Olencevich** – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor; Associate Professor of the Subdepartment of Operation Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: olencevich\_va@mail.ru

**Arina A. Olentsevich** – Master Control Science and Engineering of School of Automation, Beijing Institute of Technology, Beijing, e-mail: olencevich\_va@mail.ru

**Valerii E. Gozbenko** – Doctor of Engineering Science, Professor, Professor of the Subdepartment of Mathematics, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; Angarsk State Technical University, Angarsk, e-mail: vgozbenko@yandex.ru