

Анализ влияния пропуска длинносоставных поездов на участке железнодорожного пути на качественные показатели графика движения поездов и безопасность перевозочного процесса

В.А. Оленцевич✉, Н.В. Власова, Е.В. Каимов

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

✉olencevich_va@mail.ru

Резюме

Целью представленного научного исследования является технико-экономическая оценка направлений по повышению эффективности функционирования участков железнодорожного пути Восточного полигона, увеличению пропускной способности при соблюдении условий обеспечения безопасности движения поездов и минимизации затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание подвижного состава и инфраструктуры на основе организации движения посредством увеличения веса и длины грузовых поездов на восточном направлении. Использование составов большой длины позволяет получить ряд важных преимуществ. В условиях цифровой трансформации железнодорожной отрасли альтернативным решением является внедрение инновационных технологий, которые в ближайшем будущем определят развитие магистральных железнодорожных перевозок в глобальном масштабе. Международная ассоциация тяжеловесного движения представила проект «Развитие концепции тяжеловесных перевозок в рамках четвертой промышленной революции – видение 2030 года». Такого рода решения определяют эффективность и безопасность железнодорожных перевозок, обеспечивают пропускную способность железных дорог с использованием современных подходов. Авторами рассмотрена работа участка Восточного полигона железных дорог при пропуске длинносоставных поездов по двум вариантам: 20 поездов в четном направлении движения и 15 в нечетном; 26 поездов в четном направлении движения и 25 в нечетном. В статье дается оценка влияния принципа организации пропуска длинносоставных поездов на качественные показатели графика движения, что позволило определить параметры их применения, а также на безопасность перевозочного процесса в целом.

Ключевые слова

пропускная способность участка железнодорожной линии, длинносоставный поезд, график движения поездов, безопасность движения поездов, инфраструктурный комплекс, Восточный полигон, верхнее строение железнодорожного пути

Для цитирования

Оленцевич В.А. Анализ влияния пропуска длинносоставных поездов на участке железнодорожного пути на качественные показатели графика движения поездов и безопасность перевозочного процесса / В.А. Оленцевич, Н.В. Власова, Е.В. Каимов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2022. – № 3 (75). – С. 149–158. – DOI 10.26731/1813-9108.2022.3(75).149-158.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 2.09.2022 г.; поступила после рецензирования: 12.09.2022 г.; принята к публикации: 14.09.2022 г.

Analysis of the impact of the long-distance trains passage in a railway track section upon the quality indicators of the train schedule and the safety of the transportation process

V.A. Olentsevich✉, N.V. Vlasova, E.V. Kaimov

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉olencevich_va@mail.ru

Abstract

The purpose of the presented scientific research is a technical and economic assessment of the ways for improving the efficiency of the railway sections functioning at the Eastern Polygon, increasing the capacity level subject to ensuring the safety of train traffic and minimizing the costs of operation and maintenance of rolling stock and infrastructure based on the organization of traffic by increasing the weight and length of freight trains in the eastern direction. The use of long-composite trains allows you to get a number of important advantages. Under the ongoing digital transformation of the railway industry, an alternative solution is the introduction of innovative technologies that will determine the development of mainline rail transport on a global scale in the near future. The International Heavyweight Movement Association presented the project «Development of the concept of heavy duty transportation within the framework of the Fourth Industrial Revolution - Vision 2030». Such solutions determine the efficiency and safety of the railway transportation and provide the capacity of railways using modern approaches. The authors

considered the operation of the railway line section of the Eastern polygon of railways when passing long-haul trains in two variants: 20 trains in even and 15 in odd directions of movement; 26 trains in even and 25 in odd directions of movement. An assessment is given of the influence of the organization principle of the long-distance trains passage on the quality indicators of the train schedule and the safety of the transportation process, which made it possible to determine the criteria for their use.

Keywords

capacity of a section of a railway line, a long composite train, train schedule, train safety, infrastructure complex, Eastern polygon, upper structure of the railway track

For citation

Olenetsevich V.A., Vlasova N.V., Kaimov E.V. Analiz vliyaniya propuska dlinnosostavnykh poezdov na uchastke zheleznodorozhnogo puti na kachestvennyye pokazateli grafika dvizheniya poezdov i bezopasnost' perevochnogo protsessa [Analysis of the impact of the long-distance trains passage in a railway track section upon the quality indicators of the train schedule and the safety of the transportation process]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2022, no. 3 (75), pp. 149–158. – DOI: 10.26731/1813-9108.2022.3(75).149-158.

Article info

Received: September 2, 2022; Revised: September 12, 2022; Accepted: September 14, 2022.

Введение

В связи с новыми подходами к организации и функционированию транспортного рынка, изменениями принципов работы большинства отраслей экономики Российской Федерации 2022-й стал годом преодоления непредвиденных трудностей, поиском новых возможностей, принятия нестандартных управленческих решений. Хочется отметить, что именно железнодорожная транспортная система максимально четко продемонстрировала, насколько такое влияние может быть различным, а фундаментальные общемировые негативные принципы послужить стартовой площадкой для формирования новых, перспективных точек роста большинства структурных подразделений отрасли.

При суммарном снижении величины грузопотока по сети ОАО «РЖД» Восточный полигон показывал значительный прирост, прежде всего за счет транзитного грузопотока. Собственные объемы погрузки предприятий, работающих в Красноярском крае, Иркутской области и Республике Бурятия, снизились на 7 %, при этом угольная сфера, лесоперерабатывающая отрасль сумели нарастить величину отправки с использованием железнодорожного транспорта. В итоге грузооборот по Восточному полигону в целом на 1 сентября 2022 г. увеличился уже на 1,7 %. Согласно прогнозным значениям, холдинг ОАО «РЖД» по итогам 2022 г. планирует перевезти по сети более 1,3 млрд т грузов, что на 2,4 % превышает показатели 2021 г. Ожидается рост объемов по грузам всех категорий, за исключением высококодированных [1, 2].

В создавшихся условиях необходимо разрабатывать и активно внедрять новые подходы к организации движения поездов на участках железнодорожных линий, особое внимание уделять модернизации инфраструктурного комплекса железнодорожных станций с целью прироста грузопотока, улучшения качественных показателей графика движения поездов при условии соблюдения принципов безопасности перевозочного процесса [3].

Актуальность задачи по повышению веса и длины грузовых поездов на восточном направлении

На сегодняшний день динамично развивающимся сегментом грузовых перевозок, позволяющим обеспечить стабильный доход и прибыль ОАО «РЖД», являются контейнерные перевозки. Их быстрое развитие происходит в первую очередь за счет организации контейнерных поездов.

Согласно показателям графика движения поездов Восточного полигона железных дорог на 2021–2022 гг., всего выделено 708 «ниток» контейнерных поездов, в том числе 208 – своего формирования, 215 – транзитных, 285 – заканчивающихся в границах дороги, на унифицированную длину 71 условный вагон в соответствии с возможностями инфраструктуры. За семь месяцев 2022 г. передача контейнерных поездов к аналогичному периоду прошлого года по стыку Юрты Восточно-Сибирской железной дороги (ВСЖД) увеличена на 10 %, по стыку Петровский Завод снижена на 6 % [1, 2].

Средний состав объединенного контейнерного поезда составляет 119 вагонов в нечет-

ном направлении, 122 вагона в четном направлении. Динамика маршрутного движения ускоренных контейнерных поездов направлением запад – восток с начала года составляет +149,79 км/сут. (117,9 % к уровню прошлого года) [4–6].

Длина контейнерных поездов, формируемых в настоящее время на станциях ВСЖД, составляет 57–65 условных вагонов. Взаимная интеграция разрозненных форматов коммуникаций с клиентами в единую систему должна составлять, согласно проведенным техническим расчетам, не менее 130 вагонов, что позволит в значительной мере повысить пропускную и перерабатывающую способности инфраструктурного комплекса Восточного полигона, снизить затраты на организацию перевозочного процесса [1, 2, 4, 5].

На сегодняшний день в рамках функционирования инфраструктурного комплекса ВСЖД имеется 17 приемоотправочных путей, позволяющих формировать и пропускать контейнерные поезда длиной более 130 вагонов, из них 12 в нечетном направлении движения, 5 – в четном [4, 6].

Обеспечение продольной стабилизации железнодорожного пути в условиях интенсификации работы ОАО «РЖД», повышение веса и длины грузовых поездов, осевых нагрузок подвижного состава, грузоподъемности и статической нагрузки грузовых вагонов, скоростей движения поездов – все это является очень актуальной задачей. Организация движения с использованием тяжеловесных и длинносоставных поездов предполагает применение интенсивного пневматического и рекуперативного торможения, а также сосредоточение на малой длине большого количества единиц тяги. Усложнение условий эксплуатации отражается на стабильности железнодорожного пути и требует принятия дополнительных мер для недопущения угона, соблюдения принципов безопасности перевозочного процесса [7, 8].

Необходимо учитывать тот факт, что в работе структурных подразделений путевого хозяйства, энергоснабжения, связи, локомотивного и вагонного хозяйств, диспетчерских служб, обеспечивающих бесперебойное функционирование перевозочного процесса, устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) при увеличении длины грузового поезда и пропуске длинносоставных поездов

возникают определенные технические и организационные проблемы.

Кроме того, длинносоставные грузовые поезда достаточно сложно технологически включить в график движения поездов на участках: в ряде случаев такая организация движения приводит к съему грузовых поездов стандартного веса и длины или вызывает их задержку от установленного срока на достаточно длительное время. «Длинные» поезда следуют через большое количество железнодорожных станций и отдельных пунктов, не имея на них остановки, поскольку длина приемоотправочных путей данных структурных подразделений не предусмотрена для размещения составов повышенной длины. Тяговое плечо функционирования локомотивного парка увеличивается, как и сам участок работы локомотивной бригады, усложняется технология по формированию таких составов и возрастает время на выполнение данных технологических операций в рамках имеющейся инфраструктуры [9–11].

Организация пропуска длинносоставных поездов на участках железнодорожных линий Восточного полигона в большинстве случаев требует разработки и внедрения проектов реконструктивных мероприятий на технических станциях смены локомотивов и локомотивных бригад и станций обгона тяжеловесных поездов пассажирскими, удлинения приемоотправочных путей, реконструкции горловин станций, системы водоотводов, систем СЦБ и связи и т. д. [12].

Другой актуальной задачей по повышению веса и длины грузовых поездов на восточном направлении движения для составов длиной 100 условных вагонов и выше является увеличение времени воздействия подвижного состава на железнодорожный путь. Сопоставление значений данного показателя у длинносоставного поезда и поезда, имеющего стандартную длину и вес, указывает на его увеличение в отдельных случаях на 32 %. Данный фактор вызывает ряд негативных последствий:

1. Поскольку длинносоставный поезд имеет большее количество осей, наблюдается больший боковой износ рельсов на кривых участках пути.

2. В нижнем и верхнем строении пути присутствует повышенная концентрация напряжений, которые локализуются в местах существующих или зарождающихся дефектов, что

способствует их ускоренному развитию и, как следствие, появлению сложных деформаций.

3. Железнодорожный путь после контакта с длинносоставным поездом, согласно техническим параметрам, в результате возникающего напряжения часто не восстанавливает свое исходное состояние до момента контакта со следующей подвижной единицей.

При ряде существующих проблем пропуск объединенных длинносоставных контейнерных поездов (составностью более 130 условных вагонов) позволяет сократить эксплуатационные расходы отрасли, в значительной мере снижает нагрузку на инфраструктуру и увеличивает пропускную и провозную способности участков на грузонапряженных направлениях Восточного полигона [13–15].

Технологии тяжеловесного и длинносоставного движения являются инструментом повышения провозной способности железных дорог и одним из значимых резервов повышения энергоэффективности перевозочного процесса. Однако стремительное развитие цифровых технологий открывает новые возможности для увеличения пропускной способности за счет сокращения интервалов между поездами, оптимизации сортировочных работ на станциях и повышения регулярности следования поездов. Дополняя, а иногда и заменяя тяжеловесное движение, цифровые продукты способны заметно повысить эффективность перевозочного процесса и его экологичность без вложений в традиционную инфраструктуру [16].

Обращаясь к зарубежному опыту, следует отметить, что в разных странах развитие тяжеловесного движения имеет свою специфику в зависимости от научно-технического развития, экономических возможностей, климатических и геологических условий. Эффективное решение проблемы износа пути и подвижного состава было предложено в Австралии [16, 17]. В целях предотвращения износа железнодорожного пути и обеспечения сохранности подвижного состава разработана концепция специализированной железной дороги, которая основана на следующих положениях:

1. Использование подвижного состава одного и того же типа с постоянной осевой нагрузкой, так как допускаемая величина осевой нагрузки выбирается в зависимости от типа рельсов, эпюры шпал и рода балласта.

2. Предъявление жестких требований к надежности работы однопутной линии для формирования специализированной железнодорожной линии с использованием более экономичных и мощных локомотивов, рельсов и колес с более высокой износостойкостью и устойчивостью к повреждениям, а также более совершенной технологии сварки рельсов.

Повышение пропускной способности американскими железнодорожными компаниями по перевозке тяжелых грузов достигнуто путем перехода с минимальной осевой нагрузки на максимально возможную, а также увеличением длины и веса грузовых поездов за счет применения вагонов из облегченных сплавов, что позволило осуществить погрузку большей массы грузов [14–19].

С 2021 г. ОАО «РЖД» принят и успешно реализуется комплекс мер по модернизации инфраструктуры крупных сортировочных станций Восточного полигона:

- проектные решения, направленные на увеличение длины сортировочных путей;
- частичная реконструкция и изменение технологии работы парков станций;
- полная или частичная автоматизация систем управления сортировочными работами;
- исключение человеческого фактора при работе на сложных участках сортировочных станций.

Реализация представленных мер будет способствовать приросту размеров маршрутизации грузовых перевозок, усилению сортировочной работы, концентрации сортировочных операций на меньшем количестве высокооснащенных станций.

В настоящее время на большинстве железных дорог увеличение длины грузовых поездов вызывает потребность в реконструктивных мероприятиях, связанных с удлинением станционных путей. Одним из аспектов данной проблемы является удлинение станционных путей на промежуточных станциях и обгонных пунктах, где будет производиться обгон длинносоставных грузовых поездов пассажирскими. Если на железнодорожном участке нет ни одной промежуточной станции с достаточной емкостью приемоотправочных путей для приема и отправления длинносоставных грузовых поездов, то пропускать по участку такие грузовые поезда необходимо без остановок. При большом количестве пассажирских поездов, которые необхо-

димо пропустить по участку, отправлять впереди него длинносоставный грузовой поезд неприемлемо, так как обогнать его не будет возможности. Учитывая перспективу увеличения длинносоставного поездопотока на восточном направлении, необходимо повышать пропускную способность участков, а сделать это можно только за счет реконструктивных мероприятий, наращивая емкость путевого развития промежуточных станций.

Проведенный авторами анализ инфраструктурных комплексов по отдельным железнодорожным станциям ВСЖД (Тайшет, Нижнеудинск, Перевоз (предузловая станция Зима), Тыреть (предузловая станция Зима), Мегет (предузловая станция Иркутск-Сортировочный), Большой Луг, Слюдянка II, Дивизионная (предузловая станция Улан-Удэ), Тальцы (предузловая станция Улан-Удэ)) позволил установить целесообразность разработки и технико-экономического обоснования ряда проектных решений реконструктивного характера с учетом развития вспомогательных (технических, предузловых) железнодорожных станций ОАО «РЖД» во взаимосвязке с развитием припортовых узлов и полигонов сети.

Анализ влияния пропуска длинносоставных поездов на участке железнодорожного пути на качественные показатели графика движения поездов и безопасность перевозочного процесса

Повышение пропускной способности железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона железных дорог в условиях постоянно возрастающих объемов перевозок является особенно актуальной проблемой. В научной статье авторами рассматриваются технологические решения оптимизации графика движения поездов при пропуске длинносоставных поездов и их влияние на качественные показатели работы участка железнодорожной линии.

Рассмотрена работа участка Иркутск-Сортировочный – Тайшет Восточного полигона железных дорог при пропуске длинносоставных поездов с учетом следующих факторов:

- текущие размеры движения;
- объем 20 поездов в четном направлении движения и 15 в нечетном;
- объем 26 поездов в четном направлении движения и 25 в нечетном;

– объем 30 поездов в четном направлении движения и 30 в нечетном.

Согласно установленной технологии работы участка с грузовыми поездами, в пути следования производится смена локомотивных бригад, опробование тормозов на железнодорожных станциях Нижнеудинск и Зима. Поскольку грузовые длинносоставные поезда имеют длину состава, превышающую вместимость приемоотправочных путей паков железнодорожных станций Нижнеудинск и Зима, обработка таких поездов на данных раздельных пунктах рассмотрена наглядно построением суточных планов-графиков работы соответствующих станций. Организация движения длинносоставных поездов осуществляется пакетным графиком с межпоездным интервалом 11 мин.

Наличная пропускная способность при параллельном графике движения поездов определяется по формуле (1):

$$N = \frac{(1440 - t_{\text{тех}})}{l} \alpha \quad (1)$$

где $t_{\text{тех}}$ – временной промежуток, свободный от пропуска поездов, предназначенный, согласно технологии работы участка, для выполнения работ по текущему содержанию и ремонту железнодорожного пути или других технических устройств, предусмотренный графиком движения; α – вспомогательный коэффициент учета степени надежности функционирования технических средств до отказа, равный 0,96.

Наличная пропускная способность рассматриваемого участка при действующем техническом оснащении [20]:

$$N_{\text{неч}} = \frac{(1440 - 120)}{10} \cdot 0,96 = 126 \text{ поездов};$$

$$N_{\text{чет}} = \frac{(1440 - 120)}{10} \cdot 0,96 = 126 \text{ поездов}.$$

Потребная пропускная способность определяется по формуле (2):

$$N_{\text{потр.}} = \beta_{\text{рез.}} [N_{\text{гр}} + \varepsilon_{\text{п}} \cdot N_{\text{пас}} + \varepsilon_{\text{пр}} \cdot N_{\text{пр}} + N_{\text{сб}} \cdot (\varepsilon_{\text{сб}} - 1)], \quad (2)$$

где $\beta_{\text{рез.}}$ – величина резерва пропускной способности для двухпутных линий; $N_{\text{гр}}$, $N_{\text{пас}}$, $N_{\text{пр}}$, $N_{\text{сб}}$ – потребное количество, соответственно, грузовых, пассажирских, пригородных и сборных поездов; $\varepsilon_{\text{п}}$, $\varepsilon_{\text{пр}}$, $\varepsilon_{\text{сб}}$ – коэффициенты съема грузовых поездов, соответственно, пассажирскими, пригородными и сборными поездами.

Потребная пропускная способность на рассматриваемом участке:

$$N_{\text{потр}}^{\text{чет}} = 1,15 \cdot [85 + 1,3 \cdot 9 + 1,5 \cdot 2 + 2 \cdot (2,5 - 1)] = 118 \text{ поездов.}$$

$$N_{\text{потр}}^{\text{неч}} = 1,15 \cdot [87 + 1,3 \cdot 11 + 1,5 \cdot 2 + 2 \cdot (2,5 - 1)] = 123 \text{ поезда.}$$

По результатам проведенных расчетов можно сказать, что уровень потребной пропускной способности рассматриваемого участка меньше, чем полученное значение наличной. Следовательно, имеющаяся инфраструктура и действующее техническое оснащение позволяют бесперебойно освоить заданные размеры движения.

В период пропуска длинносоставных поездов на рассматриваемом участке железнодорожной линии происходит существенное сокращение размеров движения, а также изменение показателей графика движения поездов, таких как участковая, техническая скорости, количество локомотивных бригад, коэффициент участковой скорости [20, 21].

Итоговая ведомость пропуска грузовых поездов на рассматриваемом участке по вариантам организации движения представлена в табл. 1.

Значения показателей графика движения поездов на рассматриваемом участке с учетом пропуска длинносоставных поездов при различных вариантах организации движения, а также результаты технической и экономической оценки изменения показателей представлены в табл. 2.

Введение в обращение на рассматриваемом участке поездов повышенной длины приводит к снижению количества ниток поездов на графике движения, но при этом вызывает повышенную нагрузку на устройства электрооборудования, участвующие в передаче тяговой электроэнергии (рис.).

Тяговыми расчетами предусматривается проверка значения веса поезда на трогание с места при условии эффективной работы устройств тягового электроснабжения на расчетном подъеме поездным локомотивом после вынужденной остановки поезда. По итогам проведенных тяговых расчетов можно сделать вывод, что все серии локомотивов, имеющих обращение на заданном участке с соответствующими им весовыми нормами, проследуют инфраструктуру беспрепятственно. Температура тяговых электродвигателей не превышает заданного значения (120 °С) по классу изоляции.

Согласно проведенным расчетам, пропускная способность рассматриваемого участка составила 118 поездов в четном направлении движения и 123 поезда в нечетном. При учете пропуска длинносоставных поездов по вариантам суммарные финансовые потери составили соответственно 32,306; 44,876; 61,133 млн руб. в год [22].

Заключение

Таблица 1. Итоговая ведомость пропуска грузовых поездов по участку железнодорожной линии
Table 1. The final statement of the passage of freight trains along the section of the railway line

Направления движения поездов на участке Directions of train movement on the section	Поездо-минуты, мин. Train-minutes, min		Поездо-часы, час Train-hours, h		Поездо-километры, км Train-kilometers, km
	В движении In motion	В пути следования On the way	В движении In motion	В пути следования On the way	
При объеме 20 поездов в четном направлении движения и 15 в нечетном With 20 trains in even direction and 15 in odd direction					
Четное Even	48 248,00	59 776,00	804,13	996,26	41 829,30
Нечетное Odd	46 587,00	58 220,00	776,45	970,30	42 611,00
При объеме 26 поездов в четном направлении движения и 25 в нечетном With 26 trains in even direction and 25 in odd direction					
Четное Even	48 399,00	60 321,00	806,65	1 005,35	41 829,30
Нечетное Odd	46 993,00	58 642,00	783,22	977,36	42 611,00
При объеме 30 поездов в четном направлении движения и 30 в нечетном With 30 trains in even direction and 30 in odd direction					
Четное Even	49 129,00	61 115,00	811,12	1 159,11	41 829,30
Нечетное Odd	47 103,00	59 021,00	803,31	989,02	42 611,00

Таблица 2. Оценка влияния принципа организации пропуска длиннооставных поездов на участке железнодорожной линии на качественные показатели графика движения

Table 2. Assessment of the influence of the organizing principle of the long trains passage at the section of the railway line on the qualitative indicators of the traffic schedule

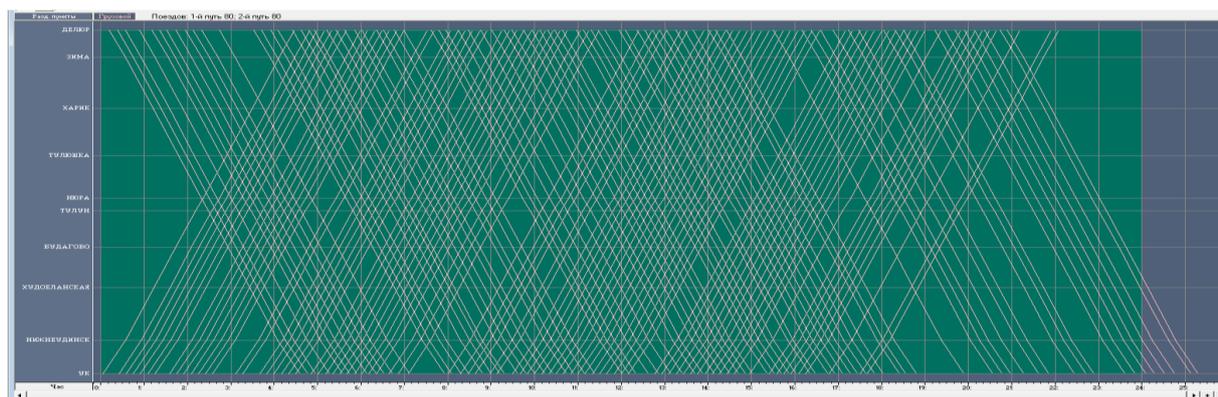
Показатель графика движения поездов Train schedule indicator	Значение показателя графика движения поездов при объеме пропуска длиннооставных поездов по направлениям движения The value of the indicator of the train schedule under the passage volume of long trains trains movements to destinations				Техническая оценка изменения показателей графика движения поездов Technical evaluation of changes in train traffic schedule indicators			Экономическая оценка изменения показателей графика движения поездов, тыс. руб. Economic evaluation of changes in train schedule indicators		
	Текущий график (ГДПО)	20 поездов в четном и 15 в нечетном (ГДП1)	26 поездов в четном и 25 в нечетном (ГДП2)	30 поездов в четном и 30 в нечетном (ГДП3)	ГДП1 к ГДПО TTS1 to TTS2	ГДП2 к ГДПО TTS2 to TTS0	ГДП3 к ГДПО TTS3 to TTS0	ГДП1 к ГДПО TTS1 to TTS0	ГДП2 к ГДПО TTS2 to TTS0	ГДП3 к ГДПО TTS3 to TTS0
Участковая скорость, км/ч Sector speed, km/h	43,52	42,94	42,58	41,73	-0,58	-0,94	-1,79	-1,824	-2,154	-3,628
Техническая скорость, км/ч Technical speed, km/h	53,72	53,42	53,11	52,83	-0,32	0,61	-0,86	-1,713	-2,008	-2,841
Коэффициент участковой скорости Sector speed coefficient	0,81	0,80	0,80	0,81	0,01	-	0,01	-	-	-
Основное время вождения поезда по участку, ч The main time of driving the train on the site, h	29,32	31,4	32,85	33,16	-2,08	-3,53	-3,84	-123,025	-402,328	-479,396
Расчетный оборот локомотивной бригады, ч Estimated locomotive crew turnover	31,12	32,85	33,26	33,98	-1,73	-2,14	-2,14	-8,254	-11,305	-12,005
Эксплуатационный оборот, ч Operating turnover, h	113,6	115,3	116,9	117,2	-1,7	-3,3	-3,6	-7,355	-10,411	-12,806
Потребное число локомотивных бригад, шт. Required number of locomotive crews, piece	212	215	217	220	-3	-5	-8	-31,255	-45,820	-68,201
Годовой экономический ущерб от пропуска длиннооставных поездов, млн руб. Annual economic loss from the passage of long trains								32,306	44,876	61,133

Примечание: ГДП – график движения поездов.

Note: TTS - train schedule.

Результаты технико-экономической оценки направлений по повышению эффективности функционирования участков железнодорожных линий Восточного полигона, увеличению пропускной способности при соблюдении

условий обеспечения безопасности движения поездов на основе организации движения длиннооставных грузовых поездов в четном и нечетном направлениях показали неэффективность данного технического решения.



Вариантный график движения поездов с интервалом 10 минут
Variant train schedule with an interval of 10 minutes

Значения показателей графика движения поездов на рассматриваемом участке с учетом пропуска длиннооставных поездов при различных вариантах организации движения ухудшились, годовой ущерб при увеличении количества поездов данного типа на 20 % составил 32,3 млн руб., при увеличении на 50 % ущерб достиг 61 млн руб. Пропускная способность участка также снизилась на 7,1 % за счет дополнительного простоя поездов в ожидании пропуска и операций по формированию / расформированию. В проведенных расчетах авторами для оценки целесообразности пропуска длиннооставных поездов учитывались только показатели графика движения, при этом не учитывались дополнительные отказы технических средств, повышение износа инфраструктуры станций и участков.

Определить оптимальную величину осевой нагрузки возможно только при помощи исследований и оценки экономической эффективности. Такой подход позволяет взвешенно подходить не только к технической стороне

дела, к оценке возможностей инфраструктуры, но и к экономическим вопросам: просчитывать необходимые затраты и ожидаемые эффекты.

Дальнейшая апробация лучших отечественных и зарубежных практик будет способствовать развитию тяжеловесного движения в России. Главным фактором, безусловно, остается подготовка всей инфраструктуры железнодорожного транспорта к эксплуатации поездов повышенного веса и длины. Это подразумевает совершенствование элементов как верхнего, так и нижнего строения пути, а также технологий мониторинга, ремонта и технического обслуживания железнодорожного пути. Кроме того, необходимо уделить внимание совершенствованию формирования поездов повышенной длины в части ограничений по плану и профилю железнодорожных линий и полезной длины приемоотправочных путей на станциях. Рассмотренный опыт возможен к применению только после глубокой проработки и адаптации под условия эксплуатации железных дорог России.

Список литературы

1. Российские железные дороги // ОАО «РЖД» : сайт. URL: <http://www.rzd.ru> (Дата обращения 29.08.2022).
2. Грузы готовы ехать. ОАО «РЖД» прогнозирует рекордные экспортные перевозки в 2022 году // Gudok.ru : сайт. URL: <https://gudok.ru/content/freighttrans/1593862/> (Дата обращения 29.08.2022)
3. Стратегия развития Холдинга «РЖД» на период до 2030 года // ОАО «РЖД» : сайт. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=804> (Дата обращения 29.08.2022).
4. Программа развития на сети железных дорог ОАО «РЖД» тяжеловесного движения. URL: <http://www.rzd-expro.ru/images/Events-2019/27ts/01.pdf> (Дата обращения 29.08.2022).
5. Кривошекова В.А., Левин А.В., Власова Н.В. Перспективы дальнейшего развития отрасли грузоперевозок железнодорожным транспортом в России // Цифровая экономика: перспективы развития и совершенствования : сб. науч. ст. III-й Междунар. науч.-практ. конф. Курск, 2022. С. 188–193.
6. Год в движении // Gudok.ru : сайт. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1582465> (Дата обращения 29.08.2022).
7. Успешно реализована отправка по колее 1520 длиннооставного контейнерного поезда из 123 вагонов, следующего из Китая в Европу // Teus.online : сайт. URL: <https://teus.online/news/972> (Дата обращения 30.08.2022).
8. Ковенькин Д.А. Влияние вертикальных неровностей путевой структуры на характер движения подвижного состава // Наука и образование транспорту. 2017. № 2. С. 100–102.

9. Automated calculation method effect values in load securing elements fixed on a rolling stock / N.V. Vlasova, V.A. Olentsevich, V.Yu. Konyukhov et al. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. 1064. 012042. DOI 10.1088/1757-899X/1064/1/012042.
10. Automation of failure forecasting on the subsystems of the railway transport complex in order to optimize the transportation process as a whole / M.V. Konstantinova, V.Yu. Konyukhov, E.A. Guseva et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2020. C. 012020. DOI:10.1088/1757-899X/1064/1/012020.
11. Formation of new principles and models of operation of structural units of the industry under the conditions of implementation of digital technologies / D.A. Lysenko, V.A. Olentsevich, N.V. Vlasova et al. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. 1064. 012025. DOI 10.1088/1757-899X/1064/1/012025.
12. Малахова Т.А. Анализ причин задержек грузовых поездов на участках железной дороги // Наука, техника и образование. 2017. № 10 (40). С. 34–36.
13. Влияние отказов технических средств на задержку поездов / В.Д. Верескун, В.С. Воробьев, И.В. Яньшина и др. // Вестн. Ростов. гос. ун-та путей сообщ. 2019. № 4 (76). С. 42–48.
14. Ресельс А.П., Филатов Е.В. Проблемы эксплуатации кривых участков пути при организации тяжеловесного движения на Восточном полигоне // Вестн. транспорта Поволжья. 2019. № 6. С. 42–48.
15. Влияние осевой нагрузки и состояния пути на интенсивность износа рельсов / В.О. Певзнер, Ю.С. Ромен, Е.А. Сидорова и др. // Вестн. Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2021. №2 (54). С. 64–69.
16. Власова Н.В., Оленцевич В.А. Необходимость разработки новых проектных решений по реконструкции контейнерных терминалов в современных условиях // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : сб. тр. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Москва, 2022. С. 96–104.
17. Секреты всего света // Gudok.ru : сайт. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1589827> (Дата обращения 30.08.2022)
18. Тяжелый вес магистральям на пользу // РЖД-Партнер : сайт. URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhtransport/news/tiazhelyi-ves-magistraliam-na-polzu/> (Дата обращения 30.08.2022).
19. Поездам придали вес // Gudok.ru : сайт. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1391189> (Дата обращения 30.08.2022).
20. Расчет пропускной способности железных дорог / Е.В. Архангельский, Н.А. Воробьев, Н.А. Дроздов и др. М. : Транспорт, 1977. 310 с.
21. Управление эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте / под ред. В. И. Ковалева, А. Т. Осьмина. Т. 1. М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2009. 263 с.
22. Себестоимость железнодорожных перевозок / Н.Г. Смехова, А.И. Купоров, Ю.Н. Кожевников и др. М. : Маршрут, 2003. 494 с.

References

1. Rossiiskie zheleznye dorogi (Elektronnyi resurs) [Russian Railways (Electronic Resource)]: Available at: <http://www.rzd.ru> (Accessed August 29, 2022).
2. Gruzy gotovy ekhat'. OAO «RZhD» prognoziruet rekordnye eksportnye perevozki v 2022 godu (Elektronnyi resurs) [The loads are ready to go. JSC «Russian Railways» predicts record export shipments in 2022 (Electronic resource)]. Available at: <https://gudok.ru/content/freighttrans/1593862/> (Accessed August 29, 2022).
3. Strategiya razvitiya Kholdinga «RZHD» na period do 2030 goda (Elektronnyi resurs) [Development strategy of the Russian Railways Holding for the period up to 2030 (Electronic resource)]. Available at: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=804> (Accessed August 29, 2022).
4. Programma razvitiya na seti zheleznykh dorog OAO «RZhD» tyazhelovesnogo dvizheniya (Elektronnyi resurs) [The program for the development of heavy traffic on the railway network of JSC «Russian Railways» (Electronic resource)]. Available at: <http://www.rzd-expo.ru/images/Events-2019/27ts/01.pdf> (Accessed August 29, 2022).
5. Krivoshchekova V.A., Levin A.V., Vlasova N.V. Perspektivy dal'neishego razvitiya otrasli gruzoperevozok zheleznodorozhnyim transportom v Rossii [Perspectives for further development of the freight transportation industry by rail in Russia]. *Sbornik nauchnykh statei III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Tsifrovaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya»* [Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference «Digital Economy: Prospects for development and Improvement»]. Kursk, 2022, pp. 188–193.
6. God v dvizhenii (Elektronnyi resurs) [A Year in motion (Electronic resource)]. Available at: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1582465> (Accessed August 29, 2022).
7. Uspeshno realizovana otpravka po kolee 1520 dlinnosostavnogo konteiner'nogo poezda iz 123 vagonov, sleduyushchego iz Kitaya v Evropu (Elektronnyi resurs) [The shipment of a 123-car long-composite container train from China to Europe along the 1520 gauge has been successfully implemented (Electronic resource)]. Available at: <https://teus.online/news/972> (Accessed August 30, 2022).
8. Koven'kin D.A. Vliyanie vertikal'nykh nerovnostei putevoi struktury na kharakter dvizheniya podvizhnogo sostava [The influence of vertical irregularities of the track structure on the nature of the movement of rolling stock]. *Nauka i obrazovanie transportu* [Science and education for transport], 2017, no. 2, pp. 100–102.
9. Vlasova N.V., Olentsevich V.A., Konyukhov V.Yu., Lysenko D.A. Automated calculation method effect values in load securing elements fixed on a rolling stock. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. 1064 (2021) 012042. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1064/1/012042>.

10. Konstantinova M.V., Konyukhov V.Y., Guseva E.A., Olentsevich A.A., Olentsevich V.A. Automation of failure forecasting on the subsystems of the railway transport complex in order to optimize the transportation process as a whole. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2020", 2021. P. 012020

11. Lysenko D.A., Konyukhov V.Y., Olentsevich V.A., Vlasova N.V. Formation of new principles and models of operation of structural units of the industry under the conditions of implementation of digital technologies. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. 1064 (2021). 012025. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1064/1/012025>.

12. Malakhova T.A. Analiz prichin zaderzhek gruzovykh poezdov na uchastkakh zheleznoi dorogi [Analysis of the causes of delays of freight trains on railway sections]. *Nauka, tekhnika i obrazovanie* [Science, technology and education], 2017, no. 10 (40), pp. 34–36.

13. Vereskun V.D., Vorob'ev V.S., Yan'shina I.V., Repina I.B. Vliyanie otkazov tekhnicheskikh sredstv na zaderzhku poezdov [The impact of failures of technical means on train delays]. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya* [Bulletin of the Rostov State Transport University], 2019, no. 4 (76), pp. 42–48.

14. Resel's A.P., Filatov E.V. Problemy ekspluatatsii krivykh uchastkov puti pri organizatsii tyazhelovesnogo dvizheniya na Vostochnom poligone [Problems of operation of curved sections of the track in the organization of heavy traffic on the Eastern polygon]. *Vestnik transporta Povolzh'ya* [Bulletin of Transport of the Volga region], 2019, no. 6, pp. 42–48.

15. Pevzner V.O., Romen Yu.S., Sidorova E.A., Lisitsyn A.I., Baronaite R.A. Vliyanie osevoi nagruzki i sostoyaniya puti na intensivnost' iznosa rel'sov [Influence of axial load and track condition on the intensity of rail wear]. *Vestnik Instituta problem estestvennykh monopolii: Tekhnika zheleznykh dorog* [Bulletin of the Institute of Problems of Natural Monopolies: Railway Engineering], 2021, no. 2 (54), pp. 64–69.

16. Vlasova N.V., Olentsevich V.A. Neobkhodimost' razrabotki novykh proektnykh resheniy po rekonstruktsii konteynernykh terminalov v sovremennykh usloviyakh [The need to develop new design solutions for the reconstruction of container terminals in modern conditions]. *Sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Innovatsionnye tekhnologii na zheleznodorozhnom transporte»* [Proceedings of the scientific and practical conference with international participation «Innovative technologies in railway transport»]. Moscow, 2022, pp. 96–104.

17. Sekrety vsego sveta (Elektronnyi resurs) [Secrets of the whole world (Electronic resource)]. Available at: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1589827> (Accessed August 30, 2022).

18. Tyazhelyi ves magistralyam na pol'zu (Elektronnyi resurs) [Heavy weight is good for railways (Electronic resource)]. Available at: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/tiazhelyi-ves-magistralyam-na-pol'zu/> (Accessed August 30, 2022).

19. Poezdam pridali ves (Elektronnyi resurs) [Trains have been given weight (Electronic resource)]. Available at: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1391189> (Accessed August 30, 2022).

20. Arkhangel'skii E.V., Vorob'ev N.A., Drozdov N.A., Miroshnichenko R.I., Segal L.G. Raschet propusknoi sposobnosti zheleznykh dorog [Calculation of railway capacity]. Moscow: Transport Publ., 1977. 310 p.

21. Kovalev, V.I. Upravlenie ekspluatatsionnoi rabotoi na zheleznodorozhnom transporte (v 2 t.) [Management of operational work on railway transport (in 2 vol.)]. Moscow: UMTS ZDT Publ., 2009, 2011.

22. Smekhova N.G., Kuporov A.I., Kozhevnikov Yu.N., Potapovich N.A., Elizar'ev Yu.V., Sugrobova M.V., Shobanov A.V. Sebestoimost' zheleznodorozhnykh perevozok [Cost of rail transportation]. Moscow: Marshrut Publ., 2003. 494 p.

Информация об авторах

Оленцевич Виктория Александровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: olencevich_va@mail.ru.

Власова Наталья Васильевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: natalya.vlasova.76@list.ru.

Каимов Евгений Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства железных дорог, мостов и тоннелей, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: Eugen-Kaimov@yandex.ru.

Information about the authors

Victoriya A. Olentsevich, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Operation management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: olencevich_va@mail.ru.

Natal'ya V. Vlasova, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Operation management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: natalya.vlasova.76@list.ru.

Evgeniy V. Kaimov, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Building of railways, bridges and tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: Eugen-Kaimov@yandex.ru.