

Метод повышения провозной способности Восточного полигона на основе увеличенного интервала между пакетами поездов



М. А. Марченко,
аспирант кафедры
«Управление
эксплуатационной
работой» Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС)



О. Д. Покровская,
д-р техн. наук, заведующая
кафедрой «Управление
эксплуатационной
работой» ПГУПС

В последние годы транспортно-логистический комплекс России столкнулся с серьезными вызовами. Западные санкции вынудили перевозчиков изменить привычные транспортно-технологические схемы доставки, искать новые рынки сбыта, торговых партнеров и посредников.

Грузопоток, ранее следующий через порты западных регионов Российской Федерации (Усть-Луга, Санкт-Петербург, Калининград) в страны Европейского союза, перенаправлен через порты восточных регионов (Владивосток, Восточный, Ванино, Находка, Пригородное) в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, ставшие основными партнерами России после введения западных санкций [1–8].

В подобных условиях остро встал вопрос организации транспортировки грузов между центральными регионами РФ к портам Дальнего Востока. В первой половине 2022 г. транспортная инфраструктура оказалась не готова к подобным вызовам — перерабатывающих мощностей в портах катастрофически не

хватало. Особенно увеличились объемы контейнерных перевозок — рост объема перевалки грузов, транспортируемых в контейнерах, составил до 20 %. Данная проблема частично решена к концу 2022 г. путем сооружения 17 «сухих» портов [9–11].

Другая не менее важная проблема обозначилась ввиду нехватки провозной способности магистралей Восточного полигона. В 2021 г. суммарная провозная способность Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей составила 144 млн т. В 2022 г. запущен федеральный проект «Развитие железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона железных дорог», согласно которому к 2032 г. провозная способность Восточного полигона должна составить 255 млн т. Для реализации проекта начаты мероприятия по сооружению вторых главных путей на БАМе и спрямление профиля пути на участках Транссиба для увеличения веса пропускаемых поездов с 5600 до 7100 т. Также организован пропуск сдвоенных поездов и частичная перевозка контейнеров в полувагонах. В результате данных технических и организационных мероприятий провозная способность Восточного полигона выросла до 158 млн т и в последующие годы демонстрировала увеличение [12] (рис. 1).

Прослеживается тенденция увеличения провозной способности Восточного полигона на 10 % за 2022 г., на 8 % за 2023 г. и на 5 % за 2024 г. Однако даже с учетом положительной динамики увеличения провозной способности Восточного полигона ее недостаточно для обеспечения стабильного грузопотока между морскими портами Дальнего

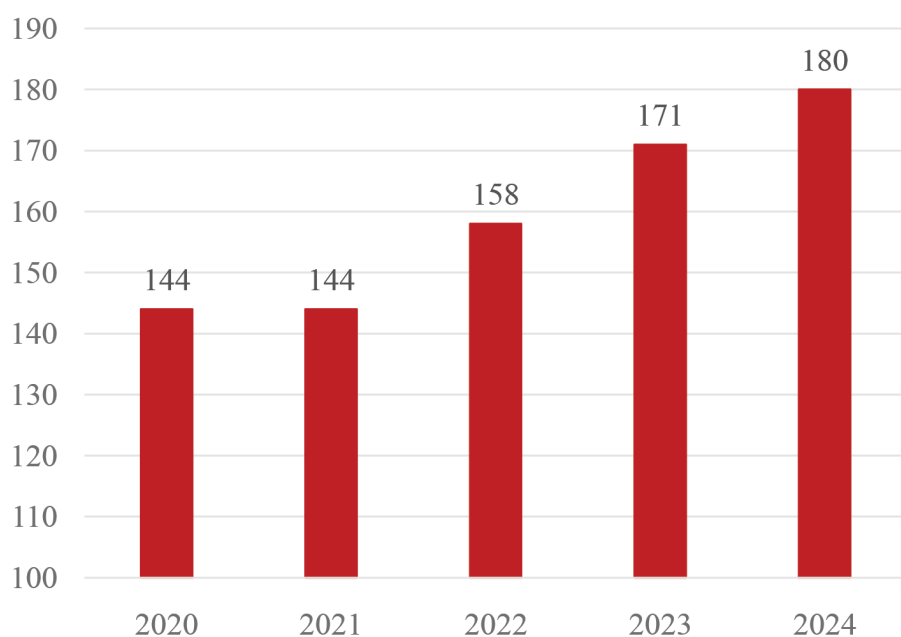


Рис. 1. Изменение провозной способности Восточного полигона, млн т [12]

Востока и потребителями в центральных регионах страны, поскольку по состоянию на 2023 г. суммарный объем перевалки грузов в дальневосточных морских портах составил 238 млн т при наличии запаса в перерабатывающей способности в 10–30% [12].

Следует отдельно выделить объемы контейнерных железнодорожных перевозок по Восточному полигону. Они резко возросли после западных санкций 2022 г., поскольку многим российским транспортным компаниям пришлось искать торговых партнеров среди стран АТР и выходить на новые рынки. Подобные мероприятия всегда сопровождаются повышенными рисками и высокими издержками, связанными с изучением местного законодательства, конъюнктуры рынка и особенностей взаимодействия с новыми контрагентами.

Поэтому для обеспечения максимальной удовлетворенности клиентов оказанием транспортных услуг (в частности, реализации важнейших принципов современной логистики «от двери до двери и точно в срок»), минимальных финансовых издержек и сроков доставки перевозки подавляющего большинства грузов организованы в контейнерах. Таким образом, объем контейнерных перевозок по Восточному полигону значительно вырос, начиная с 2022 г. (рис. 2).

Так, с 2020 по 2022 гг. рост составил 22%, а с 2022 по 2024 гг. — 99%. При этом в 2024 г. пропущено 5000 контейнерных поездов, из которых 1500 сформированы из полувагонов с погруженными малотоннажными контейнерами [13]. Такая динамика роста объема контейнерных перевозок создает дополнительный стимул для повышения провозной способности Восточного полигона [14].

В рамках проекта «Развитие железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона железных дорог» выполняется комплекс технических и технологических мероприятий по модернизации не только инфраструктуры, но и систем сигнализации, централизации и блокировки.

В тестовом режиме работает технология «виртуальная сцепка». Она основана на соединении поездов, следующих в попутном направлении, радиоканалом, по которому передаются данные о текущем местонахождении поезда, параметрах изменения скорости движения, режиме работы тяговых двигателей, сигналах показания автоматической локомотивной сигнализации непрерывно-го действия.

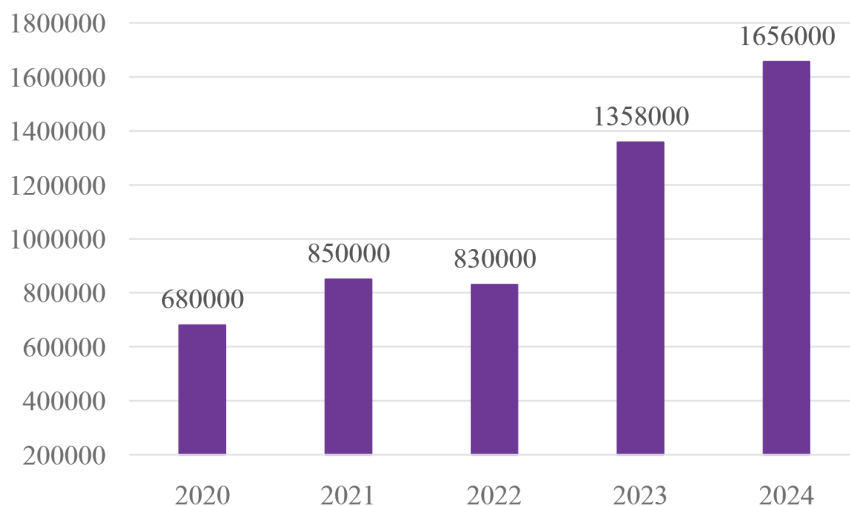


Рис. 2. Изменение объема транзитных контейнерных перевозок в 20-футовом эквиваленте (ТЕУ), шт./год [12]

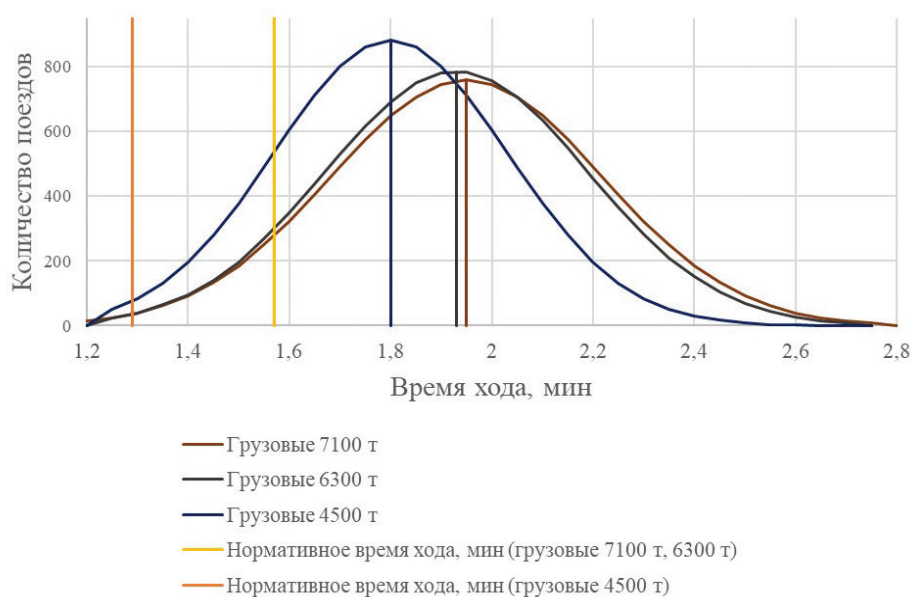


Рис. 3. Распределения величины отклонения поездов

Применение данной технологии позволило сократить межпоездной интервал до 5 мин с обеспечением безопасности движения поездов. При этом «виртуальная сцепка» обладает высокой степенью надежности и отказоустойчивости [15]. Однако ряд проблем, наблюдавшихся при движении поездов по участкам Восточного полигона, сохранился и при организации движения поездов по «виртуальной сцепке». Так, часто возникают ситуации, при которых поезда следуют «в хвост» впереди идущему поезду, в том числе на желтый сигнал проходного светофора, или останавливаются на красный сигнал на перегоне.

Чаще всего такие ситуации возникают на перегонах перед сортировочными или участковыми станциями, на которых наблюдается входной поездопоток большой интенсивности. В результате станция не успевает принимать поезда,

и локомотивные бригады вынуждены снижать скорость или останавливаться перед входным светофором.

Кроме того, в исследовании [16] доказано, что поезда в процессе движения по перегону отклоняются от нормативного значения, установленного графиком движения. При этом данные отклонения подчиняются закону нормального распределения вне зависимости от плана и профиля пути, а также категории поездов.

Однако исследования, проведенные на одном из участков Октябрьской железной дороги, показали, что величина отклонений находится в зависимости от массы поездов: чем больше масса, тем больше будут отклонения. На рис. 3 показаны графики распределения величины отклонения грузовых поездов различной массы. Данные получены при выборке в 5000 измерений.

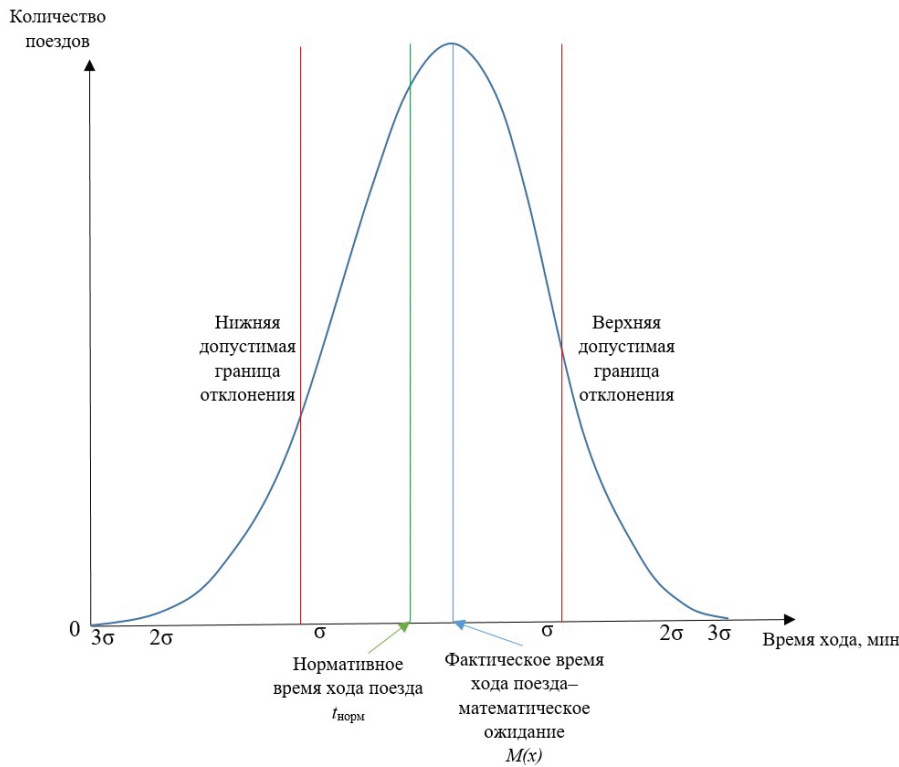


Рис. 4. Концепция учета времени движения поездов

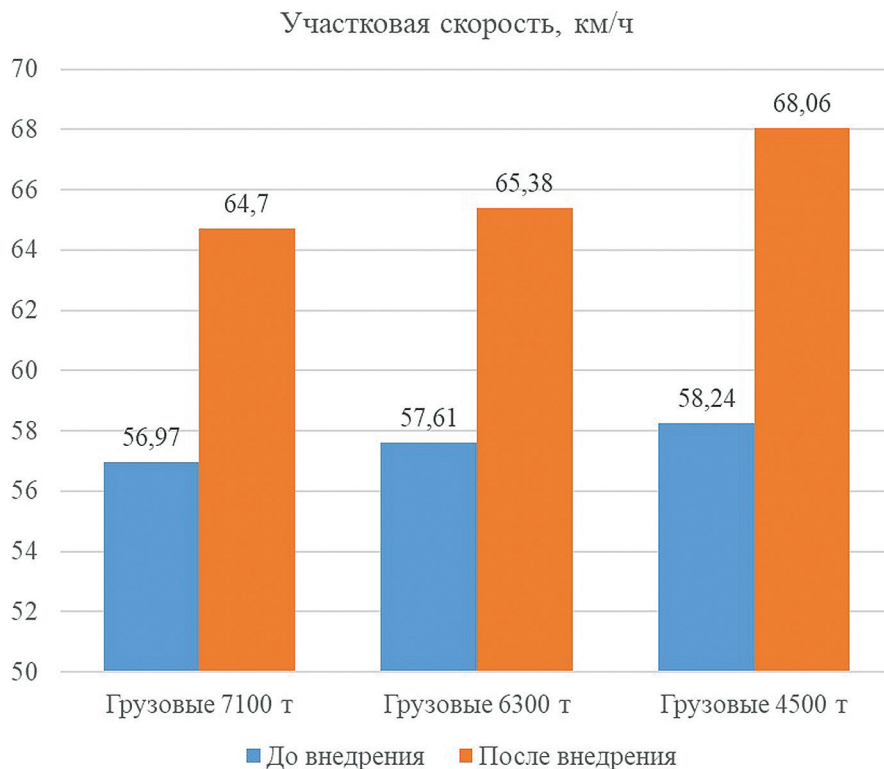


Рис. 5. Изменение участковой скорости при увеличении интервала между пакетами поездов, км/ч

Рисунок демонстрирует наибольшую величину среднеекватического отклонения, а также большее отклонение реального времени движения от нормативного у поездов большей массы. На основании полученных экспериментальных данных предлагается теоретическая концепция учета време-

ни движения поездов, представленная на рис. 4.

Исходя из данной концепции, существуют допустимые границы, в пределах которых должно находиться значение отклонений у 80 % поездов от общего числа. Данное значение выбрано не случайно: оно позволит обеспечить потребную

пропускную способность на участке, не допуская снижения участковой скорости. Последнее условие обеспечивается за счет увеличенного интервала, который предлагается устанавливать после пропуска пакета из четырех поездов. Значение увеличенного интервала следует устанавливать согласно целевой функции:

$$P(n_{\text{в}} \sigma \pm \Delta r_{\text{н}} > \sigma_{\text{норм}}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $P(\Delta r_{\text{н}} \pm n_{\text{в}} \sigma > \sigma_{\text{норм}})$ — риск сближения поездов; σ — среднеекватическое отклонение;

$\sigma_{\text{норм}}$ — нормативное отклонение;

$r_{\text{н}}$ — поправка времени хода;

$n_{\text{в}}$ — коэффициент допустимых отклонений:

$$n_{\text{в}} = P(|X| - \delta) = 2\Phi\left(\frac{\delta}{\sigma}\right), \quad (2)$$

δ — диапазон допустимых отклонений;

σ — среднеекватическое отклонение;

Φ — функция Лапласа:

$$\Phi(x) = \frac{1}{2\pi} \int_0^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx.$$

Делаем замену в выражении (2): $\delta = \sigma t$, $t \in R$, где R — множество действительных чисел. Получаем следующее выражение [17]:

$$k_{\text{вар}} = P(|X| - \sigma t) = 2\Phi(t). \quad (4)$$

Согласно условию исследования, значение для 80 % составит 1,28.

В том случае, когда значения отклонений определенной доли поездов не превышают установленных границ, график движения считается устойчивым. Если наблюдаемые отклонения превышают верхнюю установленную границу, увеличение интервалов определяется согласно формуле

$$l_{\text{д уст}} = 1 \frac{d+1}{d} l_{\text{дейст}}, \quad (5)$$

где d — число блок-участков при применяемом типе автоблокировки.

Если наблюдаемые значения меньше нижней установленной границы, сокращение интервалов проводится по формуле

$$l_{\text{уст}} = \frac{(d-1)l_{\text{дейст}}}{d}, \quad (6)$$

при условии $l_{\text{д уст}} \geq l_{\text{расч}}^{123}$, где $l_{\text{д дейст}}$ — действующее значение увеличенного интервала.

¹ Инструкция по расчету пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД». Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 04.03.2022 г. № 128. М.: ОАО «РЖД», 2022. 364 с.

² Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 30.12.2011 г. № 2864р.

³ Инструкция по учету выполнения графика движения пассажирских, пригородных и грузовых поездов. Утв. распоряжением министерством путей сообщения Российской Федерации от 30 сентября 2002 г. № ЦЧУ-919.

На практике увеличенный интервал в графике движения позволит избежать «насыщения» железнодорожного участка. «Насыщение» характеризуется тем, что при уменьшении интервала при отправлении поездов с сортировочной или участковой станции на другую станцию, ограничивающую участок, прибудет меньше поездов, т. е. снизится эффективность использования пропускной способности участка.

Это происходит потому, что движение поездов по перегону на желтый сигнал проходного светофора в среднем на 30 % меньше, чем на зеленый, а на красный — на 60 % меньше, чем на зеленый [18]. Увеличенный интервал после пакета поездов позволит сократить влияние отклонений от нормативного значения продолжительности хода поездов. На рис. 5 показано изменение участковой скорости при увеличении интервала между пакетами поездов.

Рисунок демонстрирует рост участковой скорости поездов на 15 %, что привело к увеличению эффективности использования пропускной способности на участке на 30 %.

Таким образом, увеличение провозной способности Восточного полигона в условиях западных санкций является важнейшей задачей, от успеха решения которой зависит безопасность, суверенитет, дальнейшие направления стратегического развития и обеспечение экономической независимости Российской Федерации.

Несмотря на ряд технических мероприятий, направленных на повышение пропускной способности Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей, ряд проблем можно решить лишь внесением изменений в организацию движения поездов, а конкретно в составление графика движения поездов.

Увеличение интервала между пакетами поездов позволит обеспечить следование поездов исключительно на зеленые показания проходных светофоров, не допуская увеличения отклонений и снижения участковой скорости движения поездов. Учет данного подхода при составлении графика к 2032 г. позволит планировать увеличение провозной способности Восточного полигона до 330 млн т в год. Также это поможет расширить возможности для увеличения объемов контейнерных железнодорожных перевозок в направлении дальневосточных портов и уменьшения сроков пе-

ревозок, что повысит уровень качества транспортного обслуживания и откроет новые перспективы для российских транспортно-логистических компаний при освоении новых рынков. ■

Источники

1. Куренков П. В., Герасимова Е. А., Мизиев М. М., Черкасова Д. О. Вопросы организации мультимодальных перевозок грузов // Прогрессивные технологии в эксплуатации наземных транспортно-технологических комплексов и логистических транспортных систем: сборник трудов международной научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 110-летию юбилею со дня рождения профессора Каракулева А. В., 26 февраля 2024 г., Санкт-Петербург, Россия. Казань: ООО «Бук», 2024. С. 211–217.
2. Куренков П. В., Волов В. Т., Герасимова Е. А. и др. Российская логистика под санкциями и антисанкционная логистика // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2023. № 3. С. 117–120. DOI: 10.36718/2500-1825-2023-3-117-126. EDN: PNEHJW.
3. Аллахвердиев Э. М., Мустафеев Т. Г. Транспортно-логистический комплекс ЕАЭС после введения ограничительных мер со стороны европейского союза // Инновации и инвестиции. 2023. № 7. С. 432–435. EDN: MIGAYZ.
4. Щербинин Н. В., Русинов И. А. Диверсификация путей доставки контейнерных грузов в сообщении «Азия — Европа» // Евроазиатские транспортные связи. Введение в действие наземных транспортных соединений между Европой и Азией. 2023. Т. 17. № 2. С. 71–81.
5. Самойленко П. Ю. Современное развитие Приморского края как транзитного логистического региона в условиях внешних санкций: информационно-имиджевый аспект // Политические отношения и управление регионом. 2023. № 2. С. 138–146. DOI: 10.24866/1998-6785/2023-2/138-146. EDN: HNBXAJ.
6. Бубнова Г., Куренков П., Некрасов А. Цифровая логистика и безопасность цепей поставок // Логистика. 2017. № 7 (128). С. 46–50. EDN: ZBBGUL.
7. Климов А. А., Куприяновский В. П., Куренков П. В., Мадяр О. Н. Цифровые транспортные коридоры для перевозок грузов и пассажиров // Вестник транспорта. 2017. № 10. С. 26–30. EDN: ZIVZEL.
8. Главные проблемы логистики в России // Logistic tools. URL: [https://logistic.](https://logistic.tools/blog/glavnie_problemi_logistiki_rossii?ysclid=m7d0c2h5su28550093)

- tools/blog/glavnie_problemi_logistiki_rossii?ysclid=m7d0c2h5su28550093 (дата обращения: 04.03.2025).
9. Рыбин П. К., Четчуев М. В. Особенности развития припортовых железнодорожных узлов: оптимизация инфраструктурных решений и технология взаимодействия видов транспорта // Бюллетень ученого совета АО «ИЭРТ». 2022. № 7. С. 68–71. EDN: DJPAOA.
10. Кайгородова А. Ю., Рыбин П. К. Факторы, влияющие на возможность увеличения объема работы грузового терминала порта // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 19–26 апреля 2021 г., Санкт-Петербург, Россия. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2021. С. 43–48. EDN: CQSHNA.
11. Бадеецкий А. П., Медведь О. А. Онтологический подход к разработке единой базы знаний мультимодальных перевозок // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2023. Т. 20. № 1. С. 182–193. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-1-182-193. EDN: AOSRGY.
12. Паспорт федерального проекта «Развитие железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона железных дорог» // Министерство транспорта Российской Федерации. 2023. 112 с.
13. РЖД: Порядка 5 тыс. контейнерных поездов вывезено с Дальнего Востока в 2024 году // Logistic tools. URL: <https://esti.ru/news/container/2024/rzhd-poryadka-5-tys-kontejnernih-poezdov-vyvezeno-s-dalnego-vostoka-v-2024-godu?ysclid=m7stwk94te272915417> (дата обращения: 04.03.2025).
14. Дальневосточная железная дорога // Официальный сайт ОАО «РЖД». URL: <https://dvzd.rzd.ru/ru/2181?ysclid=m7k3nc4oen82066443> (дата обращения: 04.03.2025).
15. Виртуальная сцепка // Гудок. URL: <https://gudok.ru/zdr/172/?ID=1626719> (дата обращения: 04.03.2025).
16. Чернугов А. Д. Организация безостановочных обгонов на двухпутных линиях // Вестник ВНИИЖТ. 1964. № 6. С. 58–62.
17. Гарбарук В. В., Пупышева Ю. Ю. Математическая статистика. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2012. 56 с.
18. Левин Д. Ю. Оптимизация потоков поездов. М.: Транспорт, 1988. 175 с.