

DOI: 10.12731/3033-5965-2025-15-4-381

EDN: VCJESB



УДК 656.02

Научная статья | Управление процессами перевозок

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТЕЙНЕРОПОТОКА МЕЖДУ КОНТЕЙНЕРНЫМИ ПОЕЗДАМИ ПОСТОЯННОГО ФОРМИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОПУТНЫХ ГРУЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ

*С.П. Вакуленко, А.М. Насыбуллин, Л.Р. Айсина*

### *Аннотация*

**Обоснование.** Научным сообществом рассматривается возможность организации движения контейнерных поездов постоянного формирования, совершающих попутные операции по выгрузке и погрузке контейнеров. В силу потенциальной конфигурации маршрутов таких контейнерных поездов будут появляться разные направления контейнеропотоков, в т.ч. угловые, которые могут быть освоены разными поездными маршрутами. Отсутствие методики, определяющей целесообразность перегрузки контейнеров между контейнерными поездами в пути следования свидетельствует о необходимости развития научных исследований в данной области.

**Цель исследования** заключается в предложении формализации математического описания распределения контейнеропотоков на поезда различных маршрутов с учетом потенциальной попутной погрузки, выгрузки или перегрузки на поезда разных маршрутов.

**Метод и методология работы.** В статье использована совокупность методов анализа, синтеза, дедукции и индукции.

**Результаты.** Авторами предлагается адаптация методики назначения остановок контейнерным поездам постоянного формирования с целью произведения оценки как эксплуатационных, так и времен-

ных затрат при анализе различных комбинаций маршрутов для перевозки контейнеров.

**Область применения результатов.** Настоящая статья может представлять практический интерес для Центра фирменного транспортного обслуживания – филиала ОАО «РЖД», а также проектных институтов, оценивающих возможность реализации перспективных разработок.

**Ключевые слова:** контейнер; перегрузка; контейнерный поезд; контейнеропоток; планирование

**Для цитирования.** Вакуленко, С. П., Насыбуллин, А. М., & Айсина, Л. Р. (2025). Распределение контейнеропотока между контейнерными поездами постоянного формирования с учетом выполнения попутных грузовых операций. *Transportation and Information Technologies in Russia / Транспорт и информационные технологии*, 15(4), 164–180. <https://doi.org/10.12731/3033-5965-2025-15-4-381>

Original article | Transportation Process Management

## **DISTRIBUTION OF CONTAINER FLOW AMONG FIXED-FORMATION CONTAINER TRAINS WITH CONSIDERATION OF IMPLEMENTING FREIGHT OPERATIONS**

*S.P. Vakulenko, A.M. Nasybullin, L.R. Aysina*

### *Abstract*

**Background.** The scientific community is exploring the concept of fixed-formation container trains that perform loading and unloading operations while in motion. The configuration of such routes could generate container flows in various directions, including diagonal flows, which would be serviced by different train routes. The lack of a methodology to assess the feasibility of transshipping containers between these trains during their transportation underscores the need for further scientific research in this area.

**Purpose.** This study aims to propose a formalized mathematical framework for distributing container flows across trains on different routes. This framework accounts for potential concurrent loading, unloading, or transshipment between trains on various routes.

**Methodology.** In this paper methods of analysis, synthesis, induction and deduction were used.

**Results.** The authors propose an adaptation of a methodology for scheduling stops for fixed-formation container trains. This adapted approach is designed to assess both operational and time-related costs when evaluating different route combinations for container transportation.

**Practical implications.** This study's findings could be useful for the Transport Service Centre (a branch of Russian Railways, JSC) and for companies responsible for the Strategic Planning for the Comprehensive Development of Railway Transport in implementing advanced transportation innovations.

**Keywords:** container; transshipment; container train; container traffic; planning

**For citation.** Vakulenko, S. P., Nasybullin, A. M., & Aysina, L. R. (2025). Distribution of container flow among fixed-formation container trains with consideration of implementing freight operations. *Transportation and Information Technologies in Russia*, 15(4), 164–180. <https://doi.org/10.12731/3033-5965-2025-15-4-381>

## Введение

В современных условиях наблюдается структурная трансформация грузопотоков, характеризующаяся растущей контейнеризацией, в том числе и массовых грузов, а также продолжающимся переходом части грузопотока на автомобильный транспорт. Как следствие, для сохранения конкурентных позиций железнодорожного транспорта необходимы изменения в технологических и сервисных подходах в вопросах организации перевозочного процесса для сохранения текущей клиентской базы и привлечения дополнительной [1].

РУТ (МИИТ) и ВНИИЖТ совместно работают над разработкой новых сервисов грузовых перевозок, предполагающих курсирование контейнерных поездов постоянного формирования (КППФ) с возможностью попутной погрузки или выгрузки контейнеров. Для этого в 2020 году была утверждена технология «Холодный экспресс» [2], ориентированная, в основном, на контейнеризацию и попутную погрузку/выгрузку контейнеров с грузами, требующими соблюдения температурного режима в процессе транспортировки и хранения. Так же разрабатывалась концепция ускоренной перевозки грузов более широкой номенклатуры грузов [3; 4].

Однако при масштабировании концепции курсирования контейнерных поездов с попутной погрузкой / выгрузкой потребуется не только подготовка контейнерных терминалов, но и технология, обеспечивающая возможность взаимодействия контейнерных поездов друг с другом.

Публикации в научных изданиях и отраслевых СМИ отражают большое количество факторов, потенциально оказывающих влияние на реализацию технологии курсирования КППФ: эксплуатационно-технологические, финансовые, маркетинговые и нормативно-правовые. Кроме того, отличие принципиальных вопросов в разработке плана формирования поездов (далее – ПФП) для КППФ требует адаптации основных подходов классического планирования к новому сервису грузоперевозок [5-7].

Разработка технологии курсирования контейнерных поездов с попутной погрузкой или выгрузкой должна базироваться на экономической эффективности принципиальных подходов.

*Целью данного исследования* является предложение формализации математического описания распределения контейнеропотоков на поезда различных маршрутов с учетом потенциальной попутной погрузки, выгрузки или перегрузки на поезда другого маршрута.

ПФП для контейнерных поездов с переработкой контейнеров в пути следования имеет те же цели, что и «классический» план

формирования грузовых поездов (оптимизация совокупных издержек, связанных с накоплением вагонов и работой консолидирующих вагонопотоки станций), однако должен учитывать не изменение составности в пути следования, а изменение заполнения вагонов контейнерами.

### **Материалы и методы**

Помимо задач маршрутизации, планирование перевозок КППФ требует решения задач погрузочно-выгрузочных операций — оптимального размещения контейнеров на подвижном составе. Данная задача накладывает дополнительные технологические ограничения на процесс формирования состава, определяемые необходимостью соблюдения норм [8]. Множество допустимых конфигураций размещения контейнеров на платформе, включаемой в состав поезда определяется ограничениями по осевой нагрузке, общему весу и габаритам. При попутной выгрузке и последующей погрузке соблюдение условия совместного размещения контейнеров на платформе, а также неперевышения массы поезда, должно проверяться снова. Вопросы размещения контейнеров на составе в условиях попутных выгрузок и погрузок рассматривались в работе [9].

Для принятия решения о назначении остановок контейнерным поездам необходимо определять величины корреспонденций и на основании минимизации эксплуатационных затрат принимать решения о назначении конкретному поезду остановки на конкретной попутной станции. Описание возможностей решения этой задачи представлено в [9]. Однако эта задача может решаться только на уже сформированной сети станций, открытых для работы с контейнерными поездами постоянного формирования, совершающих попутные остановки в пути следования. В предлагаемом решении принимаются допущения, не позволяющие в полной мере раскрыть преимущества технологии перевозочного процесса КППФ:

– не учитываются колебания величины контейнеропотока при назначении фиксированных попутных остановок;

– не рассматривается возможность перегрузки контейнеров между поездами.

Для обеспечения перегрузки контейнеров между КППФ в работах [10; 11] предложено формирование специализированных контейнерных безгорочных распределительных (сортировочных [12]) парков станций. Предварительные аргументы в пользу создания специализированных станций или выделения отдельных парков для обработки контейнеров представлены в [10; 11; 13; 14].

Разработка ПФП для КППФ может опираться на предложения [7; 9]. В данном случае сеть представляет из себя граф, вершины которого являются станциями, открытыми для работы с КППФ, а ребрами являются участки между станциями. Узловые станции представляют из себя группу вершин, связанных между собой ребрами, отражающими перегрузку контейнеров на станции и с другими станциями (вершинами) ребрами, отражающими участки маршрутов (рисунок 1).

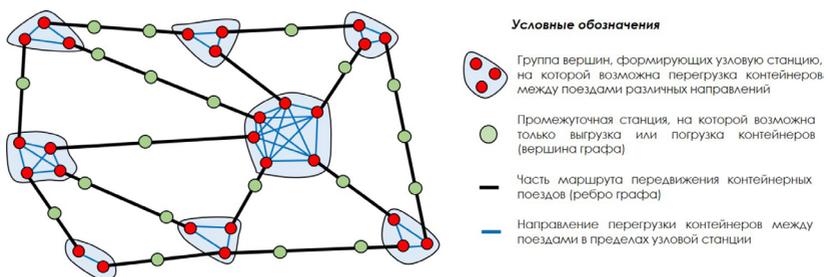


Рис. 1. Полигон обращения контейнерных поездов постоянного формирования

## Теория

Для множества станций  $N$  определение маршрутов следования и размеров движения КППФ осуществляется на основании доработанной методики, в которой учитывалась минимизация эксплуатационных затрат при курсировании КППФ [9].

В продолжение цикла ранее выполненных исследований предлагается постановка задачи, учитывающая организацию маршру-

тов с учетом минимизации эксплуатационных затрат, а также соблюдением ограничений в работе перегонов и станций. В таблице 1 представлены переменные с соответствующими определениями, используемые в рамках формализации задачи.

Таблица.

## Переменные и их определения

| Переменная                        | Обозначение  |
|-----------------------------------|--|
| $N$                               | Множество станций (вершин графа), $N = \{n_1, n_2, n_3, \dots, n_{max}\}$  |
| $n$                               | Станция на сети (одна из вершин графа), $n \in N, k = \{1, 2, 3, \dots, max\}$   |
| $CList$                           | Множество струй корреспонденции контейнеропотока. Для каждой корреспонденции определены станция отправления ( $a$ ), станция назначения ( $b$ ) и объем ( $V_{a,b}$ )  |
| $C(a, b)$                         | Объем корреспонденции от станции отправления ( $a$ ) до станции назначения ( $b$ )   |
| $D$                               | Вместимость поезда, в ДФЭ  |
| $A = A_{travel} \cup A_{load}$    | Множество ребер сети, где $A_{travel}$ – ребра транспортировки между станциями $n, n + 1$ ; $n, n + 1 \in N$<br>$A_{load}$ – множество ребер графа, соединяющих вершины узловой станции $n$ и отражающих возможность перегрузки между поездами маршрутов $r_{i,j}$   |
| $tr_{n,n+1}$                      | Ребро $tr_{n,n+1}$ – ребро, характеризующее перемещение на поезде между попутными станциями ( $n$ и $n + 1$ ).<br>$tr_{n,n+1} \in A_{travel}$<br>Ребро $tr_{n,n+1}$ может быть освоено поездами маршрута $r_{i,j}$<br>Ребро так же характеризуется значением параметра пропускной способности для контейнерных поездов |
| $P_{n,n+1}$                       | Пропускная способность участка между станциями $n$ и $n + 1$   |
| $r_{i,j}$                         | Маршрут поезда между парой станций $i, j, r_{i,j} \in RList$   |
| $RList$                           | Множество маршрутов $r_{i,j}$ на анализируемом полигоне обращения контейнерных поездов   |
| $load_{r_{i,j},r_{i,j}}^n$        | Ребра, соединяющие между собой вершины, образующие узловую станцию, на которой возможна перегрузка контейнеров между поездами различных маршрутов<br>$load_{r_{i,j},r_{i,j}}^n \in A_{load}$   |
| $load_n^{max}$                    | Предельное количество перегрузочных операций на станции $n$ (операций/сут)   |
| $cost_{tr_{n,n+1}}$               | Стоимость проследования поезда между станциями $n$ и $n + 1$<br>$tr_{n,n+1} \in A_{travel}$ (руб/ДФЭ)  |
| $cost_{st_n}$                     | Стоимость организации остановки на станции $n, n \in N$  |
| $cost_{load}^n$                   | Стоимость перегрузки одного контейнера на станции $n, n \in N$   |
| $time_{tr_{n,n+1}}$               | Время прохождения дуги $tr_{n,n+1}$ .  |
| $time_{load_{r_{i,j},r_{i,j}}^n}$ | Продолжительность нахождения контейнера на станции $n$ в ожидании перегрузки   |
| $T(a, b)$                         | $T(a, b)$ – нормативный срок доставки корреспонденции от станции отправления ( $a$ ) до станции назначения ( $b$ )   |

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| $f_c^{tr_{n,n+1}} \in \mathbb{Z}^+$ | Поток контейнеров (в ДФЭ) корреспонденции $C(a, b)$ , проходящий по ребру $tr_{n,n+1}$  |
| $f_n^{r_{i,j}, r_{i,j}}$            | Поток контейнеров, перегружаемых на станции $n$ между поездами маршрутов $r_{i,j}$  |
| $z_{r_{i,j}} \in \mathbb{Z}^+$      | Количество поездов на маршруте $r_{i,j}$  |
| $U_{r_{i,j}}$                       | Стоимость эксплуатационных затрат, включающая в себя прохождение участка между станциями, а также стоимость остановки (в случае ее назначения) и перегрузочных операций |

В качестве допущения принимается, что значения переменных, ограничивающих работу инфраструктуры, заранее известны [15].

Целевой функцией является минимизация общих затрат на поездные назначения, учитывающая не только саму транспортировку контейнеров в составе поездов, но и суммарные затраты на перегрузки в пути следования:

$$F = \sum_{r_{i,j} \in RList} z_{r_{i,j}} \times U_{r_{i,j}} \rightarrow \min \tag{1}$$

В отличие от эксплуатационных затрат на поездные назначения, описанных в [9], в настоящей статье переменная включает в себя и перегрузочные операции:

$$U_{r_{i,j}} = \sum cost_{tr_{n,n+1}} + \sum cost_{st_n} + \sum cost_{load}^n \tag{2}$$

При этом для выполнения целевой функции должны соблюдаться ограничения [16], представленные в формулах 3–5.

Суммарное количество поездов, перемещаемых по ребру не может превышать значение пропускной способности ребра.

$$\sum_{C(a,b)} \frac{f_c^{tr_{n,n+1}}}{D} \leq p_{n,n+1}, \quad \forall tr_{n,n+1} \in A_{travel} \tag{3}$$

Поток контейнеров, перегружаемых на узловой станции не может превышать перерабатывающую способность контейнерного терминала узловой станции.

$$f_n^{r_{i,j}, r_{i,j}} \leq load_n^{max}, \quad \forall n \in N \tag{4}$$

Срок доставки на каждом маршруте  $r_{i,j}$ , включающим прохождение различных ребер графа [17] не может превышать предельного срока доставки корреспонденции  $T(a, b)$ .

$$\sum_{C(a,b)} time_{tr_{n,n+1}} + time_{load}^n_{r_{i,j}, r_{i,j}} \leq T(a, b) \tag{5}$$

## Результаты и обсуждение

Для оптимизации потенциальных перегрузок между маршрутами поездов должна определяться последовательность прибытия поездов на перегрузочный терминал [18,19]. Дополнительное условие должно итерационно дорабатывать сформированный план формирования и учитывать возможность ожидания поезда подходящего маршрута  $r_{ij}$  в условиях непревышения нормативного срока доставки контейнера  $T(a,b)$ , а также учитывать резервные мощности терминала, отражающие физическую возможность размещения контейнера в зоне накопления.

Для оценивания потребности в перегрузке контейнеров на каждой из станций  $n$ ,  $n \in N$ , возможно введение дополнительной переменной, отражающей значение потенциального спроса на такие перегрузочные операции ( $S_n$ ).

$$S_n(\tau_n) = \frac{S_n^{max}}{1 + \exp \varphi_n \times (\tau_n - \tau_n^0)} \quad (6)$$

где  $S_n^{max}$  – максимальное значение величины спрогнозированного спроса на перегрузку контейнеров между поездами на станции  $n$ , ДФЭ/ед. врем (в качестве единицы времени может рассматриваться суточный период, неделя, месяц, год и др);

$\tau_n$  – продолжительность простоя контейнеров на станции  $n$  после выгрузки из одного поезда и в ожидании погрузки в другой поезд, ч;

$\tau_n^D$  – пороговая продолжительность простоя контейнера на станции  $n$  в ожидании перегрузки, при превышении которой спрос начинает значительно снижаться, ч (данный параметр напрямую влияет на суммарную продолжительность транспортировки);

$\varphi_n$  – положительный коэффициент эластичности спроса на перегрузку контейнеров между поездами на станции  $n$  по времени (определяется на основании маркетинговых исследований),  $\varphi_n > 0$ .

Как видно из формулы (5), в условиях конкурентной борьбы между автомобильным и железнодорожным транспортом в грузоперевозках на средние и дальние расстояния, ключевым фактором, помимо стоимости, является продолжительность транспортиров-

ки. Продолжительность простоя контейнера на станции в ожидании перегрузки ( $\tau_n$ ) напрямую оказывает влияние на суммарную продолжительность транспортировки, что так же отражается на конкурентоспособности перевозки для потенциального грузоотправителя.

### **Заключение**

Предлагаемая формализация задачи по распределению контейнеропотоков на поезда с учетом потенциальной перегрузки между поездами различных маршрутов в пути следования является теоретическим исследованием, требующим детальной проработки.

Практической реализации предложений должно предшествовать масштабное маркетинговое исследование, направленное на установление количественной зависимости объема спроса от ключевого сервисного параметра – периода накопления контейнеров на узловых распределительных станциях.

Подход к оценке затрат на накопление и переработку контейнеров на станциях перегрузки, учитывающий эластичность спроса в зависимости от периода накопления поездных формирований является перспективным направлением, требующим проведения исследования особенностей и формализации транспортных потребностей грузоотправителей в части требований к регулярности транспортного сообщения КППФ.

### **Список литературы**

1. Скачков, А. А., Мехедов, М. И., & Петров, В. В. (2018). Перевозка скоропортящихся грузов по технологии «Холодный экспресс». *Железнодорожный транспорт*, 9, 51–54. EDN: <https://elibrary.ru/VJUSLA>
2. ОАО «РЖД». (2020). *Типовая технология перевозки грузов поездами «Холодный экспресс»* [Утверждено распоряжением ОАО «РЖД» от 05.03.2020 № 493/р]. Екатеринбург: УралЮрИздат, 24 с.
3. Виноградов, С. А., Мехедов, М. И., Вакуленко, С. П., & Якубень, А. Ю. (2021). Перспективы развития ускоренных грузовых пе-

- ревозок. *Железнодорожный транспорт*, 4, 10–15. EDN: <https://elibrary.ru/BXHFJJ>
4. Виноградов, С. А., Мехедов, М. И., Хомов, А. В., & Шведин, К. И. (2022). Развитие перевозок грузов в интермодальных транспортных грузовых единицах. *Железнодорожный транспорт*, 2, 7–11. EDN: <https://elibrary.ru/JPIRK>
  5. Прокофьев, М. Н. (2018). *Совершенствование технологии ускоренных грузовых перевозок железнодорожным транспортом* (Кандидатская диссертация). Москва, 213 с. EDN: <https://elibrary.ru/DLEKFK>
  6. Братусь, А. С., Иванова, А. П., Туманов, М. А., & Базюта, А. С. (2024). Формирование математической модели оптимизации перевозок с учётом реальных условий логистики на железнодорожном полигоне. В *Цифровая трансформация транспорта: проблемы и перспективы: материалы IV Международной научно-практической конференции* (Москва, 25 сентября 2024 года, с. 318–329). Москва: Российский университет транспорта. EDN: <https://elibrary.ru/RBOBWR>
  7. Козлов, П. А., Козлова, В. П., & Туманов, М. А. (2023). Управление транспортными потоками при случайном разбросе в параметрах. *Наука и техника транспорта*, 1, 90–95. EDN: <https://elibrary.ru/UQJZOO>
  8. *Технические условия размещения и крепления грузов* [Приложение 3 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС)].
  9. Насыбуллин, А. М. (2024). *Развитие технологии перевозочного процесса контейнерными поездами постоянного формирования* (Кандидатская диссертация). Москва, 256 с. EDN: <https://elibrary.ru/EBWPQA>
  10. Вакуленко, С. П., Насыбуллин, А. М., Айсина, Л. Р., и др. (2022). Новые подходы к организации переработки контейнеропотоков. *Железнодорожный транспорт*, 11, 4–11. EDN: <https://elibrary.ru/WNCKBN>

11. Вакуленко, С. П., Колин, А. В., Насыбуллин, А. М., и др. (2021). От сортировки вагонов к сортировке контейнеров на сети железных дорог. *Экономика железных дорог*, 9, 52–59. EDN: <https://elibrary.ru/BEXXAW>
12. Минаков, П. А., & Шмаль, В. Н. (2021). Исследование основных характеристик системы обслуживания поездопотока в парке сортировочной станции в условиях предоставления «окон» на прилегающих участках. В *Академик Владимир Николаевич Образцов – основоположник транспортной науки: труды международной научно-практической конференции, посвящённой 125-летию университета* (Москва, 22 октября 2021 года, с. 389–395). Москва: Российский университет транспорта. <https://doi.org/10.47581/2022/Obrazcov.52>
13. Вакуленко, С. П., Колин, А. В., Насыбуллин, А. М., и др. (2023). От сортировки вагонов – к сортировке контейнеров: организация работы контейнерных распределительных терминалов. *Транспортное дело России*, 6, 356–359. [https://doi.org/10.52375/20728689\\_2023\\_6\\_356](https://doi.org/10.52375/20728689_2023_6_356). EDN: <https://elibrary.ru/ACAFET>
14. Колин, А. В., Насыбуллин, А. М., Бакин, А. А., и др. (2024). Технико-технологический портрет контейнерно-распределительной станции. *Логистика*, 8(213), 16–20. EDN: <https://elibrary.ru/LANQEC>
15. Бородин, А. Ф., Лаханкин, Е. А., Кравченко, А. А., и др. (2024). Расчёт возможностей железнодорожной инфраструктуры для пропуска объёмов перевозок грузов и порожних вагонов. *Логистика и управление цепями поставок*, 21(2), 47–60. EDN: <https://elibrary.ru/JYRGUH>
16. Шмаль, В. Н., & Павлов, С. С. (2024). *Математические модели принятия управленческих решений*. Екатеринбург: Издательские решения, 98 с. ISBN: 978-5-0064-7117-7. EDN: <https://elibrary.ru/TKTLJA>
17. Минаков, П. А., & Шмаль, В. Н. (2024). Нормирование манёвровой работы на железнодорожном транспорте. *Транспортное дело России*, 2, 241–244. EDN: <https://elibrary.ru/KGVFDS>

18. Ершов, А. Д. (2023). Разработка нормативного графика движения поездов в крупном железнодорожном узле без увязки ниток графика грузовых поездов в местах стыкования. В *Интеллектуальные транспортные системы: материалы II Международной научно-практической конференции* (Москва: Российский университет транспорта, с. 131–137). <https://doi.org/10.30932/9785002182794-2023-131-137>. EDN: <https://elibrary.ru/WVFXQM>
19. Ершов, А. Д. (2023). Актуальные проблемы управления движением поездов в крупных железнодорожных узлах. В *Академик Владимир Николаевич Образцов – основоположник транспортной науки: труды международной научно-практической конференции* (Москва: ЗАО «Университетская книга», с. 136–140). EDN: <https://elibrary.ru/ADSWVL>

### *References*

1. Skachkov, A. A., Mekhedov, M. I., & Petrov, V. V. (2018). Transportation of perishable goods using the “Cold Express” technology. *Railway Transport*, (9), 51–54. EDN: <https://elibrary.ru/VJUSLA>
2. JSC “Russian Railways” (RZD). (2020). *Standard technology for cargo transportation by “Cold Express” trains* [Approved by Order No. 493/r of JSC “RZD” dated March 5, 2020]. Yekaterinburg: UralYurIzdat, 24 p.
3. Vinogradov, S. A., Mekhedov, M. I., Vakulenko, S. P., & Yakuben, A. Yu. (2021). Prospects for the development of accelerated freight transportation. *Railway Transport*, (4), 10–15. EDN: <https://elibrary.ru/BXHFJJ>
4. Vinogradov, S. A., Mekhedov, M. I., Khomov, A. V., & Shvedin, K. I. (2022). Development of cargo transportation in intermodal transport units. *Railway Transport*, (2), 7–11. EDN: <https://elibrary.ru/JIPIRK>
5. Prokofiev, M. N. (2018). *Improving accelerated freight transportation technology by rail* (Doctoral dissertation). Moscow, 213 p. EDN: <https://elibrary.ru/DLEKFK>
6. Bratus, A. S., Ivanova, A. P., Tumanov, M. A., & Bazyuta, A. S. (2024). Forming a mathematical model for optimizing transportation considering real logistics conditions on a railway polygon. In *Digital trans-*

- formation of transport: problems and prospects: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference* (Moscow, September 25, 2024, pp. 318–329). Moscow: Russian University of Transport. EDN: <https://elibrary.ru/RBOBWR>
7. Kozlov, P. A., Kozlova, V. P., & Tumanov, M. A. (2023). Managing transport flows with random parameter dispersion. *Science and Technology in Transport*, (1), 90–95. EDN: <https://elibrary.ru/UQJZOO>
  8. *Technical conditions for cargo placement and securing* [Appendix 3 to the Agreement on International Railway Freight Traffic (SMGS)].
  9. Nasybullin, A. M. (2024). *Developing transportation technology for container trains of permanent formation* (Doctoral dissertation). Moscow, 256 p. EDN: <https://elibrary.ru/EBWPQA>
  10. Vakulenko, S. P., Nasybullin, A. M., Aisina, L. R., et al. (2022). New approaches to organizing container flow processing. *Railway Transport*, (11), 4–11. EDN: <https://elibrary.ru/WNCKBN>
  11. Vakulenko, S. P., Kolin, A. V., Nasybullin, A. M., et al. (2021). From car sorting to container sorting on the railway network. *Economics of Railways*, (9), 52–59. EDN: <https://elibrary.ru/BEXXAW>
  12. Minakov, P. A., & Shmal, V. N. (2021). Studying the main characteristics of the train flow service system in a marshalling yard park under conditions of providing “windows” on adjacent sections. In *Academician Vladimir Nikolaevich Obraztsov — Founder of Transport Science: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 125th Anniversary of the University* (Moscow, October 22, 2021, pp. 389–395). Moscow: Russian University of Transport. <https://doi.org/10.47581/2022/Obrazcov.52>
  13. Vakulenko, S. P., Kolin, A. V., Nasybullin, A. M., et al. (2023). From car sorting to container sorting: organizing the operation of container distribution terminals. *Transport Business in Russia*, (6), 356–359. [https://doi.org/10.52375/20728689\\_2023\\_6\\_356](https://doi.org/10.52375/20728689_2023_6_356). EDN: <https://elibrary.ru/ACAFET>
  14. Kolin, A. V., Nasybullin, A. M., Bakin, A. A., et al. (2024). Technical and technological profile of a container distribution station. *Logistics*, 8(213), 16–20. EDN: <https://elibrary.ru/LAHQEC>

15. Borodin, A. F., Lakhankin, E. A., Kravchenko, A. A., et al. (2024). Calculating railway infrastructure capacity for handling freight and empty wagon traffic volumes. *Logistics and Supply Chain Management*, 21(2), 47–60. EDN: <https://elibrary.ru/JYRGUH>
16. Shmal, V. N., & Pavlov, S. S. (2024). *Mathematical models for managerial decision-making*. Yekaterinburg: Publishing Solutions, 98 p. ISBN: 978-5-0064-7117-7. EDN: <https://elibrary.ru/TKTLJA>
17. Minakov, P. A., & Shmal, V. N. (2024). Standardizing shunting operations in railway transport. *Transport Business in Russia*, (2), 241–244. EDN: <https://elibrary.ru/KGVFDS>
18. Ershov, A. D. (2023). Developing a normative train schedule in a large railway hub without coordinating freight train lines at junctions. In *Intelligent Transport Systems: Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference* (Moscow: Russian University of Transport, pp. 131–137). <https://doi.org/10.30932/9785002182794-2023-131-137>. EDN: <https://elibrary.ru/WVFXQM>
19. Ershov, A. D. (2023). Current issues in train traffic management in large railway hubs. In *Academician Vladimir Nikolaevich Obratsov – Founder of Transport Science: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference* (Moscow: ZAO “University Book”, pp. 136–140). EDN: <https://elibrary.ru/ADSWVL>

## ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Вакуленко Сергей Петрович**, заместитель директора Научно-исследовательского института транспорта, заведующий кафедрой «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы», кандидат технических наук, профессор

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»*

*ул. Образцова, 9, стр. 9, г. Москва, 127994, Российская Федерация*

**Насыбуллин Айрат Марсович**, заместитель начальника научно-образовательного центра «Независимые комплексные транспортные исследования», кандидат технических наук  
*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»*  
*ул. Образцова, 9, стр. 9, г. Москва, 127994, Российская Федерация*  
*nasybullin.airat@mail.ru*

**Айсина Лилия Ринатовна**, старший преподаватель кафедры «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы»  
*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»*  
*ул. Образцова, 9, стр. 9, г. Москва, 127994, Российская Федерация*  
*l.r.aysina@mail.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Sergey P. Vakulenko**, Deputy Director of the Scientific Research Institute of Transport, Head of the Department “Transport Business Management and Intelligent Systems”, PhD, Professor  
*Russian University of Transport*  
*9 build. 9, Obraztsova Str., Moscow, 127994, Russian Federation*  
*SPIN-code: 1039-5188*  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6471-8690>*

**Airat M. Nasybullin**, Deputy Head of the Scientific and Educational Center “Independent Integrated Transport Research”, PhD  
*Russian University of Transport*  
*9 build. 9, Obraztsova Str., Moscow, 127994, Russian Federation*

*nasybullin.airat@mail.ru*

*SPIN-code: 1082-9336*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1814-4059>*

**Liliya R. Aysina**, Senior Teacher of the Department “Transport Business Management and Intelligent Systems”

*Russian University of Transport*

*9 build. 9, Obraztsova Str., Moscow, 127994, Russian Federation*

*[l.r.aysina@mail.ru](mailto:l.r.aysina@mail.ru)*

*SPIN-code: 3177-5980*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9458-6441>*

Поступила 30.09.2025

После рецензирования 15.10.2025

Принята 30.10.2025

Received 30.09.2025

Revised 15.10.2025

Accepted 30.10.2025