

УДК 656.03

## Выбор станции дислокации для отставленных от движения поездов в пути следования как инструмент повышения эффективности работы транспортной системы

К. М. Тимухин, М. М. Аманов

Уральский государственный университет путей сообщения, Россия, 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66

**Для цитирования:** Тимухин К. М., Аманов М. М. Выбор станции дислокации для отставленных от движения поездов в пути следования как инструмент повышения эффективности работы транспортной системы // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2026. Т. 23, вып. 2. С. 341–348. DOI: 10.20295/1815-588X-2026-2-341-348

### Аннотация

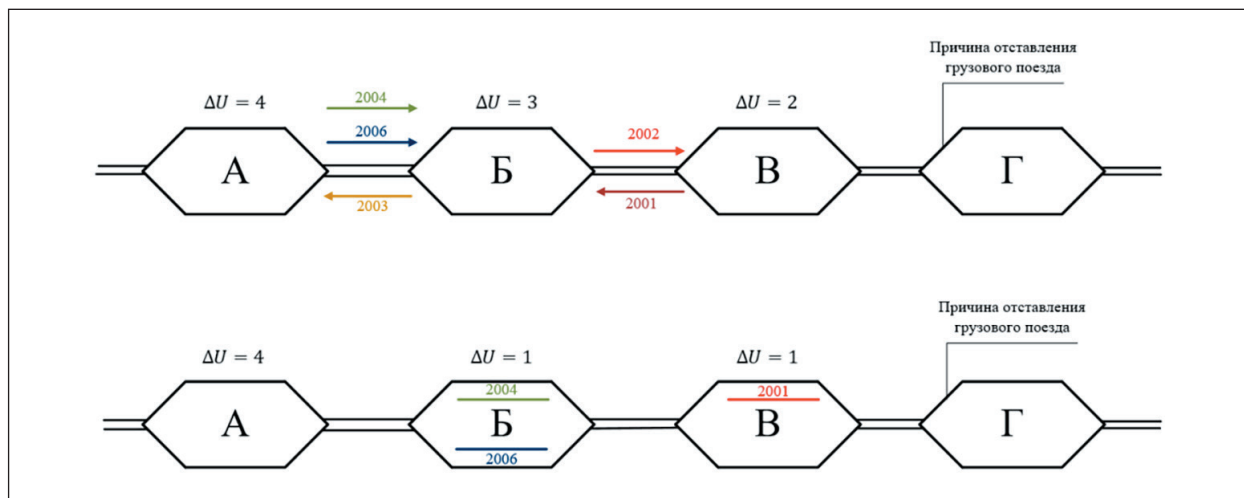
**Цель:** разработать методику выбора станций дислокации отставленных поездов, учитывающую пропускную способность, техническое оснащение и минимальное отклонение от маршрута следования грузового поезда, для обеспечения бесперебойного функционирования железнодорожной транспортной системы в условиях высокой загрузки инфраструктурных элементов. **Методы:** теоретическую основу исследования составили анализ эксплуатационной работы железнодорожных станций и участков. Для формализации задачи выбора станций дислокации применена теория графов, позволяющая представить полигон в виде взвешенного ориентированного графа. Минимальные затраты для определения станций дислокации предлагается определять с помощью алгоритма Дейкстры. **Результаты:** сформулирована и решена многокритериальная оптимизационная задача выбора станции дислокации. Предложена математическая модель выбора станции дислокации, включающая систему ограничений по техническому оснащению станции и резерву пропускной способности перегонов. **Практическая значимость:** применение предлагаемой методики позволит находить станцию для отставления грузового поезда от движения с учетом заданных ограничений. Разработанное решение повысит эффективность работы транспортной сети, снизит эксплуатационные затраты перевозчика и минимизирует риски нарушения сроков доставки грузов. Внедрение предложенного подхода создает условия для формирования управляемого «буфера» из отставленных составов, разгружая грузонапряженные участки и обеспечивая устойчивость перевозочного процесса при инфраструктурных ограничениях.

**Ключевые слова:** отставленные от движения грузовые поезда, каскадный эффект, станция дислокации, пропускная способность, теория графов, алгоритм Дейкстры

### Введение

В адрес крупных промышленных центров прибывает поездопоток в значительных объемах, который близок к наличной пропускной способности участков [1]. При отсутствии инфраструктурных резервов любое отклонение от нормальной работы станции или путей необщего пользования влияет на поездную работу прилегающих направлений. Поэтому

в отношении необработанных станций поездов поездным диспетчером принимается решение об их отставлении от движения [2]. Зачастую отставляют от движения такие поезда по принципу ближайших станций, что сокращает наличие свободных приемо-отправочных путей на них  $\Delta U$  (рис.1). Это ограничивает возможность принимать, отправлять и пропускать поезда, а также осуществлять



**Рис. 1.** Влияние отставленных от движения грузовых поездов на пропускную способность железнодорожных станций

маневровую работу на объектах транспортной инфраструктуры [3].

С другой стороны, при помощи отставленных от движения поездов можно регулировать поездопотоки.

При выборе станции с инфраструктурным резервом создается так называемый управляемый буфер, который позволит разгрузить наиболее напряженные участки. В результате появляется возможность обеспечить беспрепятственный пропуск поездов на прилегающих направлениях, не допуская их скопления перед узким местом, и тем самым предотвратить развитие каскадного эффекта.

### Выбор станции дислокации

Выбор станции дислокации отставленных поездов играет ключевую роль в повышении эффективности железнодорожных перевозок, оптимизации использования путевой инфраструктуры и снижении эксплуатационных затрат. Рациональное размещение составов позволяет минимизировать простои, повысить пропускную способность сети и увеличить участковую скорость [4].

Ключевыми условиями выбора станции дислокации являются:

1. Отсутствие влияния на поездную работу при выполнении движения поездов, следующих по ниткам графика.
2. Отсутствие влияния на маневровую работу на станции дислокации.
3. Минимальное отклонение от маршрута следования грузового поезда.
4. Наличие необходимого технического оснащения на станциях дислокации.
5. Обеспечение безопасности движения поездов.

Пусть  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  — множество всех станций полигона (рис. 2).

Важно также учитывать, что выбор станции дислокации должен быть обоснован с учетом ее технических возможностей. Станция должна обладать возможностью принимать поезда и иметь свободные пути в приемо-отправочном парке.

Для станции  $s \in S$  резерв путей рассчитывается по формуле (1):

$$\Delta U(s) = u_k(s) - \frac{\frac{n_k(s)t_{зан}(s)}{\gamma_k(s)} + T_{ном}(s)}{2}, \quad (1)$$

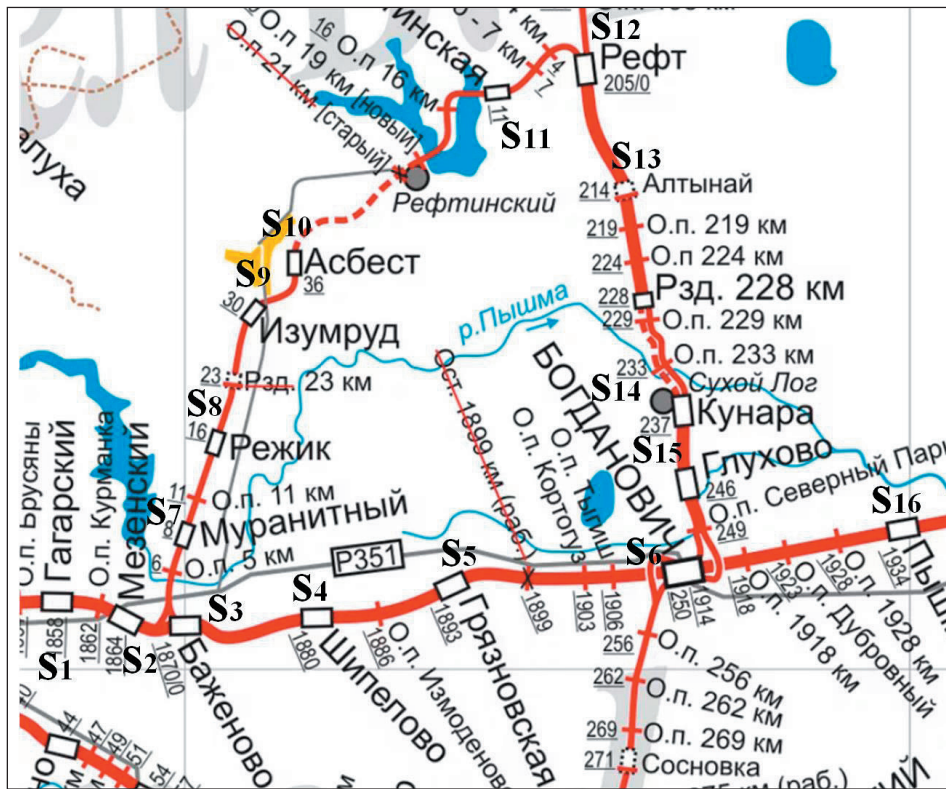


Рис. 2. Фрагмент карты Свердловской железной дороги (источник: [https://megavtogonal.com/11-foto/schema-sverdlovskoj-zhd-dorogi-so-stanciyami-86-foto.html?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%](https://megavtogonal.com/11-foto/schema-sverdlovskoj-zhd-dorogi-so-stanciyami-86-foto.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F))

где  $u_k(s)$  — общее количество путей в приемо-отправочном парке станции;  
 $n_k(s)$  — общее количество поездов, прибывающих на станцию;  
 $t_{зан}(s)$  — время занятия приемо-отправочного парка операциями, зависящими от размеров движения, приходящееся на 1 грузовой поезд, ч;  
 $\gamma_k(s)$  — технически рациональный уровень занятия путей в приемо-отправочном парке станции;  
 $T_{просл}(s)$  — время занятия приемо-отправочного парка постоянными операциями, ч;  
 $\alpha, \beta$  — коэффициенты, учитывающие влияние пассажирских и сборных поездов соответственно.

Для обеспечения бесперебойной работы по техническому осмотру и ремонту подвижного

состава необходим резерв бригад ПТО (пункт технического обслуживания) на станции дислокации  $s \in S$  с учетом отставленного поезда (2). При этом уровень загрузки бригад ПТО должен быть не ниже экономически рационального и не выше технически рационального уровней [5].

$$\frac{(N_p(s) + 1) \cdot t_{обр}(s)}{1440 \cdot 0,5} \geq B(s) \geq \frac{(N_p(s) + 1) \cdot t_{обр}(s)}{1440 \cdot 0,8}, \quad (2)$$

где  $N_p(s)$  — среднесуточное количество поездов, прибывающих в приемо-отправочный парк станции;  
 $t_{обр}(s)$  — средняя продолжительность обработки состава бригадой ПТО, ч.

С учетом всех перечисленных условий выбор станции отставления для поезда П сводится к решению следующей оптимизационной задачи (3):

$$\begin{cases} \text{dist}(\Pi, s) \xrightarrow{s \in S} \min \\ \Delta U(s) \geq 1 \\ \frac{(N_p(s) + 1) \cdot t_{\text{обп}}(s)}{1440 \cdot 0,5} \geq B(s) \geq \frac{(N_p(s) + 1) \cdot t_{\text{обп}}(s)}{1440 \cdot 0,8} \end{cases}, (3)$$

где  $\text{dist}(\Pi, s)$  — затраты, которые необходимы, чтобы поезд  $\Pi$  достиг станции отставления  $S$ . В качестве таких затрат может выступать расстояние или время. Если расчетное время прибытия поезда на станцию назначения  $s$  не превышает дату, указанную в транспортной железнодорожной накладной, то  $\text{dist}(\Pi, s)$  — это расстояние, которое необходимо пройти поезду до станции отставления. Однако если истек срок доставки груза, то  $\text{dist}(\Pi, s)$  — это время, которое необходимо пройти поезду до станции отставления.

Для определения  $\text{dist}(\Pi, s)$  воспользуемся методами теории графов. Для этого представим полигон в виде графа  $G = (S, R)$ , в котором станции  $S$  будут являться вершинами, а ребрами будет являться  $R$  — множество перегонов между ними (рис. 3) [6].

В зависимости от того, что понимается под  $\text{dist}(\Pi, s)$ , ребрам графа будут присваиваться

разные веса. При этом также надо учесть резерв пропускной способности (4) для каждого ребра  $r \in R$ :

$$\Delta N(r) = N_n(r) - N_{\text{потр}}(r), (4)$$

где  $N(r)$  — наличная пропускная способность;  $N_{\text{потр}}(r)$  — потребная пропускная способность.

Резерв пропускной способности определяет возможность пропуска дополнительных поездов по перегону. Если нет возможности пропустить 1 поезд по перегону, то есть если  $\Delta N(r) = 0$ , то будем считать, что вес ребра  $r$  составляет  $w(r) = \infty$ . Если  $\Delta N(r) \geq 1$  и расчетное время прибытия поезда на станцию назначения не превышает дату, указанную в транспортной железнодорожной накладной, то вес каждого ребра принимается равным длине перегона  $w(r) = d(r)$ ,  $r \in R$ . Однако если истек срок доставки груза, то вес ребра принимается равным времени хода по перегону  $w(r) = t(r)$ ,  $r \in R$ .

Для нахождения затрат  $\text{dist}(\Pi, s)$  воспользуемся алгоритмом Дейкстры, который позволяет найти кратчайшие пути из одной вершины-источника во все остальные вершины взвешенного ориентированного графа (рис. 4) [7].

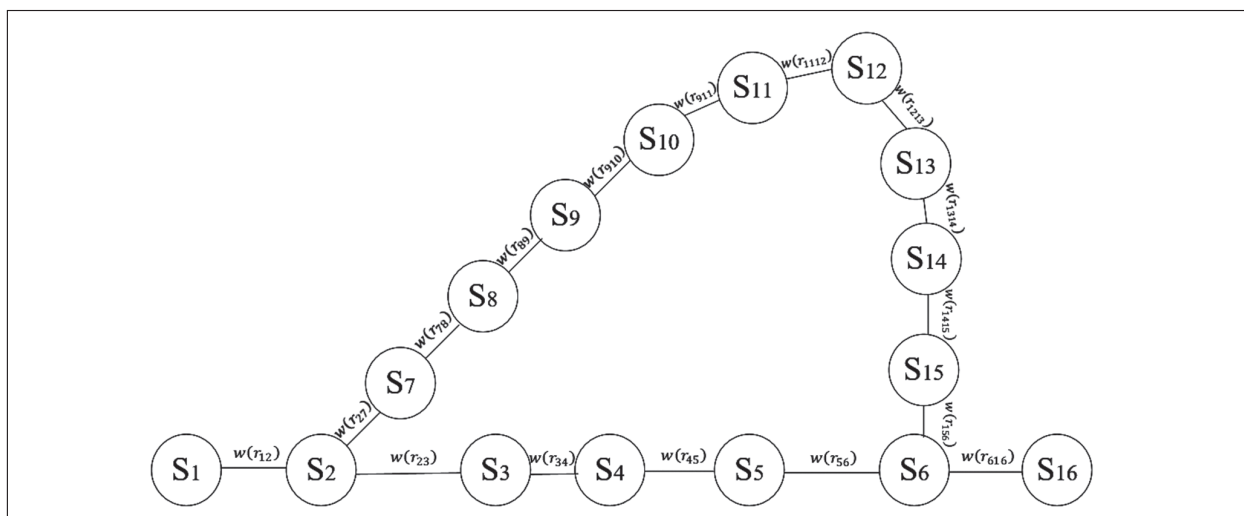


Рис. 3. Фрагмент графа

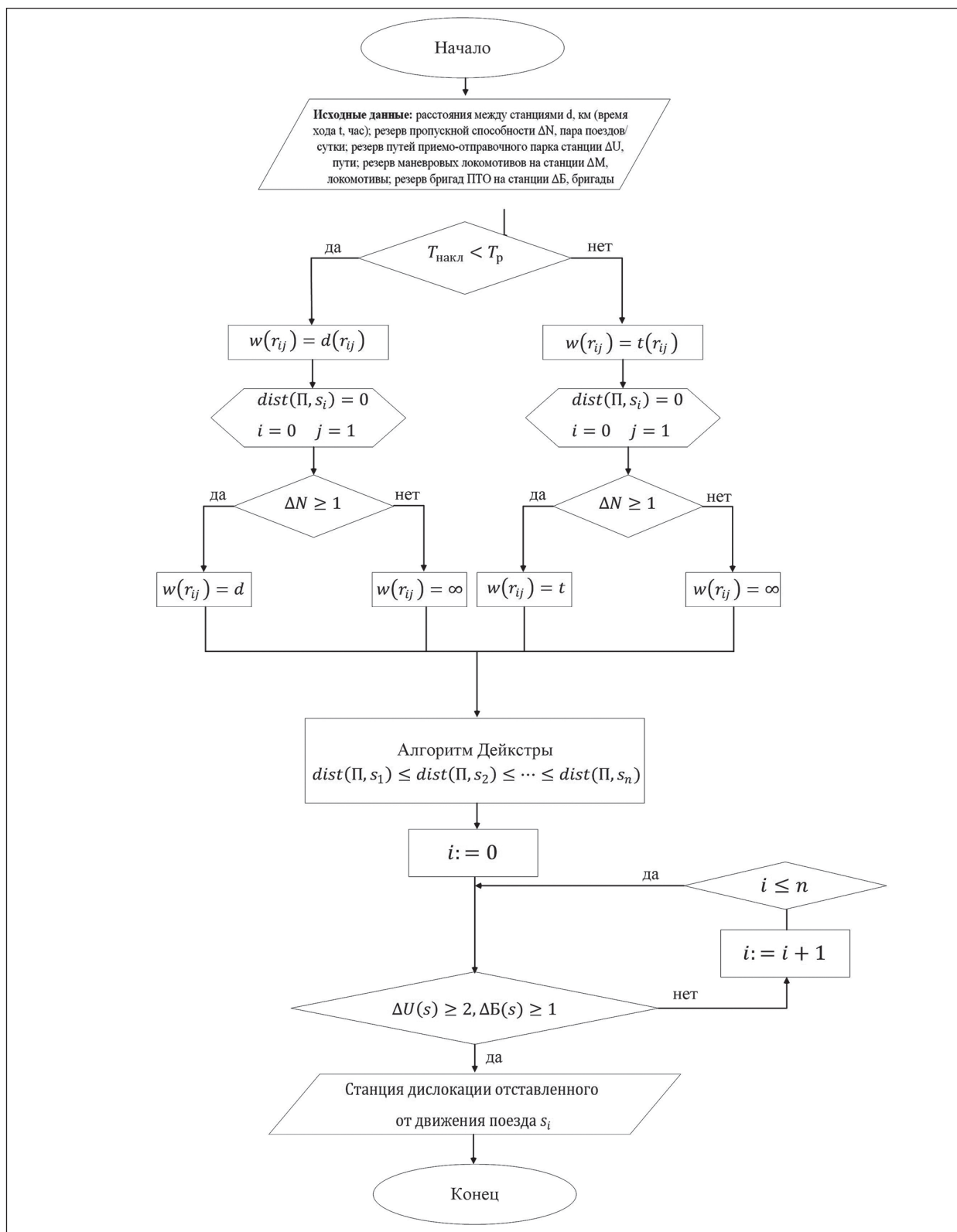


Рис. 4. Алгоритм выбора станции дислокации для временного отставления от движения грузовых поездов

Процесс начинается с инициализации. Пусть  $dist(\Pi, s_0) = 0$  — значение расстояния (времени хода) для начальной вершины графа, а для всех остальных  $dist(\Pi, s_n) = \infty$  [8].

Далее выполняется основной цикл до того момента, пока не будут обработаны все вершины графа (5). На каждом шаге находится вершина  $j, j \in S$ , с наименьшим значением веса ребра графа  $d(r_{ij})$  или  $t(r_{ij}) = w(r_{ij})$ , где  $r \in R$ , при этом выполняется условие (5):

$$dist(\Pi, s_i) + w(r_{ij}) < dist(\Pi, s_j) \quad (5)$$

В этом случае принимается минимальное расстояние (время хода по перегону) равным  $dist(\Pi, s_j) = dist(\Pi, s_i) + w(r_{ij})$ . Процесс расчета алгоритма Дейкстры повторяется до тех пор, пока не выберем ближайшую станцию для отставления грузового поезда, при котором выполняются условие (5) и  $dist(\Pi, s) = \min$  [9]. Принципиальное ограничение для алгоритма заключается в том, что веса всех ребер графа должны быть неотрицательными.

В итоге предлагается методика, позволяющая выбирать станции дислокации для временного отставления от движения грузовых поездов (рис. 4).

## Выводы

1. Разработанная методика позволяет обоснованно выбирать станцию дислокации для отставления от движения грузовых поездов, учитывая техническое оснащение станции, резерв пропускной способности и минимальное отклонение от маршрута следования поезда.

2. Обоснованный выбор станции дислокации способствует снижению эксплуатационных затрат, штрафов перевозчика из-за нарушений сроков доставки и, как следствие, повышению эффективной организации работы железнодорожной транспортной системы [10].

## Список источников

1. Анализ причин отставления от движения грузовых поездов на полигоне Свердловской железной дороги / Е. Н. Тимухина [и др.] // Екатеринбург: Инновационный транспорт, 2022.
2. Сотников Е. А., Холодняк П. С. Рациональная технология временной отстановки поездов от движения // Вестник ВНИИЖТ. 2019. № 78 (1). С. 3–9.
3. Об утверждении Методических рекомендаций по оформлению ОАО «РЖД» задержки вагонов, контейнеров в пути следования из-за неприема их железнодорожной станцией назначения по причинам, зависящим от грузополучателей, владельцев или пользователей железнодорожных путей необщего пользования: распоряжение ОАО «РЖД» от 22.03.2012 № 558р.
4. Тимухина Е. Н., Аманов М. М. Методика отставления от движения и «подъема» грузовых поездов // Транспорт Урала. 2025. № 3.
5. Расчет технических средств и технологических нормативов работы сортировочной станции: метод. указания / А. Э. Александров [и др.]. Екатеринбург: УрГУПС, 2014. 49 с.
6. Алексеев В. Е., Захарова Д. В. Теория графов: учебное пособие. Н. Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. 119 с.
7. Кувайскова Ю. Е. Алгоритмы дискретной математики: учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2017. 99 с.
8. Зингаро Д. Алгоритмы на практике. СПб.: Питер, 2023. 432 с.
9. Когабаев Н. Т. Дискретная математика и теория алгоритмов: учебное пособие. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2023. 126 с.
10. Тимухина Е. Н., Аманов М. М. Метод анализа иерархий при определении приоритетности «подъема» грузовых поездов // Вестник транспорта Поволжья. 2025. № 2. С. 97–101.

Дата поступления: 17.03.2026

Решение о публикации: 14.04.2026

**Контактная информация:**

ТИМУХИН Кирилл Максимович —  
кандидат техн. наук, доцент; KTimuhin@usurt.ru

АМАНОВ Максим Маратович —  
аспирант;  
MAmanov@usurt.ru

## **Selection of a Dislocation Station for Trains Set Aside from Traffic as a Tool for Improving the Efficiency of the Transport System**

**K. M. Timukhin, M. M. Amanov**

Ural State University of Railway Transport, 66 Kolmogorova st., Ekaterinburg, 620034, Russia

**For citation:** *Timukhin K. M., Amanov M. M.* Selection of a Dislocation Station for Trains Set Aside from Traffic as a Tool for Improving the Efficiency of the Transport System // Proceedings of Petersburg State Transport University, 2026. Vol. 23, iss. 2. Pp. 341–348. DOI: 10.20295/1815-588X-2026-2-341-348 (In Russian)

### **Abstract**

**Objective:** to develop a methodology for selecting dislocation stations for trains set aside from traffic, taking into account capacity, technical equipment, and minimal deviation from the freight train route to ensure uninterrupted functioning of railway infrastructure under conditions of high load on transport system elements. **Methods:** the theoretical basis of the study included analysis of operational work of railway stations and sections, and mathematical modeling of transport processes. To formalize the problem of selecting dislocation stations, graph theory was applied, allowing the representation of the operational area as a weighted directed graph. Minimum costs for determining dislocation stations are proposed to be calculated using Dijkstra's algorithm. **Results:** a multi-criteria optimization problem for selecting a dislocation station was formulated and solved. A mathematical model for selecting a dislocation station is proposed, including a system of constraints on the technical equipment of the station and the reserve capacity of hauls. **Practical importance:** application of the proposed methodology will allow finding the shortest routes to dislocation stations for temporary setting aside of freight trains, considering given constraints. The developed solution will increase the efficiency of the transport network, reduce the carrier's operating costs, and minimize risks of violating cargo delivery deadlines. Implementation of the proposed approach will create conditions for forming a controlled "buffer" of set-aside trains, preventing paralysis of stations and sections and ensuring sustainability of the transportation process under infrastructure limitations.

**Keywords:** Freight trains set aside from traffic, cascade effect, dislocation station, capacity, graph theory, Dijkstra's algorithm

### **References**

1. Timukhina E. N., at al. Analiz prichin ostavleniya ot dvizheniya gruzovykh poezdov na poligone Sverdlovskoy zheleznoy dorogi [Analysis of Reasons for Setting Aside Freight Trains from Traffic at the Sverdlovsk Railway Operational Area], *Innovatsionnyy*

*transport [Innovative Transport]*, 2022, no. 4, pp. 45–50. (In Russian)

2. Sotnikov E. A., Kholodnyak P. S. Ratsional'naya tekhnologiya vremennoy ostanovki poezdov ot dvizheniya [Cost-Effective Technology of Temporary Setting Trains Aside from the Traffic], *Vestnik Nauchno-*

*issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta (Vestnik VNIIZhT) [Bulletin of the Railway Research Institute]*, 2019, vol. 78, no. 1, pp. 3–9. DOI: 10.21780/2223-9731-2019-78-1-3-9 (In Russian)

3. Ob utverzhdenii Metodicheskikh rekomendatsiy po oformleniyu OAO “RZhD” zaderzhki vagonov, konteynerov v puti sledovaniya iz-za nepriema ikh zheleznodorozhnoy stantsiyey naznacheniya po prichinam, zavislyashchim ot gruzopoluchateley, vladel'tsev ili pol'zovateley zheleznodorozhnykh putey neobshchego pol'zovaniya [On Approval of Methodological Recommendations for JSC “Russian Railways” Registration of Delay of Cars, Containers En Route Due to Non-Acceptance by the Destination Railway Station for Reasons Depending on Consignees, Owners or Users of Non-Public Railway Tracks]: order of JSC “Russian Railways”, no. 558r, dated March 22, 2012 (In Russian)

4. Timukhina E. N., Amanov M. M. Metodika ostavleniya ot dvizheniya i “pod'ema” gruzovykh poezdov [Methodology for Setting Aside and “Lifting” Freight Trains], *Transport Urala [Transport of the Urals]*, 2025, no. 3, pp. 12–18. (In Russian)

5. Aleksandrov A. E., et al. Raschet tekhnicheskikh sredstv i tekhnologicheskikh normativov raboty sortirovochnoy stantsii: metod. ukazaniya [Calculation of Technical Means and Technological Standards of Marshalling Yard Operation: Methodological Guidelines], Ekaterinburg, Ural State University of Railway Transport, 2014, 49 p. (In Russian)

6. Alekseev V. E., Zakharova D. V. Teoriya grafov: uchebnoe posobie [Graph Theory: A Textbook]. Nizhny

Novgorod, *Nizhegorodskiy gosuniversitet [National Research Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod Publ.]*, 2017, 119 p. (In Russian)

7. Kuvayskova Yu. E. Algoritmy diskretnoy matematiki: uchebnoe posobie [Algorithms of Discrete Mathematics: A Textbook], Ulyanovsk State Technical University, 2017, 99 p. (In Russian)

8. Zingaro D. Algoritmy na praktike [Algorithmic Thinking]. Saint Petersburg, *Piter Publ.*, 2023, 432 p. (In Russian)

9. Kogabaev N. T. Diskretnaya matematika i teoriya algoritmov: uchebnoe posobie [Discrete Mathematics and Theory of Algorithms: A Textbook], Novosibirsk State University Publishing and Printing Center, 2023, 126 p. (In Russian)

10. Timukhina E. N., Amanov M. M. Metod analiza ierarkhiy pri opredelenii prioritetnosti «pod'ema» gruzovykh poezdov [Analytic Hierarchy Process in Determining the Priority Of “Lifting” Freight Trains], *Vestnik transporta Povolzh'ya [Bulletin of Transport of the Volga Region]*, 2025, no. 2, pp. 97–101. (In Russian)

Received: March 17, 2026

Accepted: April 14, 2026

**Author's information:**

Kirill M. TIMUKHIN — Associate Professor;  
KTimuhin@usurt.ru

Maksim M. AMANOV — Postgraduate Student;  
MAmanov@usurt.ru