

О влиянии задержек маршрутных поездов на восстановление графика движения поездов

А. Д. Доможирова✉, Р. Ю. Упырь

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

✉ domojirova.a@gmail.com

Резюме

Главная цель функционирования железнодорожного транспорта – своевременная доставка пассажиров и грузов, однако не всегда удается этого достигнуть. В процессе работы железнодорожного транспорта могут возникать внештатные ситуации: технические, технологические, природного и техногенного характера. При таких отказах главной задачей считается минимизация временных потерь, а именно, сокращение продолжительности восстановления системы. Размеры временных потерь зависят от характера отказа, места его возникновения, организации работ по устранению последствий. Так, отказ подвижного состава, находящегося на станции, несет меньше потерь, чем отказ, возникший на перегоне. Внештатная ситуация, появившаяся на перегоне двухпутного участка, в целом потребует меньше корректировок в запланированном порядке пропуска поездов, чем на однопутном участке. Также от категории задерживающегося из-за отказа поезда зависит продолжительность восстановления системы организации движения. В статье представлен оригинальный подход описания процесса курсирования кольцевых маршрутных поездов при возникновении отказа, при котором поезд с начальной станции отправляется с опозданием. Представлен алгоритм восстановления системы обращения маршрутов на однопутном участке, описывающий исправление системы и результат отказа. Приведен график движения поездов в координатной системе, что позволило оценить отклонения от графика движения геометрически. На основе такой оценки предложена математическая модель устойчивого состояния системы курсирования кольцевых маршрутных поездов. Предлагаемое описание устойчивости курсирования кольцевых маршрутов в виде модели позволит оценить график движения поездов в зависимости от величины опозданий описанной категории поездов и количества линейных зависимостей.

Ключевые слова

железнодорожный транспорт, кольцевой маршрутный поезд, график движения поездов, отклонения от графика планирования, опоздание поезда, временные потери

Для цитирования

Доможирова А. Д. О влиянии задержек маршрутных поездов на восстановление графика движения поездов / А.Д. Доможирова, Р.Ю. Упырь // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 4 (72). – С. 161–168. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.4(72).161-168

Информация о статье

поступила в редакцию: 25.05.2021, поступила после рецензирования: 02.08.2021, принята к публикации: 15.09.2021

On the influence of delays in route trains on the recovery of train graphics

A. D. Domojirova✉, R. Yu. Upyr

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉ domojirova.a@gmail.com

Abstract

The main goal of railway transport is the timely delivery of passengers and goods, which cannot always be achieved. In the course of its work railway transport is faced with emergency situations: technical, technological, natural and man-made. In the event of such failures, the main thing is considered to be the minimization of time losses, and the reduction of the duration of system recovery. The size of time losses depends on the nature of the failure, the place of its occurrence, the organization of work to eliminate the consequences. Thus, the failure of the rolling stock at the station results in smaller losses than the failure arising on the stretch with the same rolling stock. The abnormal situation that appeared on the stretch of the double-track section, in general, will require fewer adjustments in the planned order of train passage than on the single-track section. Also, the duration of the restoration of the traffic management system depends on the category of the train delayed due to the failure. The article presents an original approach to describing the process of running circular block trains in the event of a failure, in which the train leaves the starting station with a delay. An algorithm for restoring the system of route reversal on a single-track section is presented, which describes the correction of the system and the result of the failure. The graph of the movement of trains in the coordinate system is depicted, which made it possible to estimate the deviations from the schedule of movement geometrically. Based on such an assessment, a mathematical model of a stable state of the system of running

circular block trains is proposed. The proposed description of the stability of the circular routes running, in the form of a model, will make it possible to estimate the train schedule depending on the magnitude of the delays of the described category of trains and the number of constant linear dependencies.

Keywords

railway transport, ring route train, train schedule, deviations from the planning schedule, train delay, temporary losses

For citation

Domozhirova A. D., Upry R. Yu. O vliyani zaderzhek marshrutnykh poezdov na vosstanovlenie grafika dvizheniya poezdov [On the influence of block train delays on the restoration of the train schedule]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 4 (72), pp. 161–168. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.4(72).161-168

Article info

Received: 25.05.2021, Revised: 02.08.2021, Accepted: 15.09.2021

Введение

Большую долю перевозимых грузов на железнодорожном транспорте составляют массовые навалочные и наливные, о чем свидетельствуют отчетные данные ОАО «РЖД» за последние два года (рис. 1).

На местах зарождения таких грузов целесообразнее организовывать вагоны в составы маршрутов, поскольку большой объем погрузки позволяет накапливать полновесные поезда. К тому же повышение маршрутизации перевозок – один из способов повышения производительности вагонов. Это связано с освобождением от переработки минимум одной технической станции, за счет чего повышается транзитность поездопотоков, увеличивается скорость передвижения вагонов.

Использование маршрутных поездов наиболее эффективно при строгом соблюдении «твердого» расписания [1–5].

Так же как и с другими категориями поездов, при курсировании маршрутов случаются

отказы (по причине выхода из работоспособного состояния технических средств, несоблюдения технологии работы, некорректной регулировки движения поездов оперативно-диспетчерским персоналом, из-за внешних факторов) [6–8].

Наибольшие последствия в связи с несоблюдением расписания движения поездов возникают на однопутных участках, так как на них выполняются запланированные скрещения с поездами различных категорий. И опоздание одного поезда может привести к нарушению графика движения поездов всего участка, причем продолжительность опоздания поезда с каждым перегоном растет [9–11].

В статье рассматривается процесс распространения временных последствий после опоздания маршрутного поезда и продолжительность восстановления графика движения поездов, а также описан алгоритм восстановления системы курсирования кольцевых маршрутных поездов и описание ее устойчивого состояния.

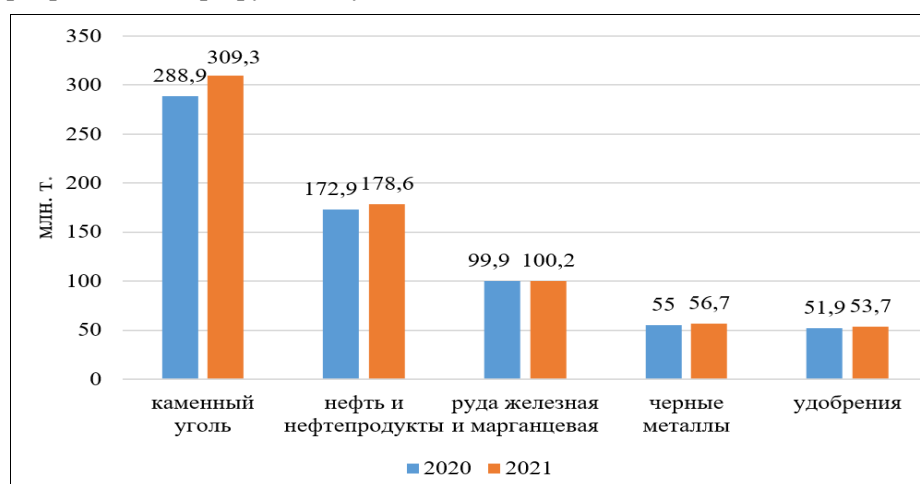


Рис. 1. Перевезенные грузы на железнодорожном транспорте за 2020 и 2021 гг.

Fig. 1. Goods transported by railway in 2020 and 2021

Организация курсирования кольцевых маршрутных поездов

Наибольший эксплуатационный и экономический эффекты при строгом соблюдении графика движения поездов приносит обращение кольцевых маршрутных поездов [12–14]. Это организация курсирования постоянного состава поездов от станции погрузки до станции выгрузки и обратно. Такая система организации поездопотока имеет смысл при стабильных объемах погрузки на станциях отправления грузевого маршрута.

Существует четыре схемы обращения кольцевых маршрутных поездов (рис. 2).

На схеме (см. рис. 2) *a* – обращение маршрутов между одной станцией погрузки и одной станцией выгрузки; *б* – курсирование между одной станцией погрузки и несколькими станциями выгрузки; *в* – курсирование между несколькими станциями погрузки и одной станцией выгрузки; *г* – обращение между двумя

и более станциями погрузки и выгрузки. Для исследования была выбрана схема *a*.

Влияние выполнения графика движения на полновесность маршрутных поездов

Рассмотрим условный участок курсирования кольцевых маршрутных поездов между станцией погрузки № 6 и станцией выгрузки № 1. На участке работают пять пар кольцевых маршрутных поездов. Один и тот же локомотив обслуживает разные составы: привозит порожний состав на станцию № 6, увозит грузеный состав на станцию № 1 (рис. 3).

Готовность полносоставного поезда к отправлению на ограничивающих участок станциях обращения маршрутов может наступить не всегда вовремя, по графику. Это может быть связано с техническими отказами, срывами грузовых операций, неприемом маршрутов промышленными станциями и т. д. Тогда оперативно-диспетчерский персонал, опираясь на имею-

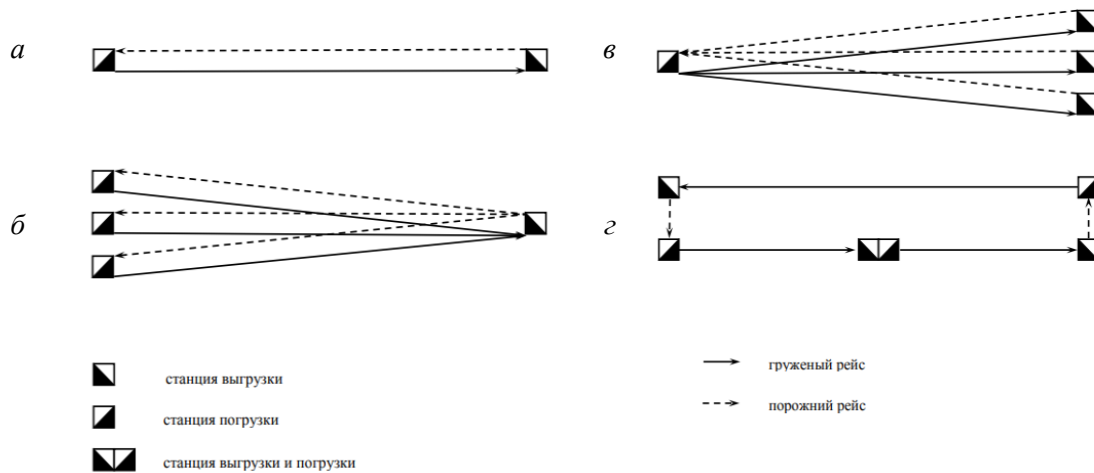


Рис. 2. Типовые схемы обращения кольцевых маршрутных поездов

Fig. 2. Turnover schemes of block trains

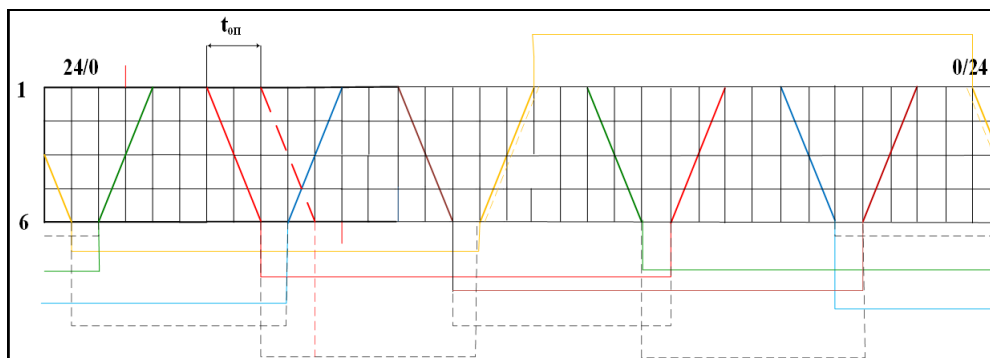


Рис. 3. График оборота составов и локомотивов маршрутных поездов

Fig. 3. Schedule of turnover of trains and locomotives of block trains

щиеся актуальные приказы и распоряжения, принимает решение о вариантах отправления. К примеру, при готовности к отправлению со станции № 1 порожнего состава с опозданием $t_{оп}$ локомотив, привезший порожние вагоны (обозначенные красным цветом), может отправиться по графику, но тогда без вагонов – резервом, либо с полным составом, но с опозданием.

Рассмотрим последствия, которые могут возникнуть при двух описанных вариантах.

Если локомотив отправится со станции № 6 по графику, но без вагонов, тогда маршруту, обозначенному желтым цветом на станции № 1 не найдется вагонов, и локомотив поедет резервом. Если поезд отправится со станции № 6 полновесный, но с опозданием, тогда при отправлении маршрута, обозначенного желтым цветом, диспетчерский персонал вновь столкнется с выбором: график или вес?

Восстановление графика движения поездов

В качестве объекта исследования выбран однопутный участок, в пределах которого курсируют пять пар кольцевых маршрутных поездов (один из пары – груженный, другой – порожний). Рассмотрим случаи, когда один из пяти порожних маршрутов отправляется с опозданием. Возникают принципиально разные исходы, в зависимости от опоздания: поездной диспетчер не забирает поезд (отменяет отправление), либо принимает отправление с опозданием.

Продолжительность восстановления графика движения зависит от продолжительности опоздания:

$$t_{он} \leq t_{пр.гр.м.ст.2} - t_{пр.пор.м.ст.2} - \tau_{ин} \Rightarrow T_{восст} = t'_{он}, \quad (1)$$

$$t_{он} \leq t_{пр.пас.неч.ст.2} - t_{пр.пор.м.ст.2} - \tau_{ин} \Rightarrow T_{восст} = 2t'_{он}, \quad (2)$$

где $t_{он}$ – продолжительность опоздания при отправлении со станции № 1; $t_{пр.гр.м.ст.2}$ – время

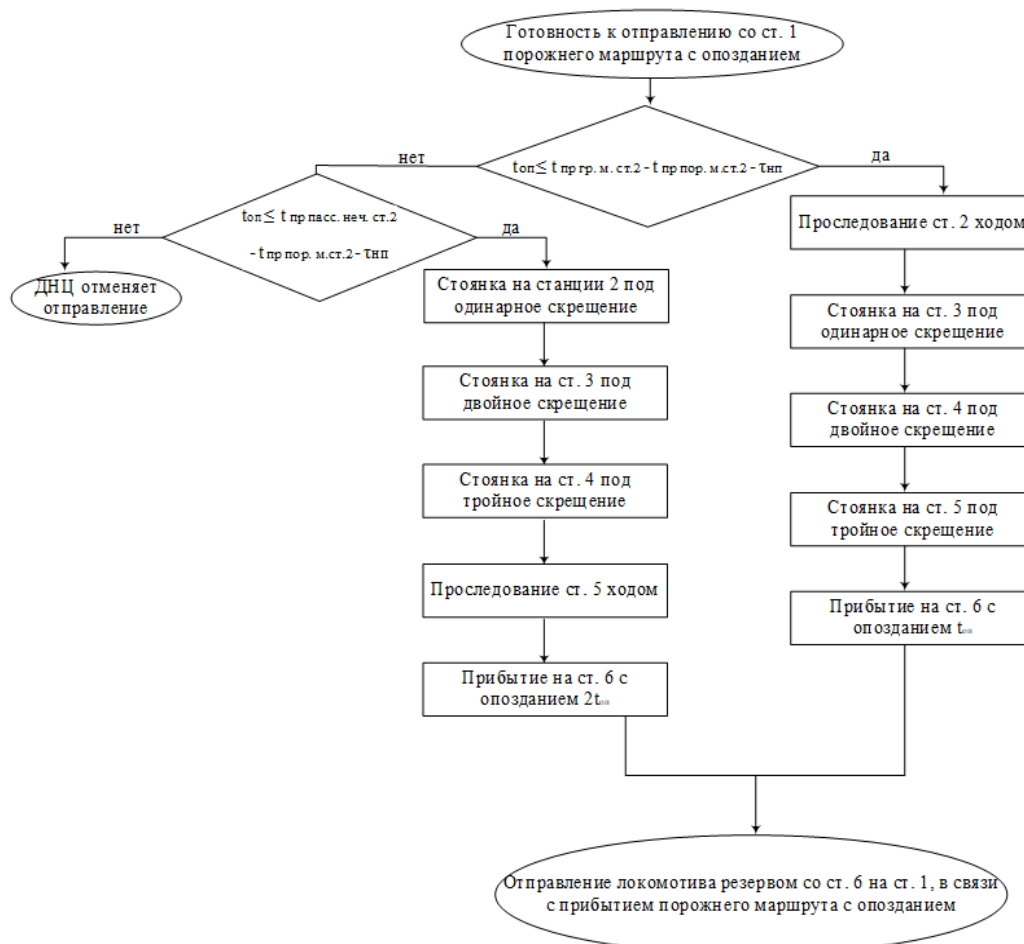


Рис. 4. Алгоритм восстановления графика движения маршрутных поездов на однопутном участке
Fig. 4. Algorithm for restoring the schedule of block trains on a single-track section

прибытия грузового маршрута на станцию № 2; $t_{пр.пор.м.см.2}$ – время прибытия порожнего маршрута на станцию № 2; $\tau_{ин}$ – интервал одновременного прибытия; $T_{восст}$ – продолжительность восстановления графика движения поездов; $t'_{он}$ – продолжительность опоздания при прибытии на станцию № 6 [15–18].

Стоит заметить, что итог в обоих случаях (1) и (2) один – отправление по графику не полносоставного поезда, а локомотива без вагонов (резервом). Тогда, если представлять график движения маршрутных поездов в качестве системы курсирования кольцевых маршрутов, эта система восстановится при таком исходе лишь по параметру «время». Алгоритм восстановления графика движения поездов представлен на рис. 4.

Таким образом, для первого в новых сутках порожнего поезда вагонов не будет, и локомотив поедет резервом забирать со станции № 6 оставленные груженные вагоны. Для восстановления системы по параметру «вес» потребуются сутки.

Описание системы обращения кольцевых маршрутов с учетом отклонений

На рис. 5 представлен график движения поездов на однопутном участке в системе координат x ; y . Черными линиями обозначены: сплошная – графиковая нитка маршрута, штриховая – первый вариант прокладки маршрута с опозданием $t_{он} \leq 60$ мин., пунктирная черная линия – вариант 2 прокладки маршрута с опозданием $60 \text{ мин} < t_{он} \leq 120$ мин., остальными цветными линиями обозначены нитки пассажирских и графиковых поездов, которые являются неизменными и не могут сдвигаться по оси y .

В представленной системе нитки пассажирских и графиковых поездов, которые нельзя изменять (останавливать под скрещения).

Тогда отклонение от графика можно выразить через площадь фигуры (рис. 6), представляющей множество параллелограммов (3):

$$S = \sum_{i=1}^n a_i h_i, \quad (3)$$

где i – количество перегонов на участке опоз-

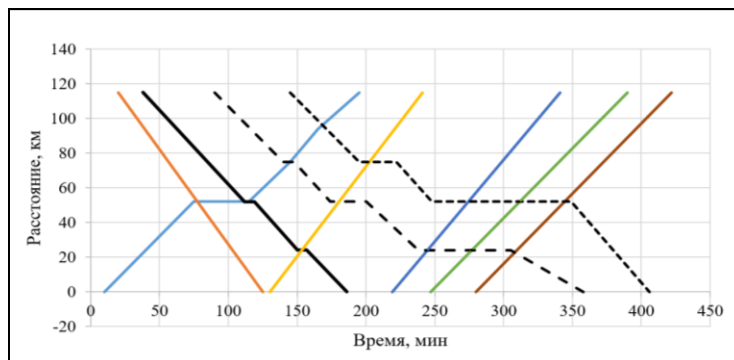


Рис. 5. Изображение графика движения поездов на однопутном участке в системе координат $(x; y)$
Fig. 5. Image of the train traffic graph on a single-track section in the coordinate system $(x; y)$

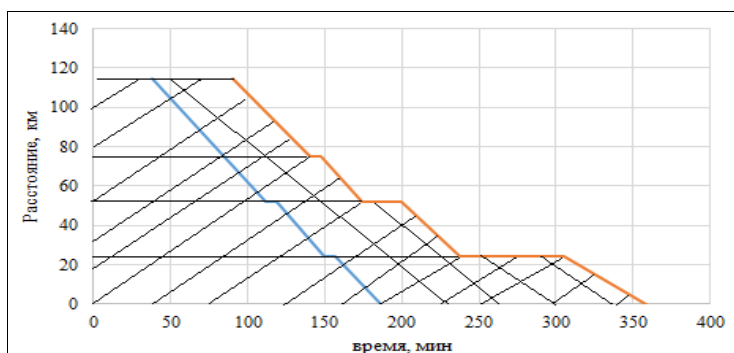


Рис. 6. Площадь фигуры, описывающей отклонение от графика (синий цвет – график, оранжевый – нитка при отправлении с опозданием на однопутном участке)

Fig. 6. The area of the figure describing the deviation from the graph (blue – graph, orange – thread when departing late on a single-track section)

дания; a – опоздание по каждому i -му перегону; h – расстояние между станциями.

С учетом изложенного предлагается математическая модель (4), описывающая устойчивое состояние системы обращения кольцевых маршрутных поездов для примера, представленного на рис. 4 и 5:

$$f(x) = \begin{cases} -1,0952x + 136,9; & 10 \leq x \leq 203, \\ 0,5739x - 2,2171; & 130 \leq x \leq 205, \\ 0,9426x - 206,4; & 208 \leq x \leq 350, \\ 0,8042x - 198,64; & 248 \leq x \leq 390, \\ 1,036x - 134,68; & 280 \leq x \leq 430, \\ S = \sum_{i=1}^4 a_i h_i \rightarrow 0. \end{cases} \quad (4)$$

В обобщенном виде выражение (5) для описания состояния устойчивости системы обращения маршрутов на однопутном участке примет вид:

$$f(x) = \begin{cases} a_1 x_1 + b_1 & t_1^{om6} \leq x_1 \leq t_1^{np1} \\ a_2 x_2 + b_2 & t_2^{om6} \leq x_2 \leq t_2^{np1} \\ a_3 x_3 + b_3 & t_3^{om6} \leq x_3 \leq t_3^{np1} \\ \dots\dots\dots \\ a_n x_n + b_n & t_n^{om6} \leq x_n \leq t_n^{np1} \\ S = \sum_{k=1}^n a_k h_k \rightarrow 0 \end{cases} \quad (5)$$

где t_1^{om6} , t_2^{om6} , t_n^{om6} – время отправления пассажирских или графиковых грузовых поездов со станции № 6; t_1^{np1} , t_2^{np1} , t_n^{np1} – время прибытия пассажирских или графиковых грузовых поездов на станцию № 1.

Заключение

Повышение маршрутизации в железнодорожных перевозках одна из задач, решение которой позволит повысить производительность подвижного состава за счет сокращения оборота вагонов. Но маршрутизация перевозок будет эффективной при условиях, когда система обращения маршрутных поездов будет работать устойчиво.

В статье рассмотрена система курсирования кольцевых маршрутных поездов при условиях возникновения отказов, из-за которых происходят отправления с опозданиями со станций, ограничивающих участок обращения маршрутов. Такие опоздания приводят к нарушению графика движения поездов. Причем опоздание маршрута, отправленного со станции № 1, влияет на график отправления маршрута со станции № 6 с тем же локомотивом. Процесс восстановления графика движения поездов представлен в алгоритме на рис. 4, из которого следует, что график движения восстановится к моменту отправления маршрутного поезда со станции № 6, но при условии отправления локомотива резервом (без вагонов). Тогда система курсирования кольцевых маршрутных поездов восстановится по параметру «время», а по параметру «вес» выйдет из устойчивого состояния.

Представленный оригинальный геометрический способ описания отклонений графика движения поездов позволит оценить исполненный график движения поездов в зависимости от суммарной продолжительности опозданий поездов и количества линейных зависимостей (пассажирских и графиковых поездов).

Список литературы

1. Доможирова А.Д., Упырь Р.Ю. Повышение стабильности курсирования кольцевых маршрутных поездов // Молодая наука Сибири. 2021. № 1. С. 183–186.
2. Царегородцева Е.Ю., Упырь Р.Ю. Инновационные подходы в управлении логистикой на транспорте // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2021. № 1. С. 14–17.
3. Malovetskaya E.V. et al. Planning of qualitative indexes of railroad operational work in polygon technologies // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. Т. 760. № 1. С. 012041.
4. Гильманов А.И., Дорогайкина Е.В., Залогова О.И. Исследование факторов, влияющих на простой транзитных вагонов с переработкой на сортировочных станциях // Молодая наука Сибири. 2019. № 1. С. 98–104.
5. Александров А.Э., Ковалев И.А. Построение автоматизированного процесса управления обращением кольцевых маршрутов // Транспорт Урала. 2007. № 1. С. 41–47.
6. Александров А.Э., Тимухина Е.Н., Ковалев И.А. Оптимизационная модель перевозочного процесса с использованием кольцевых маршрутов // Транспорт Урала. 2017. № 4. С. 36–39.
7. Апатцев В.И., Шаров В.А. К реализации комплексной программы поэтапного перехода на организацию движения грузовых поездов по расписанию на российских железных дорогах // Наука и техника транспорта. 2011. № 3. С. 69–72.
8. Давыдов А.А. Организация вагонопотоков и маршрутизация перевозок при переходе на полигонные технологии эксплуатационной работы // Закономерности развития технических и технологических наук: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Казань, 25 августа 2017. Уфа: Аэтерна, 2017. С. 15–18.

9. Шапкин И.Н., Кожанов Е.М. Технология обеспечения полновесности и полносоставности поездов, отправляемых по твердым ниткам графика // Вестник ВНИИЖТ. 2005. № 4. С. 5–7.
10. Мышкин И.И., Маловецкая Е.В. Организация эксплуатационной работы по твердым ниткам графика в увязке с локомотивным парком // Инфраструктура и эксплуатация наземного транспорта: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 1. Нижний Новгород, 10 апреля 2019 г. Нижний Новгород: НИЦ «21 век», 2019. С. 202–208.
11. Панин В.В., Колесникова Е.С. Маршрутизация перевозок грузов на сети железных дорог ОАО «РЖД» // Железнодорожный транспорт. 2011. № 2. С. 34–39.
12. Кужель А.Л., Шапкин И.Н., Вдовин А.Н. Сквозные технологии маршрутизации грузовых перевозок // Железнодорожный транспорт. 2015. № 7. С. 14–19.
13. Бессоненко С.А., Жарикова Л.С. О вопросе рационального определения нормативных сроков доставки грузов железнодорожным транспортом // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2015. № 4. С. 19–22.
14. Юрина О.П., Танайно Ю.А., Жарикова Л.С. Эффективность маршрутизации грузовых перевозок // Железнодорожный транспорт. 2020. № 6. С. 14–18.
15. Александров А.Э., Шипулин А.В. Использование имитационной системы Истра для моделирования графика движения поездов // Транспорт Урала. 2011. № 4. С. 67–71.
16. Шаров В.А., Бородин А.Ф. Интегрированная технология управления движением грузовых поездов по расписанию // Железнодорожный транспорт. 2011. № 8. С. 11–21.
17. Перцов Д.Л. Маршрутизация лесных грузов // Вестник ВНИИЖТ. 1986. № 2. С. 9–12.
18. Сотников Е.А. Нормирование размеров неснижаемого резерва локомотивов на станциях их оборота // Вестник ВНИИЖТ. 2020. Т. 79. № 1. С. 3–8.

References

1. Domojrova A.D. Upry R.Yu. Povyshenie stabil'nosti kursirovaniya kol'cevyykh marshrutnykh poezdov [Increasing the stability of round route trains]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal [Young science of Siberia: electronic scientific journal]*, 2021, No. 1.
2. Tsaregorodtseva E.Yu. Upry R.Yu. Innovatsionnyye podkhody v upravlenii logistikoy na transporte [Innovative approaches in transport logistics management]. *Transport Aziatsko-Tikhookeanskogo regiona [Transport of the Asia-Pacific region]*. 2021, No. 1, pp. 14–17.
3. Malovetskaya E.V. et al. Planning of qualitative indexes of railroad operational work in polygon technologies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020, No. 1. 012041 p.
4. Gilmanov A.I., Dorogaikina E.V., Zalogova O.I. Issledovanie faktorov, vliyayushchikh na prostoy tranzitnykh vagonov s pererabotkoy na sortirovochnykh stancyakh [Study of the factors affecting inactivity of transit cars with processing on the leading yard]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal [Young science of Siberia: electronic scientific journal]*. 2019, No. 1.
5. Alexandrov A.E., Kovalev I.A. Postroyeniye avtomatizirovannogo protsessa upravleniya obrashcheniyem kol'tsevyykh marshrutov [Design of automated control process for circular routes]. *Transport Urala [Transport of Ural]*. 2007, No. 1, pp. 41–47.
6. Alexandrov A.E., Timukhina E.N., Kovalev I.A. Optimizatsionnaya model' perevochnogo protsessa s ispol'zovaniyem kol'tsevyykh marshrutov [Optimization model of the transportation process with the use of unit trains]. *Transport Urala [Transport of Ural]*. 2017, No. 4, pp. 36–39.
7. Apattsev V.I., Sharov V.A. K realizatsii kompleksnoy programmy poetapnogo perekhoda na organizatsiyu dvizheniya грузовых поездов po raspisaniyu na rossiyskikh zheleznykh dorogakh [Towards the implementation of a comprehensive program for a phased transition to organizing the movement of freight trains on a schedule on Russian railways]. *Nauka i tekhnika transporta [Transport science and Technology]*. 2011, No. 3, pp. 69–72.
8. Davydov A.A. Organizatsiya vagonopotokov i marshrutizatsiya перевозок pri perekhode na poligonnyye tekhnologii ekspluatatsionnoy raboty [Organization of car flows and routing of transportation during the transition to landscape technologies of operational work]. *Zakonomernosti razvitiya tekhnicheskikh i tekhnologicheskikh nauk: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Materials of the International Scientific and Practical Conference «Patterns of development of technical and technological sciences»]*. Kazan', 2017, pp. 15–18.
9. Shapkin I.N., Kozhanov Ye.M. Tekhnologiya obespecheniya polnovesnosti i polnosostavnosti поездов, otpravlyayemykh po tverdyim nitkam grafika [Technology of ensuring the full-weight and complete composition of trains sent on fixed lines of the schedule]. *Vestnik VNIIZhT [Bulletin of VNIIZHT]*. 2005, No. 4, pp. 5–7.
10. Myshkin I.I., Malovetskaya Ye.V. Organizatsiya ekspluatatsionnoy raboty po tverdyim nitkam grafika v uvязke s lokomotivnym parkom [Organization of operating work on solid threads of graphics tied to the locomotive park]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Infrastruktura i ekspluatatsiya nazemnogo transporta: v 2 chastyakh [Materials of the international scientific and practical conference «Infrastructure and operation of ground transport»: in 2 parts]*. Nizhnij Novgorod, 2019, vol. 1, pp. 202–208.
11. Panin V.V., Kolesnikova Ye.S. Marshrutizatsiya перевозок грузов na seti zheleznykh dorog ОАО «RZHD» [Routing of cargo transportation on the railway network of JSC «Russian Railways»]. *Zheleznodorozhnyy transport [Railway Transport]*. 2011, No. 2, pp. 34–39.
12. Kuzhel' A.L., Shapkin I.N., Vdovin A.N. Skvoznyye tekhnologii marshrutizatsii грузовых перевозок [End-to-end technologies for routing freight traffic]. *Zheleznodorozhnyy transport [Railway Transport]*. 2015, No. 7, pp. 14–19.
13. Bessonenko S.A., Zharikova L.S. O voprose ratsional'nogo opredeleniya normativnykh srokov dostavki грузов zheleznodorozhnym transportom [On the Issue of Rational Determination of the Normative Terms for the Delivery of Goods by

Rail]. *Nauchnyye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka* [Scientific problems of transport in Siberia and the Far East]. 2015, No. 4, pp. 19–22.

14. Yugrina O.P., Tanayno Yu.A., Zharikova L.S. Effektivnost' marshrutizatsii gruzovykh perevozok [Efficiency of routing of cargo transportation]. *Zheleznodorozhnyy transport* [Railway Transport]. 2020, No. 6, pp. 14–18.

15. Aleksandrov A.E., Shipulin A.V. Ispol'zovaniye imitatsionnoy sistemy Istra dlya modelirovaniya grafika dvizheniya poyezdov [Using the Istra simulation system to simulate train schedules]. *Transport Urala* [Transport of Ural]. 2011, No. 4, pp. 67–71.

16. Sharov V.A., Borodin A.F. Integrirovannaya tekhnologiya upravleniya dvizheniyem gruzovykh poyezdov po raspisaniyu [Integrated technology for controlling the movement of freight trains according to the schedule]. *Zheleznodorozhnyy transport* [Railway Transport]. 2011, No. 8, pp. 11–21.

17. Pertsov D.L. Marshrutizatsiya lesnykh gruzov [Routing of forest cargo]. *Vestnik VNIIZHT* [Bulletin of VNIIZHT]. 1986, No. 2, pp. 9–12.

18. Sotnikov Ye.A. Normirovaniye razmerov nesnizhayemogo rezerva lokomotivov na stantsiyakh ikh oborota [Rationing of the size of the irreducible reserve of locomotives at the stations of their turnover]. *Vestnik VNIIZHT* [Bulletin of VNIIZHT]. 2020, vol. 79, No. 1, pp. 3–8.

Информация об авторах

Доможирова Алена Дмитриевна – аспирант кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: domojirova.a@gmail.com.

Упырь Роман Юрьевич – канд. техн. наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: upyr.roman@gmail.com.

Information about the authors

Alena D. Domojirova – Post-Graduate Student of the Department of Operational Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: domojirova.a@gmail.com.

Roman Yu. Upyr – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Operational Management, Irkutsk State Transport University, email: upyr.roman@gmail.com.