

Е.Н. Тимухина, В.В. Лесных, П.О. Козлова

Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, Российская Федерация

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТА КАРТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА

Аннотация. В данной статье проанализирован опыт исследований функционирования транспортных узлов в России и за рубежом. После анализа исследований выявлено, что узлы рассматривались как узлы с грузовым движением или с перевалкой грузов на морской и речной транспорт. В настоящее время возникает задача по изучению транспортных узлов с пассажирскими системами.

Для оценки загруженности узла и его узких мест предлагается использование инструмента картирования – инструмента, заключающегося в построении карты потока технологического процесса с затратами времени. По карте потока определяются узкие места, вызывающие наибольшие задержки у пассажиров в ожидании транспорта. Предложены варианты уменьшения задержек – переход на тактовое расписание (через равные промежутки времени) или строительство транспортно-пересадочных узлов (ТПУ).

В случае невозможности определения узких мест, предлагается воспользоваться другим методом – имитационным макро моделированием. Макро моделирование применимо к системам большой размерности (которой и является транспортный узел), что подтверждено моделированием полигона от Кузбасса до портов Балтики.

В заключении авторами предложен алгоритм исследования транспортного узла с пассажирскими системами с точки зрения определения узких мест.

Ключевые слова: транспортный узел, пассажирские системы, макро моделирование, картирование, карта потока.

E.N. Timukhina, V.V. Lesnykh, P.O. Kozlova

Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, the Russian Federation

THE USE OF A MAPPING TOOL TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE TRANSPORT HUB

Abstract. This article analyzes the experience of transport hubs research in Russia and abroad. After analyzing the studies, it is revealed that the nodes were considered as nodes with cargo traffic or with transshipment of cargo to sea and river transport. Currently, the task of studying transport nodes with passenger systems arises.

To assess the congestion of a node and its bottlenecks, it is necessary to use a mapping tool, a simple and straightforward tool that consists in the construction of a flow map of the process flow with time costs. The flow map identifies bottlenecks that cause the greatest delays for passengers waiting for transport. Options for reducing delays have been proposed - switching to a timetable (at equal intervals of time) or the construction of transfer transport hubs (TTH).

If it is impossible to determine the bottlenecks, it is necessary to use another method - macromodeling. Macromodeling is able to work with systems of large dimensions (which is a transport hub), which is confirmed by modeling the polygon from the Kuzbass to the Baltic ports.

Finally, the authors proposed an algorithm for studying the transport hub with passenger systems for congestion and bottlenecks.

Keywords: transportation hub, passenger systems, macromodeling, mapping, flow map.

Введение

Под транспортным узлом понимается комплекс транспортных устройств, совместно обслуживающий перевозку транзитных, местных грузов и пассажиров, при этом узел также является и пунктом стыкования нескольких видов транспорта.

Исследованием транспортных узлов занимались многие авторы. В России еще с 20-х годов прошлого века появились первые определения узла. Затем определения дополнялись и уточнялись, вводились новые классификации узлов, оценивались проблемы и предлагались решения по повышению эффективности их работы [1-8]. Продолжаются исследования узла и

с помощью системного подхода. Так, согласно исследованиям профессора П.А. Козлова, узел является системой, поскольку он обладает главным ее признаком – способен реагировать на внешние возмущения (способность к самоподдержанию) [9-10].

В зарубежных исследованиях формулируется задача – интеграция в транспортную сеть региона объектов с малыми грузопотоками. Решается она либо построением «мега-хаба» [11], в котором происходит обмен грузов между поездами, либо применением системы «hub – and – spoke» [12-14]. «Hub» в переводе с английского означает узел, а spoke – спица. Смысл же системы заключается в прибытии морского или другого вида транспорта с грузом в узел «hub», далее он перегружается на поезда, которые развозят грузы по направлениям – «спицам» (spoke) в пункты доставки.

Однако в большинстве работ транспортные узлы рассматриваются как узлы с грузовым движением, либо узлы с перевалкой на морской или речной транспорт. Но в транспортной стратегии РФ [15] ставится задача по расшивке узких мест в узлах с интенсивным пассажирским движением.

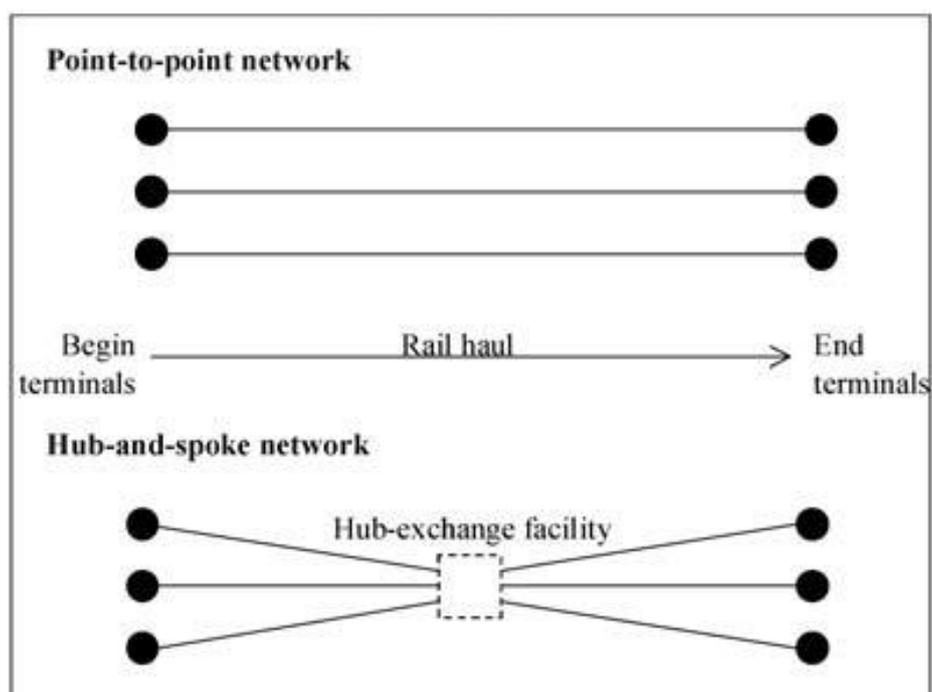


Рис 1. Вид системы «hub-and-spoke»

Поэтому, возникает задача по дальнейшему изучению транспортных узлов – сложных систем, состоящих из пассажирских станций с вокзальными комплексами, автовокзалов, метрополитенов, общественного транспорта.

Использование картирование для повышения эффективности транспортного узла

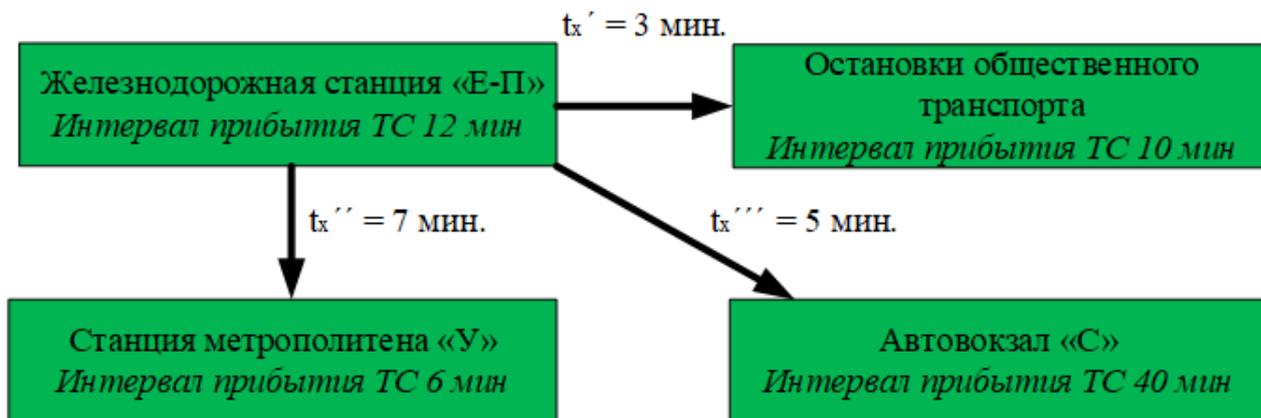
Для оценки загруженности и узких мест пассажирских систем предлагается воспользоваться инструментом картирования. Согласно нормативным документам ОАО "РЖД" картирование – это инструмент, позволяющий рассмотреть технологический процесс работы любого объекта как цепочку связанных между собой операций [18]. Данный инструмент понятен работникам технологического процесса и не требует больших затрат на внедрение. Суть же картирования заключается в построении карты потока, на которой намечены все элементы технологического процесса с данными о затратах времени или других ресурсов.

Вариант построения карты потока транспортного узла с пассажирскими системами представлен на рис. 2.

Узкими местами (определяемые по карте потока) в транспортном узле будут те станции или остановки общественного транспорта, вызывающие большие задержки времени для

пассажиры (в ожидании прибытия необходимого вида транспорта). Решениями данной задачи является переход на тактовое расписание, когда транспорт следует через одинаковые промежутки времени (например, 10 минут), а также строительство транспортно-пересадочных узлов (ТПУ).

Строительство ТПУ необходимо для повышения качества обслуживания, удобной пересадки пассажиров с одного вида транспорта на другой. Использование инструмента картирования поможет определить их рациональное месторасположение в местах с большим количеством пересеживающихся пассажиров и длительного ожидания поездки.



t_x – время движения в пути следования пассажира от железнодорожной станции до пункта пересадки

ТС – транспортное средство

Рис 2. Вариант построения карты потока транспортного узла с пассажирскими системами

Применение инструмента макро моделирования и алгоритм исследования транспортного узла с пассажирскими системами

В ситуации, при которой по карте потока невозможно сделать вывод о загруженности узла, необходимо воспользоваться другим инструментом – имитационным моделированием, в частности макро моделированием [16]. Данный метод учитывает и технологию, и структуру моделируемого объекта, а также процессы управления.

При использовании данного метода была проведена оптимизация работы железнодорожного полигона [17], состоящего из 283 станций, что подтверждает возможность использования макро моделирования для работы с системами большой размерности. Вариант представления транспортного узла с пассажирскими системами при применении инструмента макро моделирования (имитационной системой ИМЕТРА) представлен на рис. 3.

Порядок исследования транспортного узла с пассажирскими системами для определения степени загруженности его элементов и узкие места описан в алгоритме, представленном на рис. 4.

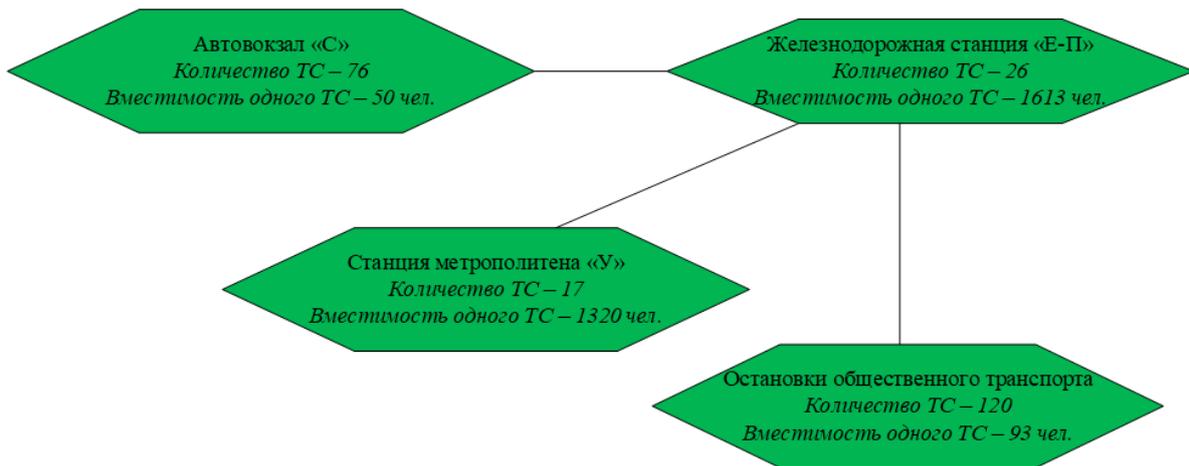


Рис 3. Вариант представления транспортного узла с пассажирскими системами в системе макро моделирования

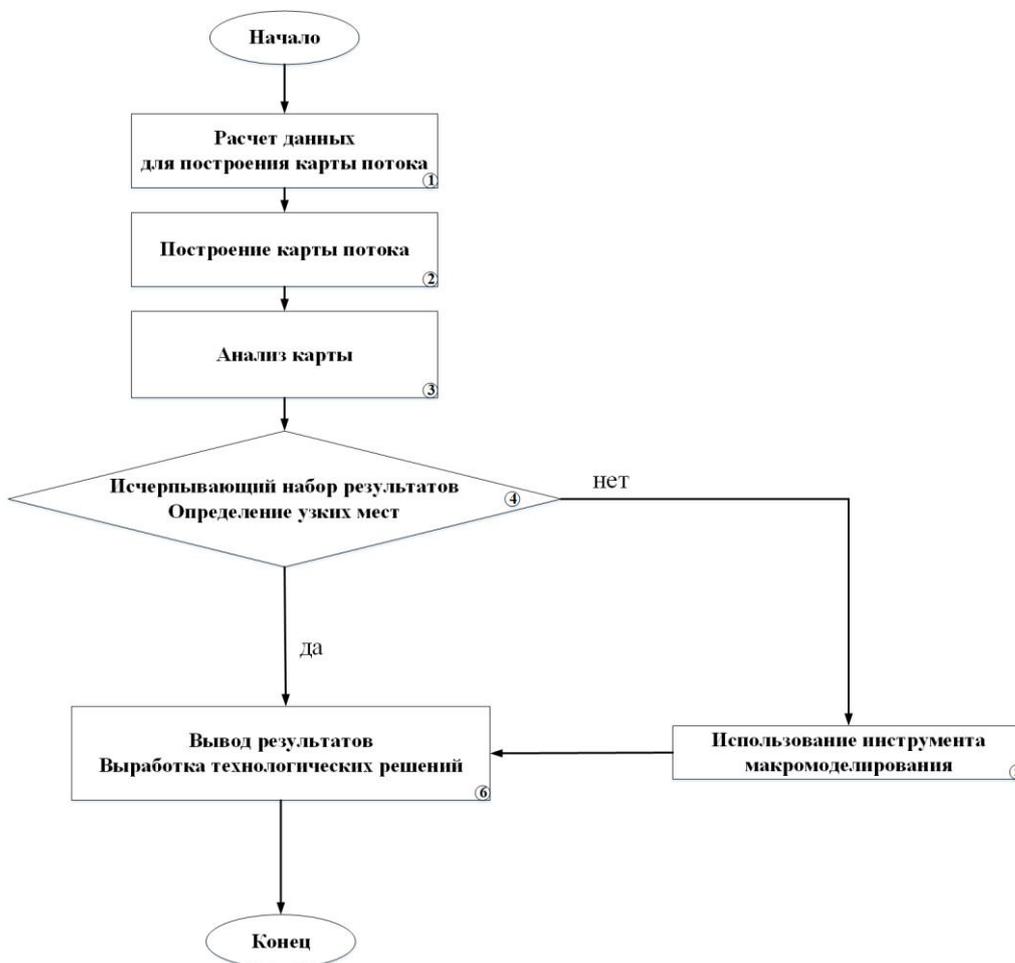


Рис 4. Алгоритм исследования транспортного узла с пассажирскими системами

Заключение

Для анализа загруженности элементов транспортного узла и определения его узких мест с целью повышения эффективности работы предлагается использование инструмента «бережливого производства» - картирования. Данный метод способствует выработке вариантов технологических решений, направленных на повышение качества обслуживания пассажиров в пересадочных узлах. В том случае, когда выявить уязвимые элементы в технологии систем большой размерности, используя карты потока, определить не удастся,

предлагается применение имитационного макро моделирования с целью получения исчерпывающего набора показателей и выработке оптимизирующих процедур для повышения качества управления перевозочным процессом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скалов К.Ю. Развитие транспортных узлов. Том I. Основные принципы построения и развития транспортных узлов / К.Ю. Скалов – М. : Транспорт, 1978. – 261 с.
2. Персианов, В.А. Смешанные железнодорожные перевозки / В. А. Персианов, С. В. Милославская. – М.: Транспорт, 1988. – 231 с.
3. Персианов В.А. Нынешние проблемы станций и узлов / В.А. Персианов, С.В. Милославская // Железнодорожный транспорт. – 1994. – №9. – С.2–15.
4. Козлова В. П. Транспортные узлы: основные этапы развития и их роль в транспортной системе России / В. П. Козлова // Вестник транспорта. – 2004. – № 11. – С. 32–36.
5. Числов, Н. Н. Выбор оптимального варианта размещения транспортно-технологической системы в железнодорожном узле / Н. Н. Числов, О. Н. Числов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2005. – № 2. – С. 84–89.
6. Владимирская, И. П. Оптимизация взаимодействия видов транспорта / И. П. Владимирская // Мир транспорта. – 2009. – Т. 7. – № 4(28). – С. 16–19.
7. Бородин, А. Ф. Проблемы комплексного развития железнодорожной инфраструктуры в припортовых транспортных узлах / А. Ф. Бородин // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 4(71). – С. 45–50.
8. Правдин Н.В. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы) / Н.В. Правдин, С.П. Вакуленко, А.К. Головнич – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2012. – 1086 с.
9. Козлов П.А. К теории транспортных узлов / П. А. Козлов, В. Ю. Пермикин, Н. В. Кашеева // Транспорт Урала. – 2013. – № 4(39). – С. 8–10.
10. Козлов П.А. О принципах расчёта транспортных узлов / П. А. Козлов, С. П. Вакуленко, В. П. Козлова, Н. Ю. Евреенова // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19. – № 4(95). – С. 6–12. – DOI 10.30932/1992-3252-2021-19-4-1.
11. Rotter H., New operating concepts for intermodal transport: The mega hub in Hanover/Lehrte in Germany. *Transportation Planning and Technology*. 2004. Vol. 27(5). P. 347–365. DOI: <https://doi.org/10.1080/0308106042000273022>
12. Nabais J.L., Negenborn R.R., Carmona Benítez R.B., Ayala Botto M., Achieving transport modal split targets at intermodal freight hubs using a model predictive approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2015. Vol. 60. P. 278–297. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.09.001>.
13. Rieck J., Ehrenberg C., Zimmermann J., Many-to-many location-routing with inter-hub transport and multi-commodity pickup-and-delivery. *European Journal of Operational Research*. 2014. Vol. 236 (3). P. 863–878. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.12.021>.
14. Kreuzberger E., Konings R., The challenge of appropriate hub terminal and hub-and-spoke network development for seaports and intermodal rail transport in Europe. *Research in Transportation Business and Management*. 2016. Vol. 19. P. 83–96. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2016.05.003>.
15. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года / утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. – №3363-р.
16. Козлов П.А. Макромоделирование транспортных узлов / П. А. Козлов, Н. А. Тушин, В. Ю. Пермикин, И. Г. Слободянюк // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 10. – С. 38–40.
17. Колокольников В.С. Структурно-функциональная оптимизация полигонов на сети железных дорог : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.22.08 / Колокольников Виталий Сергеевич; – Екатеринбург, 2021. – 36 с.

18. Положение «Об организации разработки и реализации проектов бережливого производства в ОАО «РЖД» № 488 от 30.07.2016 г. – 32 с.

REFERENCES

1. Skalov K.Yu. Razvitie transportnyh uzlov. Tom I. Osnovnye principy postroeniya i razvitiya transportnyh uzlov [Development of transport hubs. Volume I. Basic principles of construction and development of transport hubs] / K.Yu. Skalov – Moscow.: Transport, 1978. – 261 pp.
2. Persianov, V.A. Smeshannye zheleznodorozhnye perevozki [Mixed rail transportation] / V. A. Persianov, S. V. Miloslavskaya. – Moscow.: Transport, 1988. – 231 pp.
3. Persianov, V.A Nyneshnie problemy stancij i uzlov [Current problems of stations and nodes] / V. A. Persianov, S. V. Miloslavskaya // Zheleznodorozhnyj transport [Railway transport], 1994, No. 9, pp. 2–15.
4. Kozlova V. P. Transportnye uzly: osnovnye etapy razvitiya i ih rol' v transportnoj sisteme Rossii [Transport nodes: the main stages of development and their role in the transport system of Russia] / V. P. Kozlova // Vestnik transporta [Bulletin of transport], 2004, No. 11, pp. 32–36.
5. Chislov, N. N. Vybor optimal'nogo varianta razmeshcheniya transportno-tekhnologicheskoy sistemy v zheleznodorozhnom uzle [Selection of the optimal location of the transport and technological system in the railway hub] / N. N. Chislov, O. N. Chislov // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya [Bulletin of Rostov State University of Railway Transport], 2005, No. 2, pp. 84–89.
6. Vladimirskaia, I. P. Optimizaciya vzaimodejstviya vidov transporta [Optimization of Interaction of Railway and Sea Transport] / I. P. Vladimirskaia // Mir transporta [World of Transport and Transportation], 2009, Vol. 7, No. 4(28), pp. 16–19.
7. Borodin A.F. Problemy kompleksnogo razvitiya zheleznodorozhnoj infrastruktury v priportovyh transportnyh uzlah [Problems of integrated development of railway infrastructure in port transport hubs] / A. F. Borodin // Transport Rossijskoj Federacii [Transport of the Russian Federation], 2017, No. 4(71), pp. 45-50.
8. Pravdin N.V. Proektirovanie infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta (stancii, zheleznodorozhnye i transportnye uzly) [Design of railway transport infrastructure (stations, railway and transport hubs)] / N.V. Pravdin, S.P. Vakulenko, A.K. Golovnich – Moscow.: Ucheb.-metod. centr po obrazovaniyu na zh.-d. transp. [Training and Methodological Center for Education on Railway Transport], 2012. – 1086 pp.
9. Kozlov P.A. K teorii transportnyh uzlov [Toward transport hub theory] / P. A. Kozlov, V. Yu. Permikin, N. V. Kashcheeva // Transport Urala [Transport of the Urals], 2013, No. 4(39), pp. 8–10.
10. Kozlov P.A. O principah raschyota transportnyh uzlov [On the Principles of Design of Transport Nodes] / P. A. Kozlov, S. P. Vakulenko, V. P. Kozlova, N. Yu. Evreenova // Mir transporta [World of Transport and Transportation], 2021, Vol. 19, No. 4(95), pp. 6-12. – DOI 10.30932/1992-3252-2021-19-4-1.
11. Rotter H., New operating concepts for intermodal transport: The mega hub in Hanover/Lehrte in Germany. Transportation Planning and Technology. 2004. Vol. 27(5). pp. 347–365. DOI: <https://doi.org/10.1080/0308106042000273022>
12. Nabais J.L., Negenborn R.R., Carmona Benítez R.B., Ayala Botto M., Achieving transport modal split targets at intermodal freight hubs using a model predictive approach. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2015. Vol. 60. pp. 278–297. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.09.001>.
13. Rieck J., Ehrenberg C., Zimmermann J., Many-to-many location-routing with inter-hub transport and multi-commodity pickup-and-delivery. European Journal of Operational Research. 2014. Vol. 236 (3). pp. 863–878. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.12.021>.
14. Kreutzberger E., Konings R., The challenge of appropriate hub terminal and hub-and-spoke network development for seaports and intermodal rail transport in Europe. Research in Transportation

15. Transportnaya strategiya Rossijskoj Federacii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda [Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035] / utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 27 noyabrya 2021 g. [approved by the Government of the Russian Federation on November 27, 2021] – №3363-р.

16. Kozlov P.A. Makromodelirovanie transportnyh uzlov [Transport hubs macromodelling]/ P. A. Kozlov, N. A. Tushin, V. Yu. Permikin, I. G. Slobodyanyuk // Zheleznodorozhnyj transport [Railway transport], 2015, No.10, pp. 38-40.

17. Kolokolnikov V.S. Strukturno-funkcional'naya optimizaciya poligonov na seti zheleznyh dorog [Structural and functional optimization of polygons on the railroad network] : avtoreferat dis. ... doktora tekhnicheskikh nauk [abstract of the dissertation Doctor of Technical Sciences] : 05.22.08 / Kolokol'nikov Vitalij Sergeevich; – Yekaterinburg, 2021. – 36 pp.

18. Polozhenie «Ob organizacii razrabotki i realizacii proektov berezhlivogo proizvodstva v OAO «RZHD» № 488 ot 30.07.2016 g. [Regulation "On Organization of Development and Implementation of Lean Production Projects at Russian Railways" No. 488 of 30.07.2016] – 32 pp.

Информация об авторах

Тимухина Елена Николаевна - д. т. н., профессор, заведующая кафедрой «Управление эксплуатационной работой», Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, e-mail: ETimuhina@usurt.ru

Лесных Владислав Владиславович - аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой», Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, e-mail: VLesnyh@usurt.ru

Козлова Полина Олеговна – студент 5 курса, Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, e-mail: pkozlova14@gmail.com

Information about the authors

Elena Nikolaevna Timukhina – Doctor of Technical Science, Professor, Head of Department of Management of Exploitation Work, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, e-mail: ETimuhina@usurt.ru

Vladislav Vladislavovich Lesnykh – postgraduate student, Department of Management of Exploitation Work, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, e-mail: VLesnyh@usurt.ru

Polina Olegovna Kozlova – 5th year student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, e-mail: pkozlova14@gmail.com