

## ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДАХ

Дудкин Е.П.<sup>1</sup>, Черняева В.А.<sup>1</sup>, Доронищева С.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия

### Аннотация

Выход территориальных размеров городов за пределы зоны пешеходной доступности вызывает необходимость развития городского пассажирского транспорта. Городской транспорт – один из решающих факторов градообразования. Рельсовый транспорт – важный элемент транспортной системы любого крупного города. Имея возможность применения трамвая с различными вариантами организации движения, скорости сообщения, провозной способности, расположения относительно городской территории, конструктивными решениями в настоящее время трудно назвать эксплуатацию рельсового транспорта в городах России эффективной. Его роль в обеспечении пассажирских перевозок явно недооценивается. В первую очередь это связано с недостаточным нормативно-правовым и методическим обеспечением, с помощью которого можно было бы обосновать оптимальный вариант системы рельсового транспорта в городах.

**Ключевые слова:** городской рельсовый транспорт, трамвай, легкорельсовый транспорт, подвижной состав, пассажиропоток, методика проектирования систем рельсового транспорта.

*Работа выполнена при финансовой поддержке и в рамках международного образовательного проекта Евросоюза TEMPUS EcoBRU «Экологическое образование для Беларуси, России и Украины» (543707-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPHES).*

Выход территориальных размеров городов за пределы зоны пешеходной доступности вызывает необходимость развития городского пассажирского транспорта. Городской транспорт – один из решающих факторов градообразования.

Рельсовый транспорт – важный элемент транспортной системы любого крупного города. Сегодня он представлен во многих городах России.

Под городским рельсовым транспортом, прежде всего, понимается трамвай. Он является уличным рельсовым видом транспорта с общим, обособленным или выделенным путевым полотном в основном наземного исполнения (рис. 1).

статочно широко. Анализируя опыт применения трамвая в городах России и за рубежом, можно выделить следующие варианты применения трамвая в городах:

- применение обычного трамвая (скорость сообщения менее 24 км/ч) в Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Нижнем Новгороде, Самаре, Рязани, Саратове и многих других городах;
- эксплуатация скоростного трамвая, скорость которого составляет более 24 км/ч;
- проектирование подземных участков линий трамвая (рис. 2).



Рис. 1. Трамвай в Санкт-Петербурге



Рис. 2. Подземный трамвай в Волгограде

Во многих странах мира трамвай представлен до-

- применение легкорельсового транспорта (LRT). LRT в отличие от метрополитена и железной дороги характеризуется меньшими габаритами и грузоподъемностью. Данный вид транспорта характе-

ризуется более низкой стоимостью строительства, чем метрополитен. Это достигается за счёт использования вагонов, имеющих геометрические параметры трамвая, но с нижним расположением токосъёма. Принципиальным отличием систем легкорельсового транспорта является допустимость одноуровневых пересечений с неинтенсивными транспортными потоками, при условии приоритета LRT. Легкорельсовый транспорт можно увидеть в Канаде, США, Великобритании и др. (рис. 3).



Рис. 3. LRT в Нью-Джерси, США

- применение надземного трамвая. Его ещё называют эстакадным. Особенностью надземного трамвая является отсутствие пересечений в одном уровне с действующими магистралями (рис. 4).



Рис. 4. Надземный трамвай в г. Берген

Учитывая, что имеется возможность применения трамвая с различными вариантами организации движения, скорости сообщения, провозной способности, расположения относительно городской территории, конструктивными решениями, трудно в настоящее время назвать эксплуатацию рельсового транспорта в городах России эффективной. Его роль в обеспечении пассажирских перевозок явно недооценивается. В первую очередь это связано с недостаточным нормативно-правовым и методическим обеспечением, с по-

мощью которого можно было бы обосновать оптимальный вариант системы рельсового транспорта в городах.

В увязке с зарубежным и отечественным опытом проектирования транспортных систем городов методика проектирования системы рельсового транспорта должна осуществляться на четырёх уровнях (рис. 5).

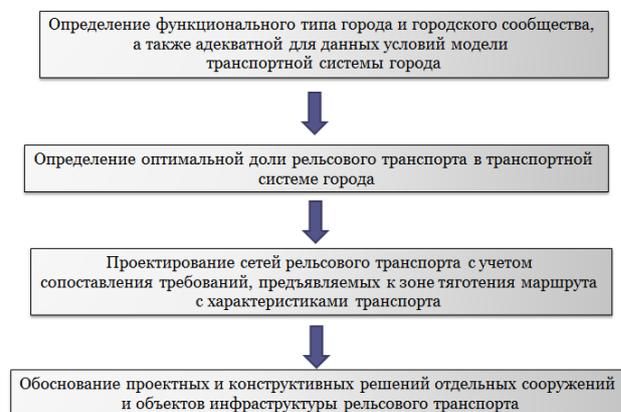


Рис. 5. Методика проектирования системы рельсового транспорта

Отечественный опыт проектирования систем рельсового транспорта в городах показывает достаточно высокие результаты на четвертом, заключительном этапе. Однако на предшествующих уровнях в методологической базе можно выделить ряд проблем.

1. При создании сетей общественного транспорта, особенно в городах, важно принять во внимание интересы всех заинтересованных сторон. Каждый вид городского общественного транспорта, в зависимости от технических характеристик, должен исполнять ту роль, в рамках которой он наиболее эффективен. Главная задача транспорта – это перевозка пассажиров оптимальным способом. Очень важно соответствие провозной способности конкретного вида транспорта имеющемуся и прогнозируемому пассажиропотоку.

Анализируя зарубежный и отечественный опыт конструирования подвижного состава, закономерности распределения перевозок в городах можно определить долю перевозок, приходящуюся на рельсовый транспорт в зависимости от средней напряжённости пассажиропотока на маршрутах (рис. 6-10). Средняя напряжённость пассажиропотока на маршрутах является наиболее общим показателем, характеризующим численность населения, планировочные особенности, уровень экономического развития городов.

Таким образом, трамвай с различной вместимостью является одним из видов городского транспорта, который может успешно функционировать в различных городах с интервалом изменения средней напряжённости пассажиропотока от 3 до 65 тыс. пасс. км/км в сутки (рис. 6-10).

2. Выбор и обоснование вида транспорта для конкретного маршрута, обоснование начертания сетей

городского транспорта в 70-80 гг. 20 века производилось согласно типовой методике определения экономической эффективности капитальных вложений и новой технике, т. е. только по приведённым строительно-эксплуатационным затратам.

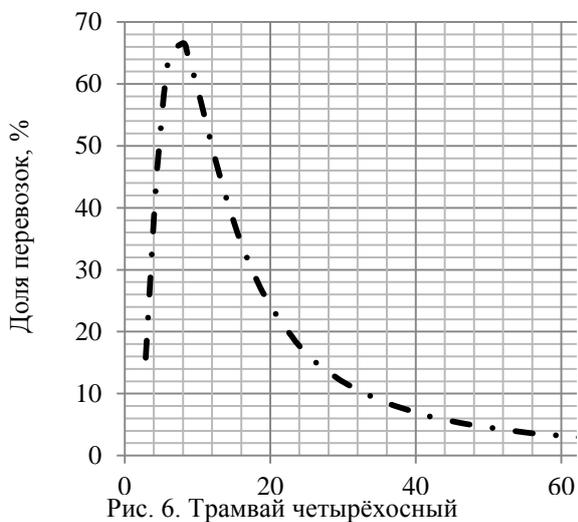


Рис. 6. Трамвай четырёхосный

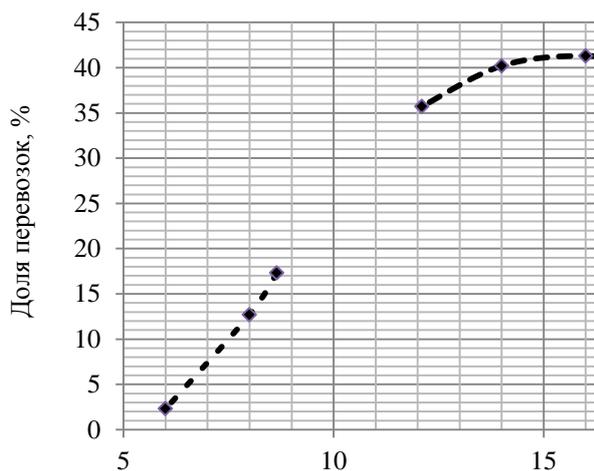


Рис. 7. Трамвай шестиосный сочленённый

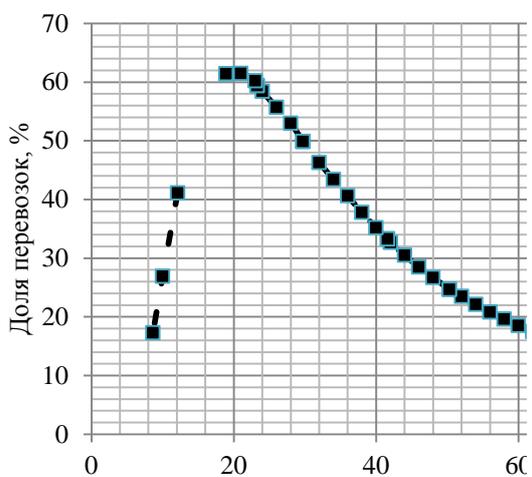


Рис. 8. Трамвай восьмиосный сочленённый

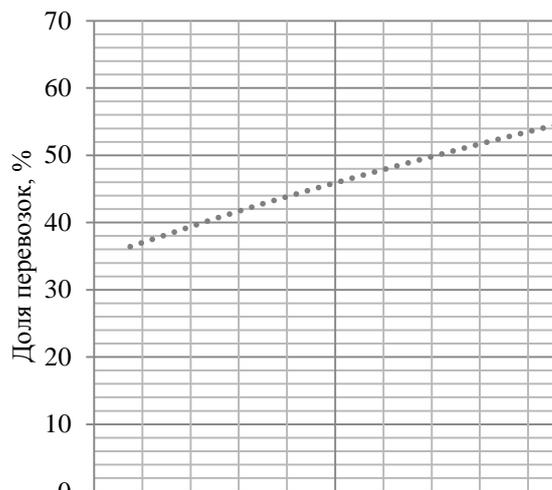


Рис. 9. LRT (4 вагона)

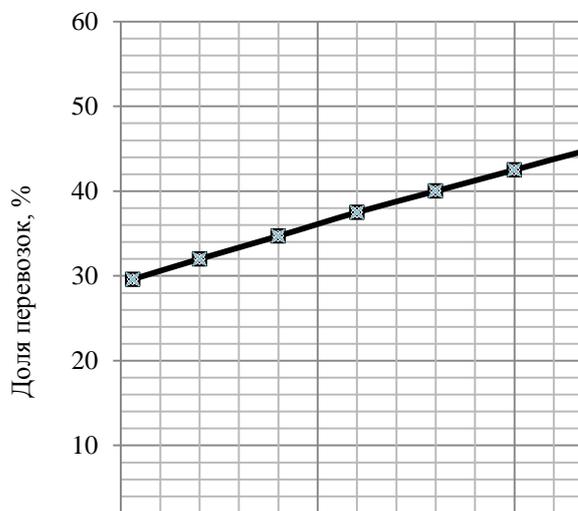


Рис. 10. LRT (6 вагонов)

Для всех видов транспорта строились графики зависимости строительно-эксплуатационных затрат от величины пассажиропотока. Пересечения графиков между собой показывали области рационального использования различных видов транспорта. Дополнительные факторы не учитывались, так как носили качественный характер. Таким образом, определились рекомендации по использованию обычного трамвая – на улицах с пассажиропотоками 5-10 тыс. пасс/ч в одном направлении с выводом трамвайного движения на обособленное полотно, и скоростного трамвая – при величине пассажиропотока свыше 10 тыс. пасс/ч в одном направлении.

При проектировании и обосновании социально значимых объектов, к которым непосредственно относятся все виды городского транспорта, в том числе трамвай, помимо капитальных вложений и эксплуатационных затрат необходим учёт социально-экономических эффектов и затрат, возникающих при реализации проекта. Техничко-экономическое обоснование решений по развитию существующих и строи-

тельству новых линий городского рельсового транспорта необходимо осуществлять в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов».

3. Также следует иметь в виду, что условия городской среды накладывают определённые ограничения. Например, расположение строений может стеснять пространство, необходимое для прокладки линии, а конфигурация перекрёстков – обуславливать недопустимое уменьшение радиусов кривых. В таких случаях единственной альтернативой является вывод линии за пределы дорожного полотна или уличной проезжей части путём строительства путепроводов или проходки тоннелей.

Таким образом, при проектировании и обосновании сети рельсового транспорта необходимо учитывать его влияние на городскую среду, расположенную в зоне тяготения рассматриваемого маршрута.

Показатель тяготения маршрутов определяется как суммарное количество населения города, проживающего в зоне действия маршрута, а также трудящихся, студентов вузов и колледжей, посетителей заведений, предприятий и учреждений, находящихся в зоне маршрута.

Одним из основных показателей, определяющих размеры зоны тяготения транспортной магистрали, является доступность остановок общественного транспорта, обычно выражаемая в дальности пешеходных подходов. Согласно нормативным требованиям, дальность пешеходных подходов до ближайшей остановки общественного пассажирского транспорта следует принимать не более 500 м, в районах индивидуальной усадебной застройки дальность до ближайшей остановки может быть увеличена в больших, крупных и крупнейших городах до 600 м (рис. 11).

Однако представленные требования являются относительными, так как не учитывают особенности развития транспортной сети (количество маршрутов, интервалы движения), что зачастую определяется структурой города, делением его на административные районы, зоны жилой застройки («спальные районы»), производственные зоны, рекреационные зоны. То есть размеры зоны тяготения линии городского общественного транспорта, и, соответственно, степень его влияния на прилегающую городскую территорию и количество жителей, находящихся в этой зоне продолжительное время будет неодинаково. Транспортным сетям разной густоты и скорости соответствует разная плотность размещения объектов, обслуживаемых транспортом. При стихийном саморазвитии плотность населения вблизи скоростных магистралей обычно выше и застройка гуще. Чем плотнее транспортная сеть территории, тем меньше влияние оказывает она на размещение производственных предприятий, и, наоборот, а влияние магистральных звеньев настолько велико, что большая часть промышленных узлов оказывается «стянутой» к магистрали. В этом проявляется большая структурообразующая способность технически совершенных транспортных магистралей.



Рис. 11. Зона тяготения трамвайных путей на 1-й Красноармейской улице, г. Санкт-Петербург

Территорию города можно условно дифференцировать по характеру, типу и условиям её использования: селитебная, промышленная, рекреационная (рис. 12). Однако в последние десятилетия наблюдается увеличение занятости населения в сфере управления и обслуживания, в учреждениях, которые по условиям своего размещения в городе больше тяготеют к центру, чем к обособленным производственным зонам. Концентрация рабочих мест охватывает и промышленные районы, и общегородской центр, и жилые районы города.

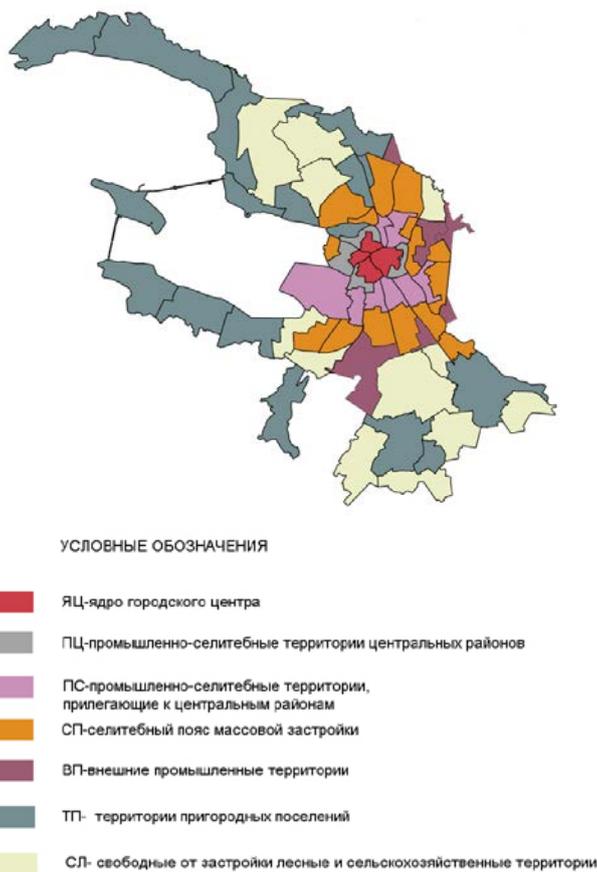


Рис. 12. Функционально-планировочная структура Санкт-Петербурга

Для каждой зоны характерны плотность населения, санитарно-гигиенические требования по уровню шума и вибрации, предельные нормы отвода земель под объекты транспортной инфраструктуры и т. д. Все эти особенности необходимо учитывать при обосновании выбора вида транспорта, работающего на маршрутах и определении эффективной области применения различных видов транспорта по городу в целом.

Кроме особенностей функционального зонирования территории города при проектировании сети рельсового транспорта, необходимо учитывать степень влияния каждой отдельной характеристики городского транспорта на городскую среду, расположенную в зоне тяготения.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что современный трамвай может достаточно укрепить свои позиции, особенно на тех городских территориях, где пассажирские потоки достаточно велики, а строительство метрополитена признается неоправданным. Совершенствование методической и нормативно-правовой баз позволит обосновать и повысить области эффективного применения трамвая в городах.

#### Список литературы

- СП 98.13330.2012 Трамвайные и троллейбусные линии.
- Дудкин Е.П., Левадная Н.В., Черняева В.А. Комплексный подход к выбору и обоснованию вида городского транспорта // Бюллетень результатов научных исследований. 2013. №3(8). С. 4-13.
- Черняева В.А., Левадная В.А. Анализ факторов проектирования транспортных систем городов // Наука и образование XXI века / Сборник статей международной науч.-практ. конференции. Уфа: БГУ, 2013. С. 280-284.
- Черняева В.А., Левадная Н.В., Дудкин Е.П. Современный подход при определении транспортных систем городов // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. №3. С. 64-71.
- Лосин Л.А., Левадная Н.В., Черняева В.А. Определение приоритетов развития общественного пассажирского транспорта в городах // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2013. №4. С. 43-47.
- Дудкин Е.П., Параскевопуло Ю.Г., Султанов Н.Н., Параскевопуло Г.Ю. Городской рельсовый транспорт: инновационные конструкции трамвайного пути на выделенной полосе // Транспорт Российской Федерации. 2013 № 4(47). С. 51-54.
- Дудкин Е.П., Черняева В.А. Проблемы охраны труда и геологической опасности городского транспорта // Технологии техносферной безопасности. 2014. №1(53). С. 29.
- Левадная Н.В., Черняева В.А. Рациональные меры и средства снижения городского шума // Транспорт Российской Федерации. 2014. №4(53). С. 76-78.
- Дудкин Е.П., Параскевопуло О. Г., Параскевопуло Ю. Г. Современные скоростные системы рельсового городского транспорта. СПб.: ПГУПС, 2008. 158 с.
- Дудкин Е.П., Коклева Н.Е., Левадная Н.В. Анализ транспортной системы Санкт-Петербурга и возможности повышения в ней роли пригородных железных дорог // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2004. №2. С. 89-97.
- Дудкин Е.П., Параскевопуло Ю.Г., Султанов Н.Н., Параскевопуло Г.Ю. Городской рельсовый транспорт. Инновационные конструкции трамвайного пути на выделенном полотне // Транспорт Российской Федерации. 2013. №4(47). С. 51-53.
- Сутырин Н.М. Муниципальное планирование / Под ред. В.Е. Рохчина и В.С. Чекалина. СПб.: СПбГИЭА, 1996. 137 с.
- Котиков Ю.Г. Основы системного анализа транспортных систем. СПб.: СПбГАСУ, 2001. 264 с.
- Страментов А.Е., Сосянц В.Г., Фишельсон М.С. Городской транспорт и организация движения. М.: МКХ РСФСР. 1960. 352 с.
- Поляков А.А. Городское движение и планировка улиц. М., Л.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре. 1953. 251 с.
- Фрыгин А.Б. Особенности функционирования пассажирского транспорта в условиях современного состояния местных бюджетов: Автореф. дис... канд. эконом. наук. МАДИ. М.: МАДИ, 1999. 21 с.

Материал поступил в редакцию 29.01.16

## INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

### THE MAIN ASPECTS OF THE DESIGN OF RAIL SYSTEMS IN CITIES

**Dudkin Evgenii Pavlovich** – D.Sc. (Eng.), Professor

Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I, Russia. E-mail: ed@pgups-TEMPUS.ru

**Chernyaeva Viktoriya Andreevna** – Ph.D. (Eng.), Teaching Assistant

Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I, Russia. E-mail: vika2023339@yandex.ru

**Doronicheva Svetlana Andreevna** – Postgraduate Student

Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I, Russia. Phone: +7-911-957-79-59. E-mail: 92.lana@mail.ru

#### Abstract

The expansion of the territorial size of the cities to areas beyond the walking distance necessitates the development of urban passenger transport. Urban transport is one of the decisive factors of city planning. Rail transport is an important element of the transportation system of any big city. Having the ability to use trams with different variants of the organization of movement, speed of communication, capacity and location relative to urban area, constructive solutions at the present time it is difficult to name operation of rail transport in Russia effective. Its role in ensuring passenger transport is clearly underestimated. Primarily, this is due to insufficient regulatory and methodological support, which could prove the best option rail systems in the cities.

**Keywords:** rail transport, tram, light rail, rolling stock, ridership, methods for designing systems of rail transport.

*This research is supported by Tempus Project «Ecological Education for Belarus, Russia and Ukraine» - «EcoBRU» (543707-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPHES).*

#### References

- SP 98.13330.2012 Tramvajnye i trolleybusnye linii [Tram and trolleybus lines]. (In Russ.)
- Dudkin E.P., Levadnaya N.V., Chernyaeva V.A. Kompleksnyj podhod k vyboru i obosnovaniyu vida gorodskogo transporta [An integrated approach to the selection and justification of urban transport system] // Byulleten' rezul'tatov nauchnyh issledovanij [Bulletin of results of scientific researches]. 2013, no.3, Vol.8, pp. 4-13. (In Russ.)
- Chernyaeva V.A., Levadnaya N.V. Analiz faktorov proektirovaniya transportnyh sistem gorodov [Analysis of factors in the design of transport systems of cities] // Nauka i obrazovanie XXI veka [Science and education in the XXI century] / Sbornik statej mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konferencii [Collection of papers of international scientific-practical conference]. Ufa: BGU, 2013, pp. 280-284. (In Russ.)
- Chernyaeva V.A., Levadnaya N.V., Dudkin E.P. Sovremennyy podhod pri opredelenii transportnyh sistem gorodov [The modern approach in determining the transport systems of cities] // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of Russian Transport Complex]. 2013, no.3, pp. 64-71. (In Russ.)

5. Losin L.A., Levadnaya N.V., Chernyaeva V.A. Opredelenie prioritetrov razvitiya obshchestvennogo passazhirskogo transporta v gorodah [The definition of priorities of development of public passenger transport in cities] // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya [Proceedings of the St. Petersburg Transport University]. 2013, no.4, pp. 43-47. (In Russ.)
6. Dudkin E.P., Paraskevopulo Yu.G., Sultanov N.N., Paraskevopulo G.Yu. Gorodskoj rel'sovoj transport: innovacionnye konstrukcii tramvajnogo puti na vydelennoj polose [Rail transport: innovative design of the tram tracks to a dedicated lane] // Transport Rossijskoj Federacii [Transport of Russian Federation]. 2013, no.4, Vol. 47, pp. 51-54. (In Russ.)
7. Dudkin E.P., Chernyaeva V.A. Problemy ohrany truda i geoehologicheskoy opasnosti gorodskogo transporta [Problems of labour protection and geo-environmental hazards of urban transport] // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti [Technology technosphere safety]. 2014, no.1, Vol.53, p. 29. (In Russ.)
8. Levadnaya N.V., Chernyaeva V.A. Racional'nye mery i sredstva snizheniya gorodskogo shuma [Rational measures and means to reduce the noise of the city] // Transport Rossijskoj Federacii [Transport of Russian Federation]. 2014, no.4, Vol.53, pp. 76-78. (In Russ.)
9. Dudkin E.P., Paraskevopulo O.G., Paraskevopulo Yu.G. Sovremennye skorostnye sistemy rel'sovogo gorodskogo transporta: monografiya [Modern high-speed rail system of urban transport: a monograph]. St. Petersburg: PGUPS, 2008, 158 p. (In Russ.)
10. Dudkin E.P., Kokleva N.E., Levadnaya N.V. Analiz transportnoj sistemy Sankt-Peterburga i vozmozhnosti povysheniya v nej roli prigorodnyh zhelezných dorog [Analysis of the transport system of St. Petersburg and in the suburban Railways] // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya [Proceedings of the St. Petersburg Transport University]. 2004, no.2, pp. 89-97. (In Russ.)
11. Dudkin E.P., Paraskevopulo Yu.G., Sultanov N.N., Paraskevopulo G.Yu. Gorodskoj rel'sovoj transport: innovacionnye konstrukcii tramvajnogo puti na vydelennoj polose [Rail transport: innovative design of the tram tracks to a dedicated lane] // Transport Rossijskoj Federacii [Transport of Russian Federation]. 2013, no.4, Vol.47, pp. 51-54. (In Russ.)
12. Sutyryn N.M. Planovoe regulirovanie razvitiya transportnogo kompleksa goroda [The planned regulation of the development of transport complex of the city]. St. Petersburg: SPbGIA, 1996, 137 p. (In Russ.)
13. Kotikov Yu. G. Osnovy sistemnogo analiza transportnyh sistem: ucheb. posobie [Fundamentals of systems analysis transportation systems: a training manual]. St. Petersburg: SPbGASU, 2001, 264 p. (In Russ.)
14. Stramentov A.E., Sosyanc V.G., Fisel'son M.S. Gorodskoj transport i organizaciya dvizheniya [Urban transport and traffic management]. Moscow, 1960, 352 p. (In Russ.)
15. Polyakov A.A. Gorodskoe dvizhenie i planirovka ulic [City traffic and layout of streets]. Moscow, Leningrad, 1953, 251 p. (In Russ.)
16. Frygin A. B. Osobennosti funkcionirovaniya passazhirskogo transporta v usloviyah sovremennogo sostoyaniya mestnyh byudzhetrov: avtoreferat. [Peculiarities of functioning of passenger transport in the conditions of a modern status of local budgets: the abstract]. Moscow: MADI, 1999, 21 p.

Received 29/01/16

Дудкин Е.П., Черняева В.А., Доронищева С.А. Основные аспекты проектирования систем рельсового транспорта в городах // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т.6. №1. С. 38-43

Dudkin E.P., Chernyaeva V.A., Doronicheva S.A. The main aspects of the design of rail systems in cities // *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii* [Modern Problems of Russian Transport Complex]. 2016, vol. 6, no. 1, pp. 38-43