

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-2-150-157>

УДК 656

Анализ развития различных видов городского электрического транспорта в Полоцке и Новополоцке

Докт. техн. наук Д. В. Капский¹⁾, В. Н. Кузьменко¹⁾,
А. С. Красильникова¹⁾, С. С. Семченков¹⁾,
канд. техн. наук, доц. Е. Н. Кот¹⁾, докт. техн. наук, проф. О. Н. Ларин²⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь),

²⁾Российский университет транспорта (Москва, Российская Федерация)

© Белорусский национальный технический университет, 2022
Belarusian National Technical University, 2022

Реферат. Рассмотрены варианты уменьшения экологических потерь в Полоцке и Новополоцке за счет развития систем троллейбусного и трамвайного движения – различных видов городского электрического транспорта. С целью сокращения затрат на создание транспортной (в том числе и зарядной) инфраструктуры, а также на эксплуатационные издержки определена эффективность таких систем при использовании не только классических видов транспорта, но и гибридных автобусов, электробусов, дуобусов. Разработаны подходы и способы повышения качества обслуживания пассажиров без ухудшения экологической обстановки – это станет возможным благодаря развитию трамвайного и троллейбусного движения в Полоцке и Новополоцке. Приведены варианты сценариев использования различных видов городского электрического транспорта в исследуемых городах, которые снизят капиталовложения в транспортные средства и расходы на создание эксплуатационной базы за счет имеющихся производственных мощностей, например трамвайного парка. Кроме того, это позволит создать и организовать уникальную агломерационную рельсовую пассажирскую систему, которая может стать одним из способов развития туристического потенциала Полоцка и Новополоцка. Предложения, изложенные в статье, направлены на улучшение экологической ситуации в этих городах за счет уменьшения объема выбросов вредных веществ автобусами, особенно на центральных улицах.

Ключевые слова: экологические потери, трамвай, троллейбус, электробус, гибридный автобус, дуобус, городской электрический транспорт

Для цитирования: Анализ развития различных видов городского электрического транспорта в Полоцке и Новополоцке / Д. В. Капский [и др.] // *Наука и техника*. 2022. Т. 21, № 2. С. 150–157. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-2-150-157>

Analysis of Development of Various Types of Urban Electric Transport in Polotsk and Novopolotsk

D. V. Kapskiy¹⁾, V. N. Kuzmenko¹⁾, A. S. Krasilnikava¹⁾,
S. S. Semchenkov¹⁾, E. N. Kot¹⁾, O. N. Larin²⁾

¹⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus),

²⁾Russian University of Transport (Moscow, Russian Federation)

Abstract. The paper considers options for reducing environmental losses in Polotsk and Novopolotsk through the development of trolleybus and tram systems – various types of urban electric transport. In order to reduce the costs of creating

Адрес для переписки

Капский Денис Васильевич
Белорусский национальный технический университет
ул. Я. Коласа, 12,
220013, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 331-05-48
oapdd_atf@bntu.by

Address for correspondence

Kapskiy Denis V.
Belarusian National Technical University
12, Ya. Kolasa str.,
220013, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 331-05-48
oapdd_atf@bntu.by

transport (including charging) infrastructure, as well as operating costs, the effectiveness of such systems has been determined when using not only classic types of transport, but also hybrid buses, electric buses, duo-buses. Approaches and methods have been developed to improve the quality of passenger service without deteriorating the environmental situation – this will become possible thanks to the development of tram and trolleybus traffic in Polotsk and Novopolotsk. Variants of scenarios for the use of various types of urban eclectic transport in the cities under study are presented, which will reduce investment in vehicles and the cost of creating an operational base at the expense of existing production facilities, for example, a tram fleet. In addition, this will make it possible to create and organize a unique agglomeration rail passenger system, which can become one of the ways to develop the tourist potential of Polotsk and Novopolotsk. The proposals outlined in the paper are aimed at improving the environmental situation in these cities by reducing the volume of emissions of harmful substances by buses, especially on the central streets.

Keywords: environmental losses, tram, trolley bus, electric bus, hybrid bus, duobus, urban electric transport

For citation: Kapskiy D. V., Kuzmenko V. N., Krasilnikava A. S., Semchenkov S. S., Kot E. N., Larin O. N. (2022) Analysis of Development of Various Types of Urban Electric Transport in Polotsk and Novopolotsk. *Science and Technique*. 21 (2), 150–157. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-2-150-157> (in Russian)

Введение

Сегодня продолжается поиск вариантов повышения экологической безопасности дорожного движения [1–4]. Многие страны, в том числе Беларусь, стремятся изменить баланс производства и потребления энергии в пользу электрической. США, Япония, Корея, Германия, Англия, Франция, Китай и другие государства включили освоение гибридных и электрических технологий на транспорте в число национальных приоритетов и оказывают этому направлению серьезную господдержку [3–6].

В ближайшие десятилетия будут развиваться источники альтернативной энергии, расти требования к экологии, в том числе за счет применения различных видов городского электрического транспорта [4, 6–12], обзор основных характеристик которых приведен в табл. 1.

В настоящее время в Республике Беларусь налажено собственное производство трамваев, троллейбусов, троллейбусов-электробусов и электробусов, которые в статье рассмотрены как возможные перспективные виды городского электрического транспорта для Полоцка и Новополоцка.

Таблица 1

Основные характеристики различных видов городского электрического транспорта

Main characteristics of various types of urban electric transport

Показатель	Трамвай	Троллейбус	Троллейбус-электробус	Гибридный автобус	Электробус
Скорость	+	–	–	–	–
Обособленность от автомобильного потока	+	–	–	–	–
Доступность, сокращение и оптимизация пересадок	+	+	+	+	+
Комфорт для пассажиров	+	+	+	+/-	+
Безопасность	+	+/-	+/-	+/-	+/-
Выполнение расписания	+	+/-	+/-	+/-	+/-
Экономичность	+	–	–	–	–
Экологическая чистота	+	+/-	+/-	+/-	+/-
Привлекательность для пассажиров	+	–	+/-	–	+/-
	(«Трамвай – символ города»)		(Необычное решение)		(Необычное решение)
Обозначения: «+» – характерный признак; «–» – нехарактерный признак; «+/-» – характеризуется частично.					

Оценка возможности использования троллейбусов и электробусов в Полоцке и Новополоцке

Оценка возможности использования различных видов городского электрического транспорта для Полоцка выполнена на примере автобусного маршрута № 4 «Мариненко – Боровуха-3». Трасса этого маршрута проходит по улицам Мариненко, П. Бровки, Юбилейной, Октябрьской, Гоголя, Коммунистической, Е. Полоцкой, Космонавтов и Вологина. Протяженность маршрута составляет 25,19 км, время движения автобуса в прямом и обратном направлениях по 40 мин. Действующим расписанием предусмотрено выполнение 124 рейсов, в том числе 62 рейсов в прямом и 62 – в обратном направлениях. Маршрут работает с 5:00 до 0:45. Наибольшая частота движения на маршруте, когда для обслуживания пассажиров одновременно используется девять транспортных средств, с 6:00 до 8:00 и с 16:00 до 18:00. В укрупненных расчетах принимаем, что депо для электротранспорта будет расположено в существующем автобусном парке № 2 на ул. Строительной.

Оценку возможности использования различных видов городского электрического транспорта для Новополоцка выполняли на примере автобусного маршрута № 4 «Подкастельцы – Больничный городок». Трасса маршрута проходит по улицам Молодежной, Ктаторова, Слободской, Гайдара в прямом и улицам Гайдара и Молодежной в обратном направлениях. Протяженность маршрута составляет 14,92 км, время движения автобуса в прямом направлении 25 мин, в обратном 24 мин. Действующим расписанием предусмотрено выполнение 106 рейсов (по 53 рейса в прямом и обратном направлениях). Маршрут работает с 8:24 до 23:52.

Наибольшая частота движения на маршруте, когда для обслуживания пассажиров используется одновременно пять транспортных средств, с 17:00 до 19:00. В укрупненных расчетах принимаем, что депо для электротранспорта будет расположено на ДС «Подкастельцы».

Суммарные капиталовложения (укрупненно) в инфраструктуру и транспортные средства (электробусы ОС, троллейбусы IMF и ИМС) для условного маршрута протяженностью 25 км приведены на рис. 1. При расчете капиталовложений учитывали стоимости контактной сети (КС), тяговых подстанций, зарядных станций и непосредственно транспортных средств. Затраты на стоимость проектирования и подрядных работ, на оборудование остановочных пунктов и создание базы для обслуживания и ремонта транспортных средств на предприятиях транспорта в расчетах не учитывали.

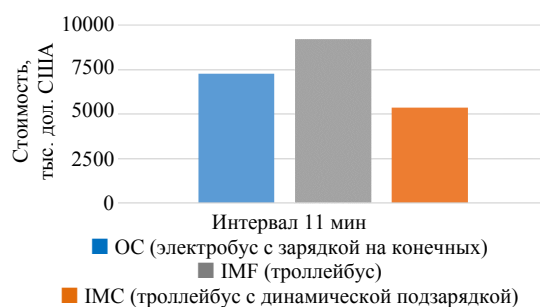


Рис. 1. Капиталовложения в инфраструктуру и транспортные средства на условном маршруте протяженностью 25 км с интервалом 11 мин

Fig. 1. Investment in infrastructure and vehicles on a conditional route length of 25 km with an interval of 11 min

Основные параметры маршрута № 4 в Новополоцке при использовании различных видов городского электрического транспорта приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры маршрута № 4 в Новополоцке при использовании различных видов городского электрического транспорта
Parameters of route No 4 in Novopolotsk when using various types of urban electric transport

Вид транспорта	Количество транспортных средств		Минимальное время оборотного рейса, мин	Средняя эксплуатационная скорость, км/ч	Протяженность участка, км	
	на маршруте	всего			с КС	без КС
Троллейбус IMF	5	7	54	16,58	14,92	0
Троллейбус ИМС	5	7	54	16,58	2,53*	12,39
Электробус ОС	7	9	67	13,36	0	14,92

* Строительство КС на участке ДС «Подкастельцы» – ОП «Василевцы».

Перспективы использования трамваев в Новополоцке и Полоцке

Трамвай – старейший вид транспорта, появившийся в начале XIX в. В мировой практике известны примеры его использования для городских, пригородных, междугородних и международных перевозок. Чтобы оставаться привлекательным для пассажиров как вид транспорта, трамвай должен быть безопасен, удобен и комфортен, а также иметь высокую скорость сообщения.

Предлагаемый базовый сценарий развития трамвайной сети в Новополоцке и Полоцке включает две крупные стадии с выделением в каждой нескольких этапов [12].

1. Развитие трамвайной сети в Новополоцке (обслуживание всех новых участков трамваями, имеющимися в трамвайном парке города).

Этап 1.1. Продление трамвайной линии от конечной станции «Измеритель» до микрорайона № 8 (6 км пути в однопутном измерении).

Этап 1.2. Продление трамвайной линии от остановочного пункта «Автобаза» до ОАО «Нафтан» (5 км пути в однопутном измерении).

Этап 1.3. Продление трамвайной линии от остановочного пункта «Техникум» по ул. Слободской до Больничного городка (конечная станция «Больница», 3 км пути в однопутном измерении).

Для реализации всех этапов данной стадии не требуется приобретение дополнительных транспортных средств, поскольку существующий в Новополоцке инвентарный парк позволяет увеличить количество трамваев, выпускаемых на линию, с 8 до 14 единиц на этапе 1.1, с 14 до 20 – на этапе 1.2, с 20 до 23 единиц – на этапе 1.3. На каждом из этапов имеющиеся в парке трамваи будут задействованы в различных комбинациях маршрутов, связывающих микрорайон № 8 с ОАО «Нафтан», заводом «Полимир» и районом больницы.

2. Агломерация – расширение сети в Полоцке.

Этап 2.1. Продление трамвайной линии от микрорайона № 8 в Новополоцке через малоэтажную застройку д. Экимань до Вильнюсского шоссе в Полоцке со строительством ко-

нечной станции у ТЦ «Манеж» (с тупиком для оборота трамваев), приобретение двусторонних трамваев для обслуживания нового агломерационного маршрута.

Этап 2.2. Продление трамвайной линии по территории Полоцка от Вильнюсского шоссе по улице М. Богдановича через реку Западную Двину до восточной части жилого района Аэродром со строительством конечной станции (с тупиком для оборота трамваев).

Этап 2.3*. В случае принятия положительного решения о строительстве нового моста через Западную Двину в районе ДС «Подкастельцы» становится возможным продление трамвайной линии до восточной части микрорайона Аэродром Полоцка через новый мост со строительством конечной станции с тупиком для оборота трамваев у пересечения с улицей М. Богдановича в Полоцке.

Этап 2.4. Продление трамвайной линии по территории Полоцка от ТЦ «Манеж» по улицам П. Бровки, Юбилейной (через реку Западную Двину), проспекту Скорины, улице Гоголя до железнодорожного вокзала Полоцка со строительством конечной станции (с тупиком для оборота трамваев).

Альтернативный сценарий предусматривает обустройство на конечных станциях «Микрорайон № 8», «Нафтан» и «Больница» (этапы 1.1, 1.2, 1.3 базового сценария развития трамвайной сети) оборотных тупиков без организации разворотных колец. Для работы такой линии необходимы приобретение и организация обслуживания двусторонних трамваев.

Характеристики выпускаемых в Республике Беларусь трамваев, которые могут рассматриваться для использования при реализации этапов 2.1–2.4, приведены в табл. 3. Для сравнения в табл. 4 представлены затраты энергии по различным показателям трамваями 2хАКСМ-802 и АКСМ-84300М в летнее и зимнее время.

* Этап 2.3 не может рассматриваться как замена этапа 2.1 в организации связи между Новополоцком и Полоцком, так как реализация этапа 2.3 без реализации 2.1 исключит из зоны обслуживания трамваями в сообщении «Новополоцк – Полоцк» городскую больницу Полоцка, пересадочный узел в районе ТЦ «Манеж» в Полоцке и, по предварительной оценке, приведет к значительному снижению пассажиропотока для трамвая.

Характеристики трамваев, выпускаемых в Республике Беларусь

Characteristics of trams produced in the Republic of Belarus

Тип транспортного средства	Одиночный трамвай	Сочлененный трамвай		
		АКСМ-84300М	АКСМ-845	Stadler-B85300М
Модель транспортного средства	АКСМ-802	АКСМ-84300М	АКСМ-845	Stadler-B85300М
Возможность двустороннего движения (организация оборота трамваев на конечных станциях без строительства разворотных колец)	+	+	+	+
Пассажировместимость, чел.	114	176	176	181
Срок службы, лет	15 (20)*			
Стоимость транспортного средства, дол.	430000	1647000	850000	1200000–1870000
Производитель	«Белкоммунмаш», Беларусь			«Штадлер», Беларусь

* Возможность продления срока службы до 20 лет предусмотрена ТКП 314–2011 [13] после выполнения капитального ремонта транспортного средства.

Примечание. Трамваи АКСМ-84300М, АКСМ-845, Stadler-B85300М оборудованы двумя кабинами управления, пассажирский салон предусматривает двери для входа и выхода пассажиров по обоим бортам трамвая. Трамвай АКСМ-802 оборудован одной кабиной управления, пассажирский салон предусматривает двери для входа и выхода пассажиров по обоим бортам трамвая. Это позволяет при формировании из АКСМ-802 двухвагонных поездов вместимостью 228 пассажиров, работающих по системе многих единиц, использовать их для двустороннего движения без строительства разворотных колец.

Затраты энергии трамваями в летнее и зимнее время

Energy consumption of trams in summer and winter

Показатель	Летнее время		Зимнее время	
	2хАКСМ-802	АКСМ-60102	2хАКСМ-802	АКСМ-60102
Расход энергии на тягу, кВт·ч/км	2,40	1,30	2,40	1,30
Дополнительный расход энергии на отопление в зимнее время, кВт·ч/км	–	–	1,28	0,64
Затраты на тягу и отопление, дол./км	0,24*	0,13	0,36	0,19
Приведенные затраты энергии на тягу и отопление, дол./км на 100 пас.	0,10	0,11	0,15	0,16
Затраты энергии на тягу и отопление vs затраты на тягу, %	–	–	+50	+45

* Для предприятий электротранспорта 0,10 дол./кВт·ч электрической энергии.

В качестве рельсового пути для реализации базового или альтернативного сценария предлагается рассматривать два варианта:

– рельсовый путь на сборном железобетонном основании (бесшпальном) с использованием блочного рельса LK1;

– классический рельсовый путь на железобетонных шпалах с использованием рельса Р65.

Углубленный анализ основных показателей при развитии базы электрического транспорта в Новополоцке и в агломерации Полоцк – Новополоцк приведен в табл. 5.

Основные показатели при развитии базы электрического транспорта в Новополоцке и агломерации Полоцк – Новополоцк

Key indicators in the development of the base of electric transport in Novopolotsk and the agglomeration Polotsk – Novopolotsk

Показатель	Вид транспорта		
	Трамвай (базовый сценарий)	Электробус ОС, ОНС	Троллейбус IMF, IMC
1	2	3	4
Опыт эксплуатации в Новополоцке	+ (с 1974 г.)	–	–

Окончание табл. 5
End of Table 5

1	2	3	4
Место хранения транспортных средств	+	+/-	+/-
	(Существующий трамвайный парк)	(Можно разместить в автобусном парке)	(Можно разместить в автобусном парке)
Эксплуатационная база (обслуживание и ремонт)	+	-	-
	(Достаточные производственные мощности)	(Необходимо создавать)	(Необходимо создавать)
Наличие существующей маршрутной сети электрического транспорта с перспективой дальнейшего развития	+	-	-
	(Имеется базовая трамвайная линия)		
Необходимость подготовки водителей	Для этапов 1.1–1.3 – нет; для этапов 2.1–2.4 необходимо обучение водителей категории F	Необходимо обучение водителей категории D	Необходимо обучение водителей категории I
Необходимость единовременной закупки транспортных средств для открытия новых линий	Не требуется	Требуется	Требуется
Приведенная стоимость транспортного средства (к 1 пассажиру пассажироместности), дол. США/пасс.	3,77	4,26–4,66	2,20–2,75
Срок эксплуатации транспортных средств – базовый (продленный), лет	15 (20)	10	10 (15)
Приведенная стоимость транспортного средства к 1 пассажиру пассажироместности и базовому 10-летнему сроку эксплуатации, дол. США/пасс.	2,51	4,26–4,66	2,20–2,75
Удельные затраты энергии на перевозку 100 пассажиров на 1 км в летнее время, дол. США/(100 пасс.·км)	0,11	0,18	0,18
Удельные затраты энергии (топлива) на перевозку 100 пассажиров на 1 км в зимнее время, дол. США/(100 пасс.·км)	0,16	0,42	0,29
Экологическая чистота	+	+/-	+/-
		(Выбросы вредных веществ при работе дизельного отопления, шин, резиновая пыль при взаимодействии колес с дорожным покрытием)	(Утилизация тяговых батарей, шин, резиновая пыль при взаимодействии колес с дорожным покрытием)
<i>Обозначения:</i> «+» – положительный эффект/наличие; «-» – отрицательный эффект/отсутствие; «+/-» – положительный и отрицательный эффекты/наличие и отсутствие.			

ВЫВОДЫ

1. Для организации движения нерельсового электрического транспорта необходимо приобретение транспортных средств, создание базы по их ремонту и обслуживанию в автобусных парках, строительство тяговых (и зарядных) подстанций и кабельных сетей, обучение пер-

сонала. Для троллейбусов IMF следует создавать контактную сеть по всей длине их маршрута, для троллейбусов IMC и дуобусов – частично. При организации движения электробусов необходимо строительство зарядных станций в депо и на конечных станциях (для электробусов ОС).

2. В случае организации новых линий движения трамваев требуется строить тяговые подстанции, прокладывать рельсовые пути, кабельные и контактные сети на новых участках, но нет необходимости приобретать новые трамваи и создавать базы для их ремонта и обслуживания.

Трамвай имеет самые низкие удельные расходы топливно-энергетических ресурсов на перевозку одного пассажира в летний и особенно зимний периоды года. Реализация этапов развития трамвайной сети приведет к увеличению доли городского электрического транспорта в перевозках пассажиров в Новополоцке за счет дополнительного годового объема перевозок около 4,1 млн пассажиров. При этом не потребуются капиталовложения в транспортные средства и создание эксплуатационной базы, поскольку можно использовать производственные мощности трамвайного парка, а также имеющиеся в наличии трамваи и базу для их ремонта и обслуживания.

3. Реализация этапов развития трамвайной сети позволит создать агломерационную транспортную систему с использованием рельсового электрического транспорта и увеличить годовой объем перевозок пассажиров электрическим транспортом на 6,7 млн пассажиров. Такая агломерационная система будет единственной в Беларуси и может стать одним из направлений развития туристического потенциала.

4. Повышение доли использования трамваев по предложенному в статье сценарию в Новополоцке и Полоцке и увеличение доли электро транспорта в Полоцке за счет организации движения троллейбусов ИМС на некоторых напряженных маршрутах со строительством контактной сети для зарядки накопителей энергии в этих троллейбусах на отдельных участках маршрута вне центральной части города будет способствовать улучшению экологической ситуации в них за счет снижения объема выбросов вредных веществ автобусами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о состоянии безопасности дорожного движения в мире. Время действовать [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения.

Женева, 2009. Режим доступа: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44122/2/9789244563847_rus.pdf. Дата доступа: 14.01.2019.

2. Аудит безопасности дорожного движения / Д. В. Капский [и др.]. Гомель: БелГУТ, 2015. 428 с.
3. Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. Минск: БНТУ, 2006. 240 с.
4. Врубель, Ю. А. Опасности в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. М.: Новое знание, 2013. 244 с.
5. Капский, Д. В. Методология повышения качества дорожного движения / Д. В. Капский. Минск: БНТУ, 2018. 372 с.
6. Аспекты безопасности как основа совершенствования пассажирских перевозок трамваем путем применения транспортных средств повышенной вместимости (на примере г. Минска) / Д. В. Капский [и др.] // Организация и безопасность дорожного движения: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. / отв. ред. Д. А. Захаров. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. Т. 1. С. 64–71.
7. Вибір оптимальної моделі збору та обробки інформації з метою реалізації диспетчерського управління рухом маршрутного пасажирського транспорту / Д. В. Капський [и др.] // Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Харків: ХНАДУ, 2018. С. 125–129.
8. Залучення автомобільного перевізника в електронний документообіг як перспективний напрямок в області підвищення ефективності логістичних процесів / Д. В. Капський [и др.] // Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. ХНАДУ. Харків, 2018. С. 130–135.
9. Повышение эксплуатационных показателей работы тормозных систем трамваев за счет улучшения устойчивости и управляемости тормоза / Д. В. Капский [и др.] // Организация и безопасность дорожного движения: материалы XII Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 14 марта 2019 г. / отв. ред. Д. А. Захаров. Тюмень: Тюменский индустр. ун-т, 2019. Т. 1. С. 199–206.
10. Исследование режима движения трамваев на линии по ул. Красной – Я. Коласа – Логойскому тракту / Д. В. Капский [и др.] // Автомобиле- и тракторостроение: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Минск: БНТУ, 2018. Т. 2. С. 55–58.
11. Улучшение условий движения трамваев на ул. Красной – Я. Коласа – Логойском тракте средствами организации дорожного движения / Д. В. Капский [и др.] // Автомобиле- и тракторостроение: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Минск: БНТУ, 2018. С. 59–62.
12. Капский, Д. В. Оценка возможности использования троллейбусов и электробусов в Полоцке и Новополоцке / Д. В. Капский, Е. Н. Кот, С. С. Семченков // Организация и безопасность дорожного движения: материалы XII Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участии

ем, 14 марта 2019 г. / отв. ред. Д. А. Захаров. Тюмень: Тюменский индустр. ун-т, 2019. Т. 1. С. 266–273.

13. Техническое обслуживание и ремонт городского электрического транспорта. Нормы и правила проведения: ТКП 314–2011 (02190). Введ. 01.09.2011. Минск: Энерго-пресс, 2015. 47 с.

Поступила 05.09.2019

Подписана в печать 19.11.2021

Опубликована онлайн 31.03.2022

REFERENCES

1. Global Status Report on Road Safety. It's Time to Act. *World Health Organization*. Geneva, 2009. Available at: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44122/2/9789244563847_rus.pdf. (Accessed 14 January 2019) (in Russian).
2. Kapsky D. V., Azemsha S. A., Mozalevskii D. V., Skirkovskii S. V., Korzhova A. V., Polkhovskaya A. S., Ermakova N. S., Artyushevskaya S. N., Kuz'menko V. I. (2015) *Road Safety Audit*. Gomel, Belarusian State University of Transport. 428 (in Russian).
3. Vruble Yu. A., Kapsky D. V., Kot E. N. (2006) *Determination of Traffic Losses*. Minsk, Belarusian National Technical University. 240 (in Russian).
4. Vruble Yu. A., Kapsky D. V. (2013) *Dangers in Traffic*. Moscow, Novoye Znanie Publ., 244 (in Russian).
5. Kapsky D. V. (2018) *Quality Improvement Methodology of Roadtraffic*. Minsk, Belarusian National Technical University. 372 (in Russian).
6. Kapsky D. V., Rynkevich S. A., Sedyukevich V. N., Semchenkov S. S. (2018) Safety Aspects as the Basis for Improving Passenger Transport by Tram Through the Use of Vehicles of Increased Capacity (for Example, the City of Minsk). *Organizatsiya i Bezopasnost' Dorozhnogo Dvizheniya: Materialy XI Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf. T. 1* [Organization and Road Safety: Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference. Vol. 1]. Tyumen, Tyumen Industrial University, 64–71 (in Russian).
7. Kapsky D. V., Kot E. M., Rinkevich S. A., Semchenkov S. S. (2018) Selection of Optimal Model of Information Collection and Processing with the Purpose to Realize Dispatch Control of Route Passenger Transport Movement. *Perspektivni Napryami Rozvitku Regional'nikh Transporthnikh ta Logistichnikh Sistem: Materiali Mizhnar. Nauk.-Prakt. Konf.* [Perspective Directions for Development of Regional Transport and Logistics Systems: Proceedings of International Scientific and Practical Conference]. Kharkiv, Kharkiv National Automobile and Highway University, 125–129 (in Ukrainian).
8. Kapsky D. V., Kot E. M., Rinkevich S. A., Semchenkov S. S. (2018) Involvement of a Road Carrier in Electronic Documents Turnover as a Promising Area in the Field of Improving the Efficiency of Logistics Processes. *Perspektivni Napryami Rozvitku Regional'nikh Transporthnikh ta Logistichnikh Sistem: Materiali Mizhnar. Nauk.-Prakt. Konf.* [Perspective Directions for Development of Regional Transport and Logistics Systems: Proceedings of International Scientific and Practical Conference]. Kharkiv, Kharkiv National Automobile and Highway University, 130–135 (in Ukrainian).
9. Kapsky D. V., Kot E. M., Rinkevich S. A., Semchenkov S. S. (2019) Improving the Performance of Tram Braking Systems Due to Better Stability and Controllability of the Brake. *Organizatsiya i Bezopasnost' Dorozhnogo Dvizheniya: Materialy XII Nats. Nauch.-Prakt. Konf. s Mezhdunar. Uchastiem, 14 Marta 2019 g. T. 1* [Organization and Road Safety: Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference with International Participation, March 14, 2019, Vol. 1]. Tyumen, Tyumen Industrial University, 199–206 (in Russian).
10. Kapsky D. V., Kot E. M., Romeiko V. Yu., Semchenkov S. S. (2018) Study of Tram Movement Mode on the Line Krasnaya Street – Ya. Kolas Street – Logoisk Tract. *Avtomobile- i Traktorostroenie: Materialy Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf. T. 2* [Automotive- and Tractor Construction: Proceedings of International Scientific and Practical Conference. Vol. 2]. Minsk, Belarusian National Technical University, 55–58 (in Russian).
11. Kapsky D. V., Kot E. M., Romeiko V. Yu., Semchenkov S. S. (2018) Improving the conditions for Trams on the Line Krasnaya Street – Ya. Kolas Street – Logoisk Tract by Means of Traffic Management. *Avtomobile- i Traktorostroenie: Materialy Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf. T. 2* [Automotive- and Tractor Construction: Proceedings of International Scientific and Practical Conference. Vol. 2]. Minsk, Belarusian National Technical University, 59–62 (in Russian).
12. Kapsky D. V., Kot E. M., Semchenkov S. S. (2019) Assessment of the Possibility to use Trolleybuses and Electric Buses in Polotsk and Novopolotsk. *Organizatsiya i Bezopasnost' Dorozhnogo Dvizheniya: Materialy XII Nats. Nauch.-Prakt. Konf. s Mezhdunar. Uchastiem, 14 Marta 2019 g. T. 1* [Organization and Road Safety: Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference with International Participation, March 14, 2019, Vol. 1]. Tyumen, Tyumen Industrial University, 266–273 (in Russian).
13. ТКП [Technical Code of Common Practice] 314–2011 (02190). *Maintenance and Repair of Urban Electric Transport*. Minsk, Energo-Press Publ., 2015. 47 (in Russian).

Received: 05.09.2019

Accepted: 19.11.2021

Published online: 31.03.2022