

Методы прогнозирования скорости сообщения городского пассажирского транспорта в рамках создания приоритетных условий движения

Канд. техн. наук А. А. Цариков¹⁾

¹⁾Уральский государственный университет путей сообщения (Екатеринбург, Российская Федерация)

Реферат. В условиях роста протяженности заторов на улично-дорожной сети крупных городов наиболее эффективным мероприятием, по мнению отечественных и зарубежных специалистов, является развитие городского пассажирского транспорта, в том числе создание приоритетных условий для его движения. Однако в современных условиях достаточно сложно оценить эффективность данного мероприятия, особенно тогда, когда планируется создание целой системы выделенных полос. Учитывая это, целью настоящей работы является разработка методов прогнозирования скорости движения городского пассажирского транспорта в рамках создания приоритетных условий движения. Для решения данной проблемы автор провел обзор существующих методик и предложил свои методы. Первый метод прогнозирования скорости сообщения основан на анализе скорости движения пассажирского транспорта во внепиковые периоды. Подобный прогноз может осуществляться с помощью как счетчиков, находящихся внутри подвижного состава, так и навигационных систем, установленных внутри салона автобуса. Второй метод прогнозирования основан на данных геоинформационной системы Яндекс Пробки. Суть метода состоит в получении данных о скорости движения транспортного потока по сети и его перерасчете для автобусного движения с учетом потерь времени на остановочные пункты. Результаты исследования показали, что реализация мероприятий по выделению отдельных полос для движения пассажирского транспорта в г. Екатеринбурге позволит увеличить среднюю скорость городского пассажирского транспорта по сети в пиковые часы на 27 %. При этом среднее время поездки пассажира в пиковые часы снизится на 35 %. Полученные результаты могут быть использованы в городах различной крупности, особенно эффективно применять подобные методы при разработке документов транспортного планирования, таких как «Комплексная схема организации дорожного движения» и «Комплексная транспортная схема».

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, приоритетные условия движения, выделенная полоса, скорость сообщения

Для цитирования: Цариков, А. А. Методы прогнозирования скорости сообщения городского пассажирского транспорта в рамках создания приоритетных условий движения / А. А. Цариков // *Наука и техника*. 2026. Т. 25, № 3. С. 222–231. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2026-25-3-222-231>

Methods for Predicting the Speed of Urban Passenger Transport in order to Create Priority Traffic Conditions

A. A. Tsarikov¹⁾

¹⁾Ural State University of Railway Transport (Ekaterinburg, Russian Federation)

Abstract. In the context of increasing congestion on the road network of large cities, the most effective measure, according to domestic and foreign experts, is the development of urban passenger transport, and especially the creation of priority conditions for its movement. However, in today's conditions, it is quite difficult to assess the effectiveness of this measure, especially when the creation of a whole system of dedicated lanes is planned. Taking this into account, the purpose of this work is to develop methods for predicting the speed of urban passenger transport within the framework of creating priority conditions for traffic. To solve this problem, the author has reviewed existing methods and proposed his own methods. The first method for predicting message speed is based on analyzing the speed of passenger traffic during off-peak periods. Such

Адрес для переписки

Цариков Алексей Алексеевич
Уральский государственный университет путей сообщения
ул. Колмогорова, 66,
620034, г. Екатеринбург, Российская Федерация
Тел.: 8-902-87-12-080
Zarikof@mail ru

Address for correspondence

Tsarikov Aleksey A.
Ural State University of Railway Transport
66, Kolmogorova str.,
620034, Ekaterinburg, Russian Federation
Тел.: 8-902-87-12-080
Zarikof@mail ru

a forecast can be carried out both by means of the counters located inside the rolling stock, and by means of the navigation systems installed inside the bus. The second method of forecasting is based on the data of the geoinformation system “Yandex traffic jams”. The essence of the method is to obtain data on the speed of the traffic flow on the network and its recalculation for bus traffic, taking into account the time losses at stopping points. The results of the study showed that the implementation of measures to allocate separate lanes for passenger transport in the city of Yekaterinburg will allow to increase the average speed of urban passenger transport on the network during peak hours by 27 %. At the same time, the average travel time of a passenger during peak hours will decrease by 35 %. The results obtained can be used in cities of various sizes, and it is especially effective to apply such methods when developing transport planning documents, such as the “Comprehensive Traffic Management Scheme” and “Comprehensive Transport Scheme”.

Keywords: urban passenger transport, priority traffic conditions, dedicated lane, speed of communication

For citation: Tsarikov A. A. (2026) Methods for Predicting the Speed of Urban Passenger Transport in order to Create Priority Traffic Conditions. *Science and Technique*. 25 (3), 222–231 (in Russian). <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2026-25-3-222-231>

Введение

Транспортные системы городов современной России, а также постсоветского пространства изначально проектировались под условия, когда основная доля перевозок пассажиров должна была осуществляться пассажирским транспортом общего пользования [1]. Однако переход на рыночную экономику в начале 90-х гг. XX ст. подтолкнул процесс ускорения уровня автомобилизации населения [2, 3].

Одновременно с положительными факторами рост уровня автомобилизации послужил причиной появления множества проблем в части функционирования транспортных систем городов. Здесь стоит отметить проблемы дорожно-транспортных происшествий [4, 5], появление заторов [6–8], а вслед за этим снижение скорости сообщения транспорта в целом по сети [9, 10]. Кроме того, увеличение количества транспортных средств в городах стало основной причиной дефицита мест для постоянного и временного хранения автомобилей [11, 12].

Одновременно с ростом уровня автомобилизации на городских маршрутах стали появляться частные перевозчики, которые напрямую конкурировали с муниципальными. Зачастую новые маршруты, организуемые частными перевозчиками, в полной мере дублировали существующие муниципальные. В конечном итоге подобный подход привел к высокому уровню дублируемости и избыточному числу маршрутов, а объем пассажиров снизился до такого значения, что эксплуатационные расходы стали существенно превышать сборы за проезд. Более подробно данный вопрос рассмотрен в [13–15].

Вышеперечисленные проблемы подтолкнули специалистов к поиску возможных решений. На современном этапе развития транспортных

систем городов большая доля специалистов сошлась во мнении, что проблемы, которые инициировала высокая автомобилизация населения, необходимо решать за счет развития пассажирского транспорта общего пользования [16, 17]. Особенно эффективным в данном направлении является мероприятие по созданию приоритетных условий для движения городского пассажирского транспорта.

Стоит отметить, что вопросы выделения полос для движения пассажирского транспорта рассмотрены достаточно подробно в работах отечественных специалистов [18–20]. Однако остается нерешенной проблема прогнозирования скорости сообщения городского пассажирского транспорта после выделения отдельных полос для его движения.

Несмотря на имеющийся опыт организации выделенных полос для движения подвижного состава городского пассажирского транспорта, достаточно сложно определить эффективность данного мероприятия на том или ином участке сети. Еще более сложно прогнозировать сетевую скорость сообщения общественного транспорта в тех случаях, когда планируется создание системы выделенных полос, расположенных по территории города. Учитывая вышесказанное, автор данной работы предложил собственные методы прогнозирования.

Материалы и методы

Прогнозирование скорости передвижения пассажира с помощью программного комплекса PTV Vision VISUM. В рамках разработки документов транспортного планирования для прогнозирования скорости сообщения общественного транспорта достаточно часто использовался программный комплекс PTV

Vision VISUM, предназначенный для расчета транспортных потоков, скорости сообщения транспорта, загрузки улично-дорожной сети, а также для оценки транспортного спроса. В основу программы заложена совокупность математических моделей, которые рассчитывают транспортные потоки между районами на основе структурной базы данных. При этом в основу прогнозирования транспортных и пассажирских потоков заложена одна из разновидностей гравитационной модели

$$D_{ij} = kQ_iZ_iP_{ij}, \quad (1)$$

где D_{ij} – количество корреспонденций из района i в район j ; k – коэффициент роста транспортных корреспонденций по всему городу; Q_i – то же отпращиваний трудовых корреспонденций для района i ; Z_i – то же прибытий трудовых корреспонденций для района i ; P_{ij} – функция предпочтения.

При разработке модели транспортного спроса в программном комплексе VISUM используется стандартная четырехступенчатая модель (рис. 1), которая достаточно точно описывает все этапы формирования спроса на транспорт, при этом позволяя работать с агрегированными данными без потери в качестве результатов моделирования.

Для использования программного комплекса PTV Vision VISUM его необходимо наполнить огромным массивом данных. При этом только сбор последних и проведение транспортных обследований потребуют значительных финансовых и временных ресурсов. Кроме того, оценка скорости сообщения пассажиров в программном комплексе проводится на основе заданного распределения между поездками на индивидуальном и общественном транспорте. Это ограничение в значительной мере усложняет процесс оценки эффективности мероприятий по выделению отдельных полос для движения общественного транспорта.

К сказанному выше необходимо добавить, что на данный момент программный комплекс PTV Vision VISUM не поддерживается компанией-разработчиком, что также усложняет процесс его использования. Использование аналогичных программ на территории Российской Федерации требует значительных финансовых вложений и обучения персонала для работы с ними. Поэтому для прогнозирования скорости сообщения городского пассажирского транспорта в рамках создания приоритетных условий движения необходимы более доступные и простые методы.

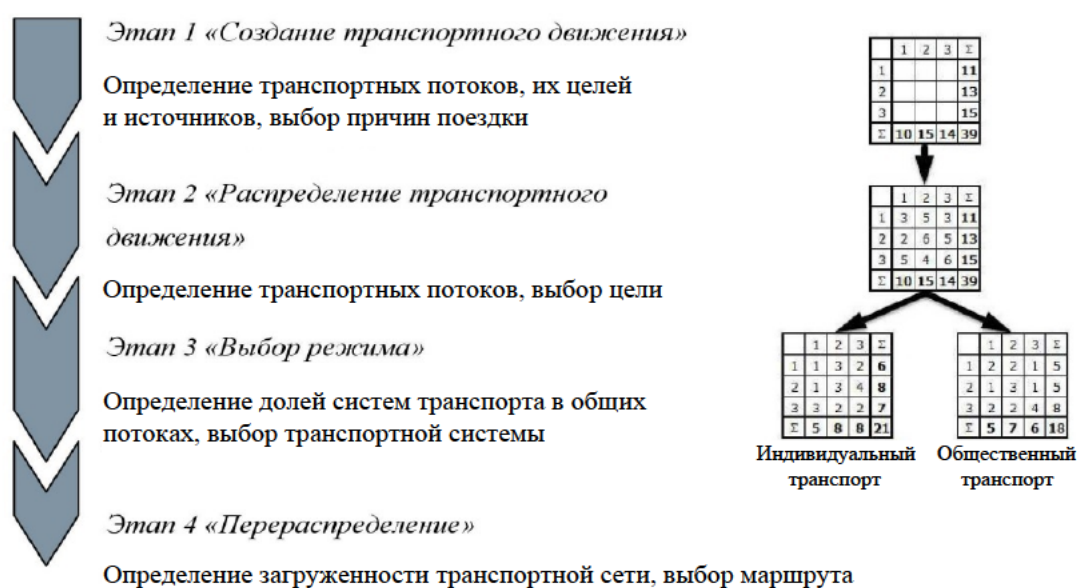


Рис. 1. Последовательность расчета спроса на транспорт в программном комплексе VISUM

Fig. 1. Sequence of calculating transport demand in the VISUM software package

Методика прогнозирования сетевой скорости сообщения общественного транспорта при создании приоритетных условий движения на основе поездок во внепиковый период. Более простым способом прогнозирования скорости сообщения можно считать методику, предложенную автором. Ее суть состоит в использовании данных о скорости сообщения автобусов во внепиковый период. Опыт организации дорожного движения в крупных городах России указывает на то, что заторы перед светофорными объектами, а также длинные очереди перед перекрестком существенным образом влияют на процесс движения автобуса на маршруте. Выделение отдельных полос минимизирует это влияние, поэтому для оценки скорости движения автобусов по маршруту предлагается использовать данные о скорости движения автобусов во внепиковое время.

Проводить подобные исследования необходимо в такие периоды суток, когда уровень заторов, согласно данным информационной системы Яндекс Пробки, оценивается в 3–4 балла. Исследование скорости на основе методики, предложенной автором, можно проводить путем реального измерения времени прохождения автобуса через контрольные точки внутри подвижного состава или с помощью навигационных данных.

Для этого на отдельном маршруте выделяются контрольные точки O_1 , O_2 , O_n . Они могут располагаться как на определенных перекре-

стках сети, так и на остановочных пунктах. В процессе движения автобуса на маршруте учетчик фиксирует момент времени t_1 , t_2 , t_n прохождения через контрольные точки. Графический пример определения времени прохождения подвижного состава через контрольные точки на маршруте показан на рис. 2.

После получения необходимых данных проводится расчет скорости сообщения автобуса на отдельных участках сети с помощью формулы

$$v_{1-2} = \frac{60S_{1-2}}{t_2 - t_1}, \quad (2)$$

где v_{1-2} – скорость сообщения автобуса на участке сети между контрольными точками O_1 и O_2 , км/ч; S_{1-2} – расстояние между контрольными точками O_1 и O_2 , км; t_2 – момент времени прохождения через контрольную точку O_2 , мин; t_1 – то же через контрольную точку O_1 , мин.

Стоит уточнить, что описанное выше обследование проводится таким образом, чтобы определить значения скорости сообщения автобусов на всех участках сети, где организованы маршруты городского пассажирского транспорта. Поэтому для проведения данных обследований необходимо использовать такое количество маршрутов, которое позволит оценить скорость на всех элементах сети пассажирского транспорта.

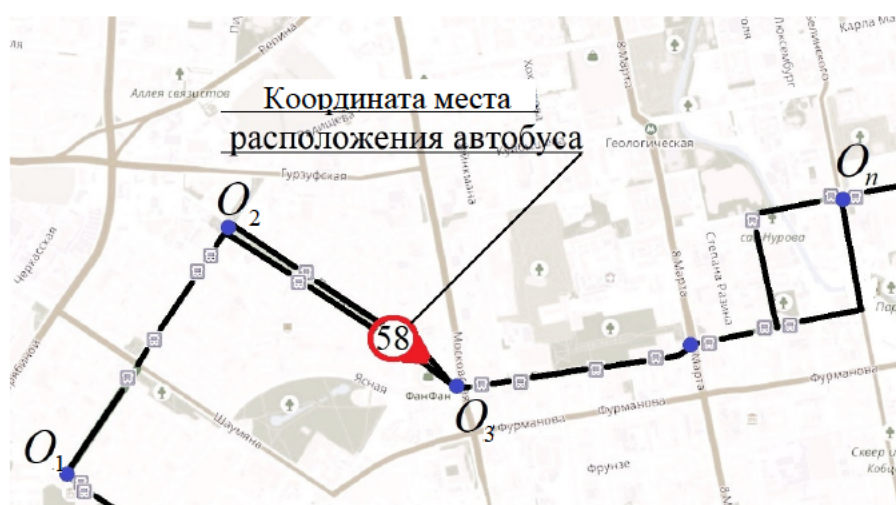


Рис. 2. Графический пример определения времени движения автобуса на линии с помощью навигационных данных

Fig. 2. Graphical example of determining the travel time of a bus on a route using navigation data

Методика прогнозирования сетевой скорости сообщения общественного транспорта при создании приоритетных условий движения на основе геоинформационных данных о скорости движения транспортных потоков. Необходимо отметить, что процесс исследования скорости сообщения городского пассажирского транспорта на основе поездок во внепиковый период требует нахождения учетчика внутри подвижного состава. Подобный подход также требует определенных затрат, в том числе на заработную плату учетчика. Одновременно с этим не во всех городах автобусы оборудованы навигационной аппаратурой, позволяющей проводить исследования скорости сообщения подвижного состава по отдельным участкам сети. Учитывая это, автор предложил еще один метод прогнозирования скорости сообщения.

Данный метод основан на оценке скорости движения транспортного потока на сети. Как известно, на скорость сообщения городского пассажирского транспорта влияет множество факторов, в том числе заторы, время тактов и циклов светофорного регулирования, плотность расположения перекрестков со светофорным регулированием, количество остановок, а также время посадки-высадки пассажиров. Отличие

процесса движения автобусов, используемых на городских маршрутах, и легковых автомобилей состоит в том, что первые осуществляют посадку-высадку пассажиров на определенных остановочных пунктах. Моделирование и исследование автора показали, что одна остановка общественного транспорта увеличивает в среднем время его движения на определенном участке на 40 с (рис. 3).

Таким образом, зная скорость сообщения транспортного потока по отдельным участкам сети, а также места расположения остановок, можно прогнозировать скорость сообщения городского пассажирского транспорта. В случае использования этого метода прогнозирования для определения скорости сообщения транспортного потока наиболее эффективно использовать данные информационного ресурса Яндекс Пробки. Учитывая сказанное, автор предложил формулы для прогнозирования времени движения автобуса по отдельному перегону и для прогнозирования сетевой скорости сообщения:

$$t_{ij}^{дв} = \frac{l_{iuj}}{v_{ij}} + \frac{N_{iост} \cdot 40}{60}; \quad (3)$$

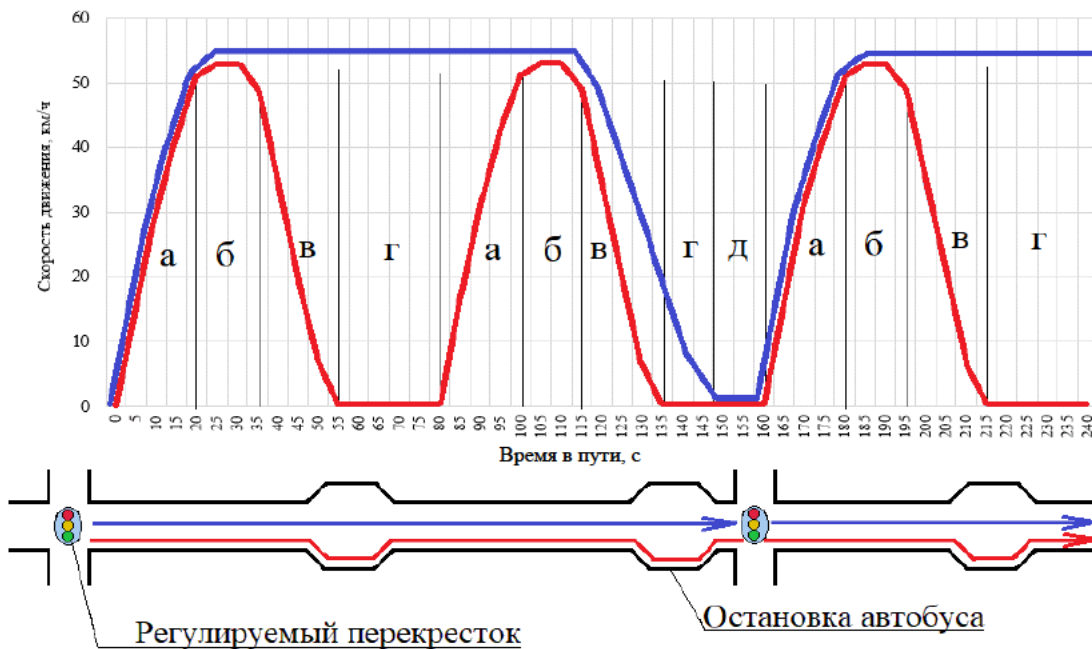


Рис. 3. Пример изменения скорости движения автобуса в процессе перемещения на маршруте

Fig. 3. Example of changing the speed of a bus during its route

$$v_{ij}^{гпт} = \frac{60l_{iуч}}{l_{iуч} + \frac{N_{iост} \cdot 40}{v_{ij}}}, \quad (4)$$

где $t_{ij}^{гпт}$ – прогнозируемое время движения подвижного состава городского пассажирского транспорта по i -му участку сети в j -й период времени, мин; $l_{iуч}$ – протяженность i -го участка сети, км; v_{ij} – средняя скорость сообщения транспортного потока по i -му участку сети в j -й период времени, км/мин; $N_{iост}$ – количество остановочных пунктов пассажирского транспорта на i -м участке сети, ед.; $v_{ij}^{гпт}$ – прогнозируемая скорость движения подвижного состава городского пассажирского транспорта по i -му участку сети в j -й период времени, км/ч.

Результаты исследований

Анализ скорости движения подвижного состава путем оценки времени по определенным контрольным точкам позволил оценить не только скорость сообщения транспорта на отдельных участках, но и причины задержек. Данные обследования по ряду маршрутов представлены в табл. 1.

Данные натурных исследований, представленные в табл. 1, показали, что реальная скорость городского пассажирского транспорта существенно отличается в пиковые и межпиковые периоды. Особенно это касается автобусов и троллейбусов, у которых лишь на малой протяженности маршрута могут быть выделены отдельные полосы для движения общественного транспорта.

Так, троллейбусный маршрут № 1, связывающий центр города с периферийным районом Екатеринбурга, в межпиковый период времени находится в движении 60 % времени рейса, в то время как в пиковый период, в режиме заторов, данный показатель снижается до 36 %.

В целом средняя скорость сообщения троллейбуса на маршруте в пиковый и межпиковый периоды отличается на 40 %.

Разделение затрат времени на различные процессы показало, что наибольшие потери приходятся на задержку перед светофорами. Как видно из рис. 4, в часы пик на них приходится 58 % времени от общей продолжительности рейса. Данный факт говорит о наличии большого резерва в части повышения скорости сообщения городского пассажирского транспорта и эффективности выделения отдельных полос для маршрутных транспортных средств.



Рис. 4. Распределение затрат времени на различные процессы при эксплуатации троллейбуса в часы пик по г. Екатеринбургу

Fig. 4. Distribution of time spent on various processes when operating a trolleybus during peak hours in the city of Yekaterinburg

Таблица 1

Результаты исследования основных показателей движения подвижного состава по маршруту на городском транспорте г. Екатеринбурга

Results of a study of the main indicators of rolling stock movement along the route on public transport in Yekaterinburg

Показатель	Трамвай № 25	Троллейбус № 1
Протяженность маршрута, км	21,3	16,5
Количество остановок на маршруте	38	36
Время рейса, мин	82,5 (106,5)*	65 (110)
Общие затраты на остановки, мин	9	9
Общие затраты на задержки на светофорах, мин	9,5 (28,5)	17 (62)
Общие задержки на остановках, расположенных перед светофорами, мин	11,7 (16,7)	0
Реальная скорость сообщения транспорта, км/ч	15,5 (12)	15,2 (9)

* В скобках указаны показатели движения троллейбуса и трамвая в периоды массовых заторов на улично-дорожной сети города.

Необходимо отметить, что заторы в г. Екатеринбурге на данный момент достигали таких значений, что для минимизации их влияния на пассажирский транспорт необходима целая системы выделенных полос. В этой связи разработанная комплексная схема организации дорожного движения городского пассажирского транспорта потребовала оценки ее эффективности с точки зрения повышения скорости сообщения.

Учитывая это, автор провел исследования в части прогнозирования скорости сообщения городского пассажирского транспорта Екатеринбурга в рамках создания приоритетных условий движения. Исследования проводились по методике прогнозирования сетевой скорости сообщения общественного транспорта при создании приоритетных условий движения на основе поездок во внепиковый период. Полученные в результате прогнозирования скорости сообщения были формализованы в цветограмму скорости, которая представлена на рис. 5.

Стоит отметить, что наибольшее количество полос для движения общественного транспорта планируется к организации в центральной части Екатеринбурга.

Из рис. 5 видно, что согласно прогнозам скорость общественного транспорта в центральной зоне будет находиться в пределах от 17 до 19 км/ч. Лишь по двум улицам выделение полос позволит увеличить скорость движения до 21 км/ч.

Расчет средней скорости движения транспорта по сети показал, что выделение отдельных полос для движения общественного транспорта является эффективным мероприятием для привлечения пассажиров. Так, средняя сетевая скорость автобусов при создании приоритетных условий достигнет значения 20,8 км/ч, при этом скорость легковых автомобилей в среднем по сети будет составлять 19,5 км/ч, в то время как существующая средняя скорость сообщения автобусов по сети составляет значение 16,4 км/ч.

Таким образом, выделение отдельных полос для движения пассажирского транспорта в Екатеринбурге, согласно прогнозам, полученным автором, позволяет увеличить в среднем скорость сообщения общественного транспорта по сети в часы пик на 27 % (табл. 2).



Рис. 5. Цветограмма скорости сообщения пассажирского транспорта г. Екатеринбурга во внепиковые часы суток

Fig. 5. Color chart of passenger transport speed in Yekaterinburg during off-peak hours

Технико-экономические показатели оптимизации инфраструктуры г. Екатеринбурга
 Technical and economic indicators of infrastructure optimization in Yekaterinburg

Показатель	Существующие условия	Проектируемые условия
Средняя скорость сообщения городского пассажирского транспорта по сети в пиковые часы, км/ч	16,4	20,8
Среднее время маршрутной поездки пассажира, мин	26	17
Общее время поездки пассажиров в час пик, ч	34910,3	22675,9
Экономия времени поездки пассажиров, в час пик, ч (%)	0	12234,4 (–35 %)
Суточная экономия времени поездки пассажиров, %	0	–12 %

Однако этот показатель не позволяет оценить экономию времени для движения пассажира в целом. Это связано с тем, что на различных участках сети существенным образом отличаются не только скорости движения, но и размеры пассажиропотоков.

Как видно из табл. 2, создание приоритетных условий для движения городского пассажирского транспорта позволит снизить общее время пребывания пассажиров в пути на 12234,4 ч в течение пикового периода, или на 9 мин из расчета на одну маршрутную поездку пассажира. Таким образом, в пиковые часы суток создание приоритетных условий для движения общественного транспорта позволит снизить время поездки пассажира на 35 %, в то время как суточная экономия времени поездки пассажиров составит всего 12 %.

ВЫВОДЫ

1. Обзор литературы в области транспортных систем городов, проведенный автором, показал, что для решения современных проблем крупных и крупнейших городов России необходим комплекс мероприятий, направленных на создание приоритетных условий для движения городского пассажирского транспорта. Однако на существующий момент отсутствуют методы прогнозирования скорости сообщения городского пассажирского транспорта в рамках создания приоритетных условий.

2. Предложенные автором методы прогнозирования позволяют оценить скорость сообщения городского пассажирского транспорта как в существующих, так и в перспективных условиях без значительных финансовых вложений.

3. Исследование по г. Екатеринбургу показало, что организация отдельных полос для движения пассажирского транспорта позволит увеличить среднюю скорость сообщения подвижного состава по сети в пиковые часы с 16,5 до 20,8 км/ч. Наряду с этим скорость пассажирского транспорта несколько превысит среднюю скорость сообщения легковых автомобилей, которая для Екатеринбурга составляет 19,5 км/ч.

4. Среднее время поездки пассажира в час пик снизится на 35 % и составит 17 мин. Одновременно с этим суточная экономия времени поездки пассажиров составит всего 12 %.

ЛИТЕРАТУРА

- Цариков, А. А. Автомобилизация населения городов Российской Федерации и ее влияние на развитие пассажирского транспорта общего пользования / А. А. Цариков, Д. Г. Неволин // Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации: материалы 124-й Междунар. науч.-техн. конф., Иркутск, 17–19 сент. 2025 г. Иркутск: Иркутск. нац. исследоват. техн. ун-т, 2025. С. 109–116.
- Носков, В. А. Автомобилизация населения как индикатор и катализатор устойчивого развития региона / В. А. Носков, И. В. Носков // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2015. № 4 (126). С. 18–24.
- Орлов, А. Л. Автомобилизация всей страны – плюсы и минусы / А. Л. Орлов // Российское предпринимательство. 2009. № 9–1. С. 98–102.
- Савенкова, А. Ю. Транспортная система Белгорода: влияние на безопасность дорожного движения и региональную логистику / А. Ю. Савенкова, И. В. Смоленский, Н. О. Гондусов // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Тюмень, 10–11 апр. 2025 г. Тюмень: Тюмен. индустр. ун-т, 2025. С. 335–338.
- О факторах, влияющих на организацию дорожного движения в городе Воронеже / Н. В. Зеликова, И. Ю. Струкова, Г. Н. Климова [и др.] // Перспективы разви-

- тия, инновации и информационные технологии на транспорте-2025: материалы Междунар. молодежной науч.-практ. конф., посвященной 95-летию ВГЛТУ имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, 23–24 окт. 2025 г. Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. ун-т имени Г. Ф. Морозова, 2025. С. 86–89.
6. Ерохин, А. В. Эффективные методы решения проблемы транспортных заторов / А. В. Ерохин, А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин // Перспективы развития транспортной системы в Российской Федерации: материалы Всерос. студ. науч.-практ. конф., приуроченной к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 25 окт. 2024 г. Рязань: Рязан. гос. агро-технолог. ун-т имени П. А. Костычева, 2024. С. 129–134.
 7. Григорьев, К. А. Транспортные заторы в российских городах: пути решения и оценка их эффективности (на примере г. Перми) / К. А. Григорьев // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. (г. Пермь, 9–10 нояб. 2023 г.). Пермь: Изд-во Пермск. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. Т. 1. С. 165–170.
 8. Цариков, А. А. Эволюция системы заторов на улично-дорожной сети города Екатеринбурга / А. А. Цариков, Н. А. Обухова, Н. З. Мирзоев // Инновационный транспорт. 2015. № 4 (18). С. 74–86. <https://doi.org/10.20291/2311-164x-2015-4-74-86>
 9. Цариков, А. А. Исследование пространственной и временной неравномерности скорости сообщения транспорта в Екатеринбурге / А. А. Цариков, Д. Г. Неволин // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2025. № 1 (65). С. 109–119.
 10. Бурлуцкий, А. А. К анализу методов повышения скоростей движения транспортных потоков на улицах крупного города / А. А. Бурлуцкий, Н. Н. Сидоренко, Г. В. Пушкарева // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 5 (52). С. 219–224.
 11. Цариков, А. А. Исследование закономерностей функционирования бесплатных парковок (на примере площади 1905 г. и парковок крупных торговых центров города Екатеринбурга) / А. А. Цариков, Е. А. Пенцев, А. А. Цариков // Инновационный транспорт. 2021. № 4 (42). С. 27–33. <https://doi.org/10.20291/2311-164X-2021-4-27-33>
 12. Леонтьев, Е. В. Проблема размещения стоянок постоянного и временного хранения в Екатеринбурге: градостроительный аспект / Е. В. Леонтьев, Л. В. Булавина // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2022. № 3(54). С. 45–50.
 13. Аземша, С. А. Расчет показателей дублируемости маршрутов и разработка направлений оптимизации работы городского пассажирского транспорта регулярного сообщения / С. А. Аземша // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. 2025. № 2 (52). С. 53–59. <https://doi.org/10.52928/2070-1616-2025-52-2-53-59>
 14. Выгузова, А. О. Проблема дублирования маршрутов пассажирским транспортом в городе Иркутске и предложение по ее решению / А. О. Выгузова // Наука и инновации в XXI в.: актуальные вопросы, открытия и достижения: сб. ст. V Междунар. науч.-практ. конф. (г. Пенза, 5 авг. 2017 г.). Пенза: Наука и Просвещение, 2017. Ч. 2. С. 53–55.
 15. Цариков, А. А. Анализ основных показателей развития сетей и маршрутов пассажирского транспорта городов России / А. А. Цариков, А. В. Бачинина, О. Ю. Тапасева // Инновационный транспорт. 2017. № 2 (24). С. 20–27.
 16. Горев, А. Э. Развитие городских транспортных систем крупных городов / А. Э. Горев // Транспорт Российской Федерации. 2016. № 6 (67). С. 50–53.
 17. Роль транспорта общего пользования в формировании социальной сферы городских территорий / Д. А. Дрючин, Т. В. Коновалова, И. Н. Котенкова [и др.] // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). 2024. № 2. С. 29–32.
 18. Якимов, М. Р. Методология обоснования целесообразности выделения обособленных полос для движения общественного транспорта на улично-дорожной сети крупного города / М. Р. Якимов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2011. № 2 (25). С. 90а–95.
 19. Обеспечение приоритета городского пассажирского транспорта общего пользования на улично-дорожной сети города / Е. В. Фомин, В. А. Зеер, Е. С. Арефьева, Н. В. Голуб // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2020. Т. 17, № 3 (73). С. 390–399. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-3-390-399>
 20. Лю, Ю. Обеспечение приоритетного движения маршрутного пассажирского транспорта за счет устройства выделенных полос / Ю. Лю, С. С. Семченков, Д. В. Капский // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. 2025. № 1 (51). С. 49–52. <https://doi.org/10.52928/2070-1616-2025-51-1-49-52>

Поступила 26.01.2026

Подписана в печать 27.03.2026

Опубликована онлайн 29.05.2026

REFERENCES

1. Tsarikov A. A., Nevolin D. G. (2025) Motorization of the Population of Cities of the Russian Federation and Its Impact on the Development of Public Passenger Transport. *Safety of Wheeled Vehicles under Operating Conditions: Proceedings of the 124th International Scientific and Technical Conference, Irkutsk, September 17–19, 2025*. Irkutsk, Irkutsk National Research Technical University, 109–116 (in Russian)
2. Noskov V. A., Noskov I. V. (2015) Motorization of the Population as an Indicator and Catalyst for Sustainable Regional Development. *Vestnik Samarskogo Gosudarstvennogo Ekonomicheskogo Universiteta = Vestnik of Samara State University of Economics*, (4), 18–24 (in Russian).
3. Orlov A. L. (2009) Motorization of the Entire Country – Pros and Cons. *Rossiyskoe Predprinimatelstvo = Russian Journal of Entrepreneurship*, (9), 98–102 (in Russian).

4. Savenkova A. Yu., Smolensky I. V., Gondusov N. O. (2025) Belgorod's Transport System: Impact on Road Safety and Regional Logistics. *Transport and Transport-Technological Systems: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Tyumen, April 10–11, 2025*. Tyumen, Industrial University of Tyumen, 335–338 (in Russian).
5. Zelikova N. V., Strukova I. Yu., Klimova G. N., Strukov Yu. V., Shatalov E. V. (2025) Factors Influencing Traffic Management in Voronezh. *Development Prospects, Innovation, and Information Technology in Transport-2025: Proceedings of the International Youth Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th Anniversary of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov, Voronezh, October 23–24, 2025*. Voronezh, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov, 86–89 (in Russian).
6. Erokhin A. V., Sidorov A. A., Gavrilin M. A. (2024) Effective Methods for Solving the Problem of Traffic Congestion. *Prospects for the Development of the Transport System in the Russian Federation: Proceedings of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference, dedicated to the Professional Holiday – Automobile Transport Worker's Day, Ryazan, October 25, 2024*. Ryazan, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, 129–134 (in Russian).
7. Grigoriev K. A. (2023) Traffic Congestion in Russian Cities: Solutions and Assessment of Their Effectiveness (Using the City of Perm as an Example). *Modernization and Scientific Research in the Transport Complex: Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference (Perm, November 9–10, 2023). Vol. 1*. Perm, Publishing House of Perm National Research Polytechnic University, 165–170 (in Russian).
8. Tsarikov A. A., Obukhova N. A., Mirzoev N. Z. (2015) Evolution of Congestion System on the Road Network of Ekaterinburg. *Innovatsionny Transport = Innotrans*, (4), 74–86 (in Russian). <https://doi.org/10.20291/2311-164X-2015-4-74-86>
9. Tsarikov A. A., Nevolin D. G. (2025) Study of Spatial and Temporal Unevenness of Transport Speed in Yekaterinburg. *Vestnik Uralskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya = Herald of the Ural State University of Railway Transport*, (1), 109–119 (in Russian).
10. Burlutsky A. A. (2015) Towards an Analysis of Methods for Increasing Traffic Flow Speeds on the Streets of a Large City. *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Arkhitekturno-Stroitel'nogo Universiteta = Journal of Construction and Architecture*, (5), 219–224 (in Russian).
11. Tsarikov A. A., Pentsev E. A., Tsarikov A. A. (2021) A Study of the Operating Patterns of Free Parking (Using the Example of 1905 Square and Parking Lots of Large Shopping Centers in Yekaterinburg). *Innovatsionny Transport = Innotrans*, (4), 27–33 (in Russian). <https://doi.org/10.20291/2311-164X-2021-4-27-33>.
12. Leontiev E. V., Bulavina L. V. (2022) Problem of Placement of Permanent and Temporary Parking Lots in Yekaterinburg: Urban Planning Aspect. *Akademicheskij Vestnik UralNIiproekt RAASN*, (3), 45–50 (in Russian).
13. Azemsha S. A. (2025) Calculation of Route Duplication Indicators and Development of Directions for Optimizing the Operation of Regular Urban Passenger Transport. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya B. Promyshlennost'. Prikladnye nauki = Vestnik of Polotsk State University. Part B. Industry. Applied Sciences*, 2, 53–59 (in Russian). <https://doi.org/10.52928/2070-1616-2025-52-2-53-59>
14. Vyuzova A. O. (2017) The Problem of Duplicating Passenger Transport Routes in Irkutsk and a Proposal for Its Solution. *Science and Innovation in the 21st Century: Current Issues, Discoveries, and Achievements: Collection of articles of the 5th International Scientific and Practical Conference, Penza, August 05, 2017. Part 2*. Penza, Nauka i Prosveshchenie Publ., 53–55 (in Russian).
15. Tsarikov A. A., Bachinina A. V., Tapaseva O. Yu. (2017) Analysis of the Main Indicators of the Development of Passenger Transport Networks and Routes in Russian Cities. *Innovatsionny Transport = Innotrans*, (2), 20–27 (in Russian).
16. Gorev A. E. (2016) Development of Urban Transport Systems of Large Cities. *Transport Rossiyskoy Federatsii = Transport of the Russian Federation*, (6), 50–53 (in Russian).
17. Dryuchin D. A., Konovalova T. V., Kotenkova I. N., Nadyryan S. L., Rassokha V. I. (2024) The Role of Public Transport in Shaping the Social Sphere of Urban Areas. *Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (Politekhnikeskii vestnik) = Science. Engineering. Technology (Polytechnic Bulletin)*, (2), 29–32 (in Russian).
18. Yakimov M. R. (2011) Methodology for Justifying the Feasibility of Allocating Dedicated Lanes for Public Transport on the Road Network of a Large. *Vestnik Moskovskogo Avtomobilno-Dorozhnogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta (MADI) = Bulletin of the Moscow Automobile and Road Construction Institute (State Technical University)*, (2), 90a–95 (in Russian).
19. Fomin E. V., Zeer V. A., Arefieva E. S., Golub N. V. (2020) Ensuring Priority for Public Urban Passenger Transport on Urban Streets and Road Network. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*, 17(3), 390–399 (in Russian). <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-3-390-399>
20. Lyu Yu., Semchenkov S. S., Kapsky D. V. (2025) Prospects and Problems of Ensuring Priority Movement of Route Passenger Transport by Means of Arrangement of Dedicated Lanes Using Methods of Traffic Management. *Vestnik Polotskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya B. Promyshlennost'. Prikladnye nauki = Vestnik of Polotsk State University. Part B. Industry. Applied Sciences*, (1), 49–52 (in Russian). <https://doi.org/10.52928/2070-1616-2025-51-1-49-52>

Received: 26.01.2026

Accepted: 27.03.2026

Published online: 29.05.2026