

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИОРИТЕТА ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА

Е.В. Фомин, В.А. Зеер, Е.С. Арефьева, Н.В. Голуб  
Сибирский федеральный университет,  
г. Красноярск, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** В последнее время в крупных и средних городах увеличение загрузки магистралей усугубляется ростом автомобилизации и отсутствием развития улично-дорожной сети. Повышение интенсивности движения транспортных средств до критического уровня приводит к превышению пропускной способности магистралей и, как следствие, – увеличению уровня задержки. Одной из самых уязвимых групп в этом отношении является городской массовый пассажирский транспорт общего пользования. Для разгрузки улично-дорожной сети города необходимо снизить уровень автомобильного трафика. Одним из эффективных мероприятий направленных на решение этой проблемы является задача повышения привлекательности городского массового пассажирского транспорта, т. е. обеспечение достаточного уровня обслуживания пассажиров, который, в том числе, складывается, и из высокой скорости сообщения, повышение которой возможно путем предоставления приоритета движению автобусов. Одним из перспективных направлений выделения приоритета городскому транспорту общего пользования является обустройство отдельных полос или улиц для движения только подвижного состава городского транспорта. Из-за отсутствия критериев, в соответствии с которыми необходимо выделять отдельные полосы для движения подвижного состава городского транспорта, они стали появляться в подавляющем большинстве на магистральных улицах города. Появилось большое количество городских магистралей, используемых для работы только одного маршрута движения городского транспорта общего пользования, с организацией на них выделенных полос. Необходимость таких организационных мероприятий вызывают сомнения. Следовательно, необходимо сформулировать критерии, которые обосновывают необходимость выделения отдельной полосы движения городского пассажирского транспорта на заданном перегоне маршрутной сети города. Таким образом, целью настоящей работы является выявление закономерностей между параметрами транспортных потоков и параметрами программы перевозок городского пассажирского транспорта общего пользования, на основе которых будут сформулированы критерии необходимости выделения отдельной полосы для движения городского наземного транспорта на каждом отдельно взятом перегоне маршрутной сети.

**Материалы и методы.** В данной статье рассмотрена методика определения необходимости выделения отдельной полосы для движения городского пассажирского транспорта общего пользования на заданном участке улично-дорожной сети. Для повышения качества перевозок пассажиров разработана математическая модель, в основу которой положены такие показатели, как уровень задержки транспортного потока и доля величины пассажирского потока в общем потоке участников движения.

**Результаты.** Сформулированы необходимые условия, строгое выполнение которых определяет необходимость обеспечения приоритета городского массового пассажирского транспорта общего пользования на рассматриваемом участке улично-дорожной сети города.

**Обсуждение и заключение.** Полученные зависимости позволяют определить необходимость обеспечения приоритета городского транспорта.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** выделенная полоса, приоритет городского транспорта, пассажирские потоки, транспортные задержки.

Поступила 20.05.2020, принята к публикации 30.06.2020.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Фомин Е.В., Зеер В.А., Арефьева Е.С., Голуб Н.В. Обеспечение приоритета городского пассажирского транспорта общего пользования на улично-дорожной сети города. Вестник СибАДИ. 2020; 17 (3): <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-3-390-399>

© Фомин Е.В., Зеер В.А., Арефьева Е.С., Голуб Н.В.



Контент доступен под лицензией  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-3-390-399>

## ENSURING PRIORITY FOR PUBLIC URBAN PASSENGER TRANSPORT ON URBAN STREETS AND ROAD NETWORK

*E. V. Fomin, V. A. Zeer, E. S. Arefieva, N. V. Golub*  
Siberian Federal University,  
Krasnoyarsk, Russia

### ABSTRACT

**Introduction.** Recently, in large and medium-sized cities, the increase in traffic has been exacerbated by the growth of motorization and the lack of development of the road network. Increasing vehicle traffic to a critical level leads to overcapacity of the arteries and, as a consequence, increases the level of delay. Public urban mass passenger transport is one of the most vulnerable groups in this regard.

In order to unload the city's street network, it is necessary to reduce the level of road traffic. One of the effective measures to deal with this problem is to increase the attractiveness of urban mass passenger transport, i.e. to ensure an adequate level of service for passengers including high speed, which can be increased by giving priority to bus traffic.

One of the prospects for prioritizing public urban transport is the development of individual lanes or streets for urban rolling stock only. Due to the lack of criteria for the allocation of separate lanes for urban rolling stock, they have begun to appear in the vast majority on the main streets of the city. There are a large number of urban highways used for the operation of only one public transport route with dedicated lanes on them. The need for such arrangements is questionable. It is therefore necessary to formulate the criteria that justify the need for a separate urban passenger lane on a given stretch of the city network.

Thus, the purpose of this work is to identify patterns between traffic parameters and the parameters of the urban public passenger transport programme, which will determine the criteria for the need for a separate lane for urban land transport on each individual stretch of the network.

**Materials and methods.** This article deals with the method of determining the need for a separate lane for public urban passenger transport on a given stretch of the road network. In order to improve the quality of the transport of passengers, a mathematical model has been developed, based on such indicators as the level of traffic delay and the share of passenger traffic in the total flow of participants.

**Results.** The necessary conditions have been laid down the strict implementation of which determines the need to ensure the priority of urban mass public passenger transport on the section of the city's street network under consideration.

**Discussion and conclusion.** The dependencies obtained make it possible to identify the need to ensure the priority of urban transport.

**KEYWORDS:** *dedicated lane, priority of urban transport, passenger flows, transport delays.*

**Submitted 20.05.2020, revised 30.06.2020.**

**The authors have read and approved the final manuscript.**

**Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.**

*For citation:* Fomin E. V., Zeer V. A., Arefieva E. S., Golub N. V. Ensuring priority for public urban passenger transport on urban streets and road network. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2020; 17 (3): <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-3-390-399>

© Fomin E. V., Zeer V. A., Arefieva E. S., Golub N. V.



Content is available under the license  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в крупных и средних городах увеличение загрузки магистралей усугубляется ростом автомобилизации и отсутствием развития улично-дорожной сети. Повышение интенсивности движения транспортных средств до критического уровня приводит к превышению пропускной способности магистралей и, как следствие, – увеличению уровня задержки. Одной из самых уязвимых групп является городской массовый пассажирский транспорт общего пользования.

Для разгрузки улично-дорожной сети города необходимо снизить уровень автомобильного трафика. Одним из эффективных мероприятий, направленных на решение этой проблемы, является задача повышения привлекательности городского массового пассажирского транспорта, т. е. обеспечение достаточного уровня обслуживания пассажиров, в том числе складывающегося из высокой скорости сообщения, повышение которой возможно путем предоставления приоритета движению автобусов.

Одним из перспективных направлений выделения приоритета городскому транспорту общего пользования является обустройство отдельных полос или улиц для движения только подвижного состава городского транспорта. В Красноярске первые выделенные полосы для движения городского транспорта общего пользования появились в конце девяностых годов прошлого столетия. На центральных улицах города появилась соответствующая разметка и дорожные знаки. Однако должного эффекта вышеперечисленные мероприятия не принесли. Причина тому – массовое нарушение правил дорожного движения водителями транспортных средств, принадлежащих индивидуальным владельцам и таксомоторным компаниям. Большая часть проезжей части, выделенная для движения городского пассажирского транспорта общего пользования, эксплуатировалась в режиме парковочного пространства. Соответственно, водители автобусов были вынуждены двигаться по другим полосам движения. Также проблема усугублялась отсутствием контроля со стороны администрации города за регулярностью движения городского пассажирского транспорта. «В погоне за рублем» водители городского пассажирского транспорта были вынуждены нарушать скоростной режим, установленный правилами дорожного движения, подвергая опасности пассажиров.

С появлением комплексов видеофиксации нарушений правил дорожного движения и комплексов контроля регулярности движения подвижного состава городского пассажирского транспорта общего пользования ситуация в корне изменилась. Полосы, выделенные для движения городского транспорта, стали использоваться по назначению. Из-за отсутствия критериев, в соответствии с которыми необходимо выделять отдельные полосы для движения подвижного состава городского транспорта, они стали появляться в подавляющем большинстве на магистральных улицах города. Появилось большое количество городских магистралей, используемых для работы только одного маршрута движения городского транспорта общего пользования, с организацией на них выделенных полос. Необходимость таких организационных мероприятий вызывают сомнения, поэтому на части улиц города Красноярска выделенные полосы для движения городского пассажирского транспорта периодически отменяют. Следовательно, нужны критерии, которые обосновывают необходимость выделения отдельной полосы движения городского пассажирского транспорта на заданном перегоне маршрутной сети города.

Таким образом, цель настоящей работы – выявление закономерностей между параметрами транспортных потоков и параметрами программы перевозок городского пассажирского транспорта общего пользования, на основе которых будут сформулированы критерии необходимости выделения отдельной полосы для движения городского наземного транспорта на каждом отдельно взятом перегоне маршрутной сети.

## КРАТКИЙ ОБЗОР

Существуют активные и пассивные методы приоритетного пропуска городского массового пассажирского транспорта. К активным относят методы осуществления пропуска путем прямого воздействия на светофорный объект [1].

В данной работе производится обоснование целесообразности выделения полос для движения городского массового пассажирского транспорта общего пользования.

Первым шагом в отечественной практике на пути обоснования целесообразности выделения полос стало «Указание по организации приоритетного движения транспортных средств общего пользования» утвержденное МВД СССР и Минавтотрансом РСФСР в 1983 году<sup>1</sup>. Согласно этому документу приоритет-

<sup>1</sup> Указания по организации приоритетного движения транспортных средств общего пользования. Утверждены МВД СССР 30.06.83, Минавтотрансом РСФСР 28.06.83. М.: Транспорт, 1984. 32с.

ное движение в форме выделенных полос целесообразно производить при выполнении следующих условий:

- интенсивность движения транспорта общего пользования не менее 40 ед/час;
- интенсивность движения остальных транспортных средств (в расчете на одну полосу движения) не менее 400 приведенных ед/час;
- имеется не менее трех полос движения в одном направлении;
- пропускная способность дороги в результате выделения полосы движения для транспорта общего пользования будет достаточна для пропуска остальных транспортных средств; не снижается безопасность движения и обеспечивается приемлемая величина задержек.

На сегодняшний день практическое применение указания нецелесообразно, так как приведенные нормативные значения параметров движения устарели.

В работе О.В. Попова основным критерием целесообразности выделения приоритетного движения городского транспорта общего пользования по выделенным полосам является минимум суммарных затрат времени на передвижение участников транспортного процесса. Автор предлагает сравнивать пропускную способность участка улично-дорожной сети с интенсивностью движения транспортных средств за исключением городского транспорта общего пользования [2].

Ю.Д. Шелков в качестве основных факторов для принятия решения о возможности выделения полос, предназначенных для движения городского массового пассажирского транспорта, считает следующие показатели<sup>2</sup>:

- интенсивность движения транспорта общего пользования;
- интенсивность движения неприоритетных видов транспорта;
- число полос движения в рассматриваемом направлении.

В качестве основного критерия принятия решения о возможности организации выделенных полос в исследованиях С.И. Смирнова выступает сокращение величины суммарной стоимости задержек различных типов транспортных средств. Математическое описание суммарной стоимости задержек приведены в работах Ф.В. Аكوпова, Н.О. Блудяна, Р.С. Айриева, П.И. Хейфиц и М.Р. Якимова [3–8].

Зырянов В.В., Мирончук А.А. в своем исследовании [9–11] рассматривают развитие методов организации приоритетного движения на УДС, а именно концепцию приоритетных выделенных полос прерывного действия (ПППД). Данная концепция впервые была описана в 1996 году Ж. Вигасом. Алгоритм системы ПППД осуществляется по следующим этапам:

- при отсутствии автобусов на участке УДС все полосы открыты для движения индивидуального транспорта;
- при приближении автобуса к ПППД на расчетное расстояние происходит активация системы ПППД;
- активация осуществляется посредством включения управляемых дорожных знаков;
- к моменту приближения автобуса приоритетная полоса освобождается от индивидуального транспорта; автомобилям, входящим на участок ПППД, запрещается въезд и перестроение на приоритетную полосу;
- автобус проходит через участок в приоритетных условиях;
- после выхода автобуса из активной секции полоса ПППД снова становится доступной для индивидуального транспорта.

Оценка эффективности выделенных полос для городского общественного транспорта рассмотрена в работе А.А. Фадюшина, Д.С. Карманова [12]. Оценка производится с помощью определения оптимальных параметров полосы для транспортных средств общего пользования без расширения проезжей части, причем учитывается, что для транспорта индивидуального пользования условия дорожного движения не должны ухудшаться.

И.И.Шлиппе, Л.Ю.Чернобаева, А.В. Ахтеров рассматривают в своей работе подход к анализу эффективности создания выделенных полос городских автобусных маршрутов [13]. Оценка производится на основании экономической оценки свободного времени потребителя транспортной услуги на городском общественном транспорте. Также рассматриваются недостатки выделения полосы для движения общественного транспорта и ущерб движению индивидуального транспорта.

Обоснование возможности выделения полос для движения городского пассажирского транспорта на основе интегрального показателя, учитывающего уровень загрузки улично-дорожной сети и уровень пассажирского

<sup>2</sup> Организация дорожного движения в городах: Методическое пособие; Под. общ. ред. Ю.Д. Шелкова / Научно-исследовательский центр ГАИ МВД России. Москва, 1995. 143 с.

потока рассматриваемого участка, предложено в исследованиях А.М. Беловой [14–16].

В работах ученых из США, Великобритании, Южной Кореи и др. стран в качестве основных факторов для принятия решения о возможности выделения полос, предназначенных для движения городского массового пассажирского транспорта, выделены следующие показатели [17]:

- минимальное значение интенсивности движения приоритетных видов транспорта;
- пассажиропоток на рассматриваемом участке улично-дорожной сети.

В зарубежной практике встречаются такие сетевые критерии, как буферный индекс и буферное время или временной буфер [18-22]. Данные параметры приобрели широкое применение для оценки качества организации дорожного движения во многих странах.

Временной индекс (Travel time index)  $TTI$  – это отношение времени, затраченного транспортным средством на прохождение участка улично-дорожной сети в пиковые периоды ко времени в пути при условиях свободного потока:

$$TTI = \frac{T_{PP}}{T_{FF}}, \quad (1)$$

где  $T_{PP}$  – время, затрачиваемое транспортным средством на прохождение участка в условиях часа пик, мин;

$T_{FF}$  – это время, затрачиваемое транспортным средством на прохождение участка в условиях свободного движения, мин.

Временной индекс  $TTI$  математически достаточно просто определяется и позволяет оценивать влияние высокой загрузки на условия движения на городских и загородных дорогах.

Область применения временного индекса:

- оценка влияния высокой загрузки на условия движения на сегментах городских улиц и дорог;
- оценка влияния транспортной загрузки сети на затраты времени на передвижение по этой сети;
- сопоставительный анализ дорожных условий и качества организации дорожного движения (ОДД) в разных городах или разных районах города;
- оценка влияния высокой загрузки на условия движения на загородных дорогах (подъезд к городам, объезд городов, магистральные автомобильные дороги).

Оценивать качество организации дорожного движения на магистралях предлагается в соответствии с приведенной ниже таблицей 1.

Буферное время оценивается как дополнительные затраты времени  $T_b$ , необходимые для достижения цели передвижения с заданной надёжностью, например, с надёжностью 90% или 95%. Соответственно  $T_b$  определяется как разность

$$T_b = T_{90\%(95\%)} - \bar{T}, \quad (3)$$

где  $T_{90\%(95\%)}$  – продолжительность передвижения с 90% или 95% обеспеченности;  $\bar{T}$  – это средняя продолжительность передвижения.

Рассматриваемый показатель характеризует надёжность функционирования городской улично-дорожной сети или дорожной сети. При этом буферное время  $T_b$  может применяться (используя стоимость пассажира-часа, машино-часа и т.д.) для оценки экономических издержек, которые должен нести пользователь (водитель либо пассажир) в виде дополнитель-

Таблица 1  
Оценка условий движения на сегментах городских улиц и дорог

Table 1  
Traffic conditions assessment in segments of urban streets and roads

Уровень обслуживания	Значение временного индекса $TTI$	Условия движения
A	<1,2	В пиковые периоды не наблюдается ухудшение условий движения, отличные условия движения.
B	1,21 – 1,3	В пиковые периоды наблюдается незначительное ухудшение условий движения.
C	1,31 – 1,5	В пиковые периоды наблюдается ухудшение условий движения.
D	1,51 – 2	В пиковые периоды наблюдается значительное ухудшение условий движения, удовлетворительные условия движения.
E	>2,1	В пиковые периоды сегмент функционирует ненадежно. Возможны заторы, плохие условия движения.

ных затрат времени в результате ненадежности функционирования транспортной системы.

Как видно, существующие методы обоснования необходимости выделения полос для движения городского пассажирского транспорта в основном основаны на показателях интенсивности и пропускной способности движения, а также значениях пассажирского потока на заданном участке улично-дорожной сети.

Рассмотренные методы не в полной мере характеризуют уровень существующих задержек, т. е. дополнительных затрат времени на ожидания, связанных с регулированием дорожного движения на заданном участке улично-дорожной сети города, сочетающем в себе не только показатели интенсивности и пропускной способности, но и параметры светофорного регулирования и длину очереди. Также приведенные выше методы не учитывают долю пассажирского потока в общем количестве участников дорожного движения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для обоснования необходимости выделения полос для движения городского пассажирского транспорта рассмотрим перегон маршрутной сети, по которому в свободном порядке (не имея приоритета) движутся транспортные средства, в том числе и подвижной состав городского пассажирского транспорта.

Технически выделить полосу для движения городского транспорта на дорогах, имеющих менее двух полос движения в одном направлении, не представляется возможным, следовательно, должно выполняться следующее условие:

$$n \geq 2 \quad (4)$$

где  $n$  – число полос движения в одном направлении на рассматриваемом перегоне.

Движение подвижного состава городского пассажирского транспорта на рассматриваемом перегоне маршрутной сети в общем потоке связано с ограничением значения его пропускной способности. Уровень пропускной способности городского пассажирского транспорта, не связанный с технологическими операциями посадки и высадки пассажиров, в основном ограничивается пропускной способностью пересечений улично-дорожной сети города и, как правило, связан с показателем задержки регулирования движения. Показатель

задержки объединяет в себе такие показатели, как интенсивность движения и пропускная способность рассматриваемого участка улично-дорожной сети, длина очереди и параметры светофорного регулирования. Для обеспечения высокой скорости сообщения и повышения привлекательности городского массового пассажирского транспорта необходимо обеспечить приемлемый минимальный уровень задержки.

Параметры движения транспортных средств через регулируемое пересечение улично-дорожной сети целиком зависят от режима светофорного регулирования, т. е. длительности цикла регулирования, а также от длительности его составляющих тактов, фаз и порядка их чередования, при этом основное движение транспортных средств через пересечение осуществляется в период горения разрешающего сигнала светофора.

Следует отметить, что начало движения транспортных средств в момент загорания разрешающего сигнала светофора происходит с некоторой задержкой (стартовая задержка), связанной с разгоном транспортных средств и необходимым временем реакции водителя на смену сигналов светофора. При этом интенсивность движения потока транспортных средств постепенно нарастает до величины, равной пропускной способности рассматриваемого направления [23,24,25,26].

В момент загорания запрещающего сигнала светофора транспортные средства, не имеющие технической возможности остановиться у стоп-линии, продолжают своё движение через пересечение, образуя время «прорыва»<sup>3</sup>.

Таким образом, движение транспортных средств через регулируемое пересечение улично-дорожной сети начинается несколько позже начала горения разрешающего сигнала светофора и заканчивается в период горения запрещающего сигнала светофора. Время фактического осуществления движения транспортных средств через пересечение улично-дорожной сети можно назвать эффективной длительностью фазы.

Следовательно, предельный (минимальный) приемлемый уровень времени задержки городского пассажирского транспорта, в том числе при движении в свободных условиях, должен быть равен длительности цикла регулирования за вычетом времени эффективной длительности фазы

<sup>3</sup> Левашев А.Г., Михайлов А.Ю., Головных И.М. Проектирование регулируемых пересечений: учеб. Пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. 208с.

$$3 = C - g_e \quad (5)$$

где:  $3$  – время задержки городского пассажирского транспорта, сек;

$C$  – длительность цикла регулирования, сек;

$g_e$  – эффективная длительность фазы, сек.

Как показывает практика, существуют перегоны маршрутной сети, задержки транспортного потока на которых приемлемы, или становятся приемлемыми в определенные часы суток. Не редко на таких перегонах работают выделенные полосы, предназначенные для движения городского пассажирского транспорта. Наличие ограничения (5) ставит под сомнение необходимость выделения таких полос на рассматриваемых перегонах маршрутной сети города.

В городе Красноярске существуют перегоны, входящие в состав только одного маршрута движения городского пассажирского транспорта, где работают выделенные полосы, обеспечивающие его приоритет. Эффективность работы и необходимость выделения таких полос вызывают сомнения. Обеспечение приоритета городского пассажирского транспорта должно быть неразрывно связано с величиной пассажирского потока, передвигающегося на рассматриваемом участке улично-дорожной сети. При этом величина пассажирского потока должна быть соразмерной количеству участников, передвигающихся в свободном (без выделения приоритета) потоке по максимально нагруженной полосе движения и двигающихся в одном и том же направлении. Следовательно, справедливо следующее неравенство:

$$Q \geq v_{cn} \cdot q_{mc}, \quad (6)$$

где:  $Q$  – количество пассажиров, передвигающихся по рассматриваемому перегону в единицу времени (например, в час), пасс/час;

$v_{cn}$  – интенсивность движения свободного потока в единицу времени по максимально нагруженной полосе движения (например, в час), прив. ед/час;

$q_{mc}$  – среднее количество пассажиров, находящихся в транспортном средстве из свободного потока движения (за исключением городского пассажирского транспорта), пасс.

Таким образом, учитывая вышесказанное, можно сформулировать следующие условия, наличие которых определяют объективную необходимость обеспечения приоритета городского пассажирского транспорта общего пользования на рассматриваемом перегоне улично-дорожной сети города:

$$\begin{cases} n \geq 2; \\ 3 > C - g_e; \\ Q \geq v_{cn} \cdot q_{mc}. \end{cases} \quad (7)$$

В городе Красноярске произведено обследование перегонов маршрутной сети на предмет их соответствия условиям ограничений (7). На перегонах маршрутной сети, имеющих более двух полос движения в одном направлении, в разное время суток фиксировались:

1. Уровень транспортной задержки, длительность цикла регулирования и его составляющие. Для определения уровня задержки необходимо учитывать транспортные средства, прибывающие к пересечению проезжих частей, но не успевшие его пересечь из-за необходимости остановиться и общее количество транспортных средств прибывающих к пересечению.

2. Мощность пассажирского потока, определялся глазомерным методом непосредственно на перегоне маршрутной сети.

3. Интенсивность движения и количество пассажиров в общем потоке.

В результате обследования выявлено:

1. Около 35% перегонов маршрутной сети имеют выделенные полосы для движения городского пассажирского транспорта. Основное количество перегонов, имеющих выделенные полосы, появилось в рамках подготовки к Универсиаде.

2. Около 10% перегонов маршрутной сети имеющих выделенные полосы для движения маршрутных транспортных средств не отвечают требованиям ограничений (5). Следовательно, необходимость выделения таких полос вызывает сомнение.

3. Около 5% перегонов маршрутной сети имеющих выделенные полосы для движения маршрутных транспортных средств не отвечают требованиям ограничений (6).

4. В межпиковое и вечернее время, количество перегонов маршрутной сети имеющих выделенные полосы для движения маршрутных транспортных средств можно сократить (до 45%).

5. Около 6% перегонов маршрутной сети города, в пиковые часы, соответствуют условиям ограничений (7), следовательно, требуют устройства выделенных полос для движения городского пассажирского транспорта.

Таким образом, результаты проведенного обследования подтверждают необходимость учета условий (7) при принятии решений о необходимости выделения отдельных полос для движения городского пассажирского транспорта.

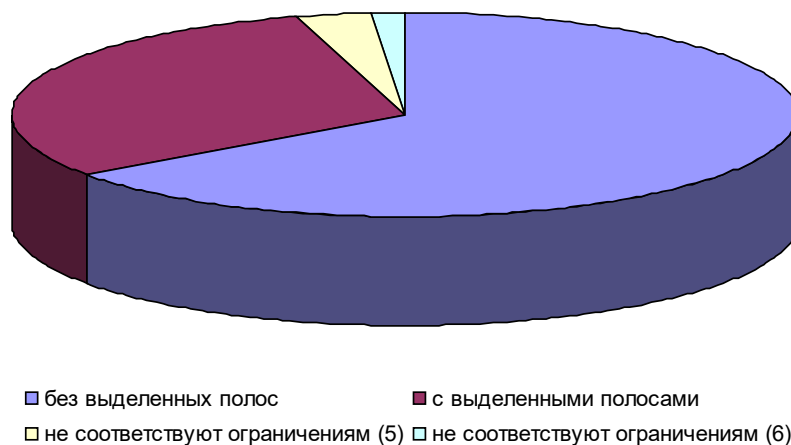


Рисунок 1 – Результаты обследования перегонев маршрутной сети г.Красноярска

Figure 1 – Results of the survey of the Krasnoyarsk route network

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пропускная способность линий городского пассажирского транспорта, не связанная с процессом посадки и высадки пассажиров, во многом ограничивается пропускной способностью пересечений улично-дорожной сети города, на которую существенное влияние оказывают параметры случайных процессов поступления транспортных средств.

Предложенная в работе математическая модель формирует необходимые условия, строгое выполнение которых определяет необходимость обеспечения приоритета городского пассажирского транспорта общего пользования на рассматриваемом участке улично-дорожной сети города. В основу необходимых условий положены такие показатели, как уровень задержки транспортного потока и доля величины пассажирского потока в общем потоке участников движения.

Уровень задержки транспортного потока объединяет в себе такие показатели, как интенсивность движения и пропускная способность рассматриваемого участка улично-дорожной сети, длина очереди и параметры регулирования. Величина пассажирского потока сравнивается с величиной потока участников, передвигающихся в свободном режиме.

Таким образом, используя предложенную модель, можно определить рациональность выделения отдельных полос, движения для транспорта общего пользования в соответствии с уровнем загрузки улично-дорожной сети города, что в свою очередь может стать основой алгоритма работы интерактивных знаков, регулирующих дорожное движение на заданном перегоне улично-дорожной сети города.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лыткина А.А., Михайлов А.Ю. Эффективность применения приоритета городского пассажирского транспорта на регулируемых перекрестках // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. №7(54). С. 60–65.
2. Попова О.В., Горев А.Э., Филимонова А.М. Повышение эффективности использования общественного транспорта за счет выделенных полос // Автотранспортное предприятие. 2010. №8. С. 10–12.
3. Акопов Ф.В., Блудян Н.О., Айриев Р.С. Комплексный подход к организации приоритетного движения наземного пассажирского транспорта // Автотранспортное предприятие. 2014. №11. С. 5-9.
4. Акопов Ф.В., Блудян Н.О., Айриев Р.С., Хейфиц П. И. Регулирование спроса и комплексное управление агломерационными пассажирскими перевозками // Автоматизация и управление в технических системах. 2014. №3(11). С. 66–82.
5. Акопов Ф.В., Блудян Н.О., Айриев Р.С., Реал С. Современная модель организации мультимодальных межрегиональных пассажирских перевозок в условиях агломерации // В мире научных открытий. 2015. №6(66). С. 233–242.
6. Якимов М.Р. Методология обоснования целесообразности выделения обособленных полос для движения общественного транспорта на улично-дорожной сети крупного города // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2011. №2(25). С. 90–95.
7. Якимов М.Р. Показатели качества организации дорожного движения в городах и методы их оценки // Транспорт Урала. 2014. №2(41). С. 90–92.
8. Якимов М.Р. Методика анализа инфраструктурных ограничений системы городского пассажирского транспорта общего пользования // Автотранспортное предприятие. 2011. №9. С. 46-48.
9. Зырянов В.В. Приоритетное движение общественного транспорта: развитие методов орга-



низации // Транспорт Российской Федерации, 2012. № 3-4 (40-41). С. 22-25.

10. Мирончук А.А. Развитие концепции приоритетных полос прерывного действия // Научное обозрение. 2014. №7-3. С. 1050-1052.

11. Мирончук А.А. Исследование влияния уровня развития интеллектуальной транспортной системы на эффективность применения приоритетных полос прерывного действия // Инженерный вестник Дона. 2013. №3(26). 146 с.

12. Фадюшин А.А., Карманов Д.С. Особенности организации дорожного движения в центральной части города Тюмени // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2015. С.102-113.

13. Шлиппе И.И. Чернобаева Л.Ю., Ахтеров А.В. Анализ эффективности создания выделенных полос для городских автобусных маршрутов // Автоматизация и управление в технических системах (АУТС) 2015. № 3. С. 181-189.

14. Горев А.Э., Попова О.В., Филимонова А.М. Повышение эффективности использования общественного транспорта за счет выделенных полос // Автотранспортное предприятие. 2010. С. 10-12.

15. Белова А.М. Основы методики планирования организации выделенных полос для движения общественного транспорта // Вестник гражданских инженеров. 2012. 6(35). С.123-129.

16. Belova A. Technique bases of planning the organization of allocated strips for public transport movement // Bulletin of civil engineers. 2012. Т.6, №35. Pp.123.

17. Лыткина А.А., Михайлов А.Ю. Эффективность применения приоритета городского пассажирского транспорта на регулируемых перекрестках // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. №7(54). С. 60-65.

18. Румянцев Е.А. Совершенствование методов оценки условий движения транспортных потоков на городской улично-дорожной сети // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. №9(68). С. 148-152.

19. Шаров М.И., Михайлов А.Ю., Ковалева Т.С. Оценка надежности работы городского пассажирского транспорта в Иркутске // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 9 (68). С. 174-178.

20. Шаров М.И., Михайлов А.Ю. К вопросу развития современной системы критериев оценки качества функционирования общественного пассажирского транспорта // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. Т. 9, № 19 (146). С. 64-66.

21. Herman R., Ardekani S.A. Characterizing traffic conditions in urban areas // Transportation Science. 1984. № 18 (2). Pp. 101-140.

22. Трофимов. А.В. Временной индекс – критерий оценки влияния загрузки улично-дорожной сети на качество ее функционирования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. №10(105). С. 181-185.

23. Левашев А.Г., Михайлов А.Ю. Основные параметры оценки пропускной способности регулируемых пересечений // ВНИТИ. 2004. №3. С.21-26.

24. Akcelik R. Traffic signals: capacity and timing analysis // Australian Road Research Board Research Report, ARR.1981. No.123. 109p.

25. Olszewski P. Modeling of Queue Probability Distribution at Traffic Signals // Transportation and Traffic Flow Theory, Elsevier Science Publishing Co., Inc., M. Koshi, Ed.. 1990. Pp. 569-588.

## REFERENCES

1. Lytkina A. A. Mikhailov A.Yu. Effektivnost' primeneniya prioriteta gorodskogo passazhirskogo transporta na reguliruemykh perekrestkakh [Effectiveness of urban passenger priority at regulated intersections]. *Bulletin of Irkutsk state technical University*. 2011; 7(54) : 60-65. (in Russian)

2. Popova O. V., Gorev A. E., Filimonova A.M. Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovaniya obshhestvennogo transporta za schet vydelennykh polos [Improving the efficiency of public transport using allocated lanes]. *Motor transport enterprise*. 2010; 8: 10-12. (in Russian)

3. Akopov F.V. Bludyan N.O., Airiev R.S. Kompleksnyj podhod k organizacii prioritetnogo dvizheniya nazemnogo passazhirskogo transporta [Integrated approach to land passenger priority movement]. *Motor transport company*. 2014; 11: 5-9. (in Russian)

4. Akopov F. V. Bludyan N.O., Airiev R.S, Akopov F.V., Heifits P. I. Regulirovanie sprosa i kompleksnoe upravlenie aglomeracionnymi passazhirskimi perevozkami [Demand management and integrated management of sinter passenger transport]. *Automation and control in technical systems*. 2014; 3(11): 66-82. (in Russian)

5. Akopov F. V. Bludyan N. O., Airiev R.S, Akopov F. V., Real S. Sovremennaja model' organizacii mul'timodal'nyh mezhregional'nyh passazhirskih perevozk v usloviyah aglomeracii [Modern model for multimodal interregional passenger transport in agglomeration]. *In the world of scientific discoveries*. 2015; 6(66): 233-242. (in Russian)

6. Yakimov M. R. Metodologija obosnovaniya celesobraznosti vydeleniya obosoblennykh polos dlja dvizheniya obshhestvennogo transporta na ulichno-dorozhnoj seti krupnogo goroda [Methodology for justifying the use of segregated lanes for public transport on a large city's street network]. *Bulletin of the Moscow automobile and road state technical University (MADI)*. 2011; 2(25): 90-95. (in Russian)

7. Yakimov M. R. Pokazateli kachestva organizacii dorozhnogo dvizheniya v gorodah i metody ih ochenki [Urban traffic management quality indicators and measurement methods]. *Transport of the Urals*. 2014; 2(41): 90-92. (in Russian)

8. Yakimov M. R. Metodika analiza infrastrukturyh ogranichenij sistemy gorodskogo passazhirskogo transporta obshhego pol'zovaniya [How to analyse the infrastructural constraints of public urban passenger transport]. *Motor transport enterprise*. 2011; 9-P: 46-48. (in Russian)

9. Zyryanov V.V. Mironchuk A.A. Prioritetnoe dvizhenie obshhestvennogo transporta: razvitie metodov organizacii [Priority traffic in public transport: development of methods of organization]. *Transport of the Russian Federation*. 2012; 3-4 (40-41): 22-25. (in Russian)

10. Myronchuk A. A. Razvitie koncepcii prioritetyh polos preryvnogo dejstvija [Development of the concept of priority bands for intermittent action]. *Scientific review*. 2014; 7: 1050-1052. (in Russian)

11. Myronchuk A. A. Issledovanie vlijaniya urovnja razvitiya intellektual'noj transportnoj sistemy na jeffektiv-

nost' primeneniya prioritnykh polos preryvnogo dejstviya [Study on the impact of the level of development of the intelligent transport system on the efficiency of the use of priority intermittent lanes]. *Engineering journal of don*. 2013; 3(26): 146. (in Russian)

12. Fadyushin A. A., Karmanov D. S. Osobennosti organizatsii dorozhnogo dvizheniya v central'noj chasti goroda Tjumeni [Features of traffic management in the central city of Tiumen]. *Transport. Transport construction. Ecology*. 2015. 102–113. (in Russian)

13. Slippe I., Chernobaeva L. Yu., Akhterov A. V. Analiz jeffektivnosti sozdaniya vydelennykh polos dlja gorodskih avtobusnykh marshrutov [Urban bus lane performance analysis]. *Automation and control in technical systems (OUPS)*. 2015; 3: 181–189. (in Russian)

14. Gorev A. E., Popova O. V., Filimonov A. M. Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovaniya obshhestvennogo transporta za schet vydelennykh polos [Improving the efficiency of public transport using allocated lanes]. *Motor transport enterprise*. 2010. 10–12. (in Russian)

15. Belova A. M. Osnovy metodiki planirovaniya organizatsii vydelennykh polos dlja dvizheniya obshhestvennogo transporta [Basics of Public Transport Lane Planning Methodology]. *Bulletin of civil engineers*. 2012; 6 (35): 123–129. (in Russian)

16. Belova A. Technique bases of planning the organization of allocated strips for public transport movement. *Bulletin of civil engineers*. 2012; 6 (35): 123.

17. Lytkina A. A., Mikhailov A. Yu. Jeffektivnost' primeneniya prioriteta gorodskogo passazhirskogo transporta na reguliruemym perekrestkah [Effectiveness of urban passenger priority at regulated intersections]. *Bulletin of Irkutsk state technical University*. 2011; 7(54): 60–65. (in Russian)

18. Rumyantsev E. A. Sovershenstvovanie metodov ocenki uslovij dvizheniya transportnykh potokov na gorodskoj ulichno-dorozhnoj seti [Improvement of urban traffic assessment methods]. *Bulletin of the Irkutsk state technical University*. 2012; №9(68): 148–152. (in Russian)

19. Sharov M. I., Mikhailov A. Yu., Kovaleva T. S. Ocenka nadezhnosti raboty gorodskogo passazhirskogo transporta v Irkutске [Assessment of the safety of urban passenger transport in Irkutsk]. *Bulletin of the Irkutsk state technical University*. 2012; 9 (68): 174–178. (in Russian)

20. Sharov M. I., Mikhailov A. Yu. K voprosu razvitiya sovremennoj sistemy kriteriev ocenki kachestva funkcionirovaniya obshhestvennogo passazhirskogo transporta [On the development of a modern system of criteria for evaluating the quality of public passenger transport]. *Izvestiya Volgograd state technical University*. 2014; 19 (146): 64–66. (in Russian)

21. Herman R., Ardekani S.A. Characterizing traffic conditions in urban areas. *Transportation Science*. 1984; 18 (2): 101–140.

22. Trofimov A.V. Vremennoj indeks – kriterij ocenki vliyanija zagruzki ulichno-dorozhnoj seti na kachestvo ee funkcionirovaniya [Time index – measure of the impact of traffic congestion on the quality of traffic]. *Bulletin of the Irkutsk state technical University*. 2015; №10(105): 181–185. (in Russian)

23. Levashev A.G., Mikhailov A.Yu. Osnovnye parametry ocenki propusknogo sposobnosti reguliruemym

peresechenij [Basic parameters for assessing the capacity of regulated intersections]. VNIIT. 2004; (3): 21–26. (in Russian)

24. Akcelik R. Traffic signals: capacity and timing analysis. *Australian Road Research Board Research Report, ARR*. 1981; (123) : 109.

25. Olszewski P. Modeling of Queue Probability Distribution at Traffic Signals. *Transportation and Traffic Flow Theory, Elsevier Science Publishing Co., Inc., M. Koshi, Ed.* 1990, pp. 569–588.

## ВКЛАД СОАВТОРОВ

Фомин Е.В. Разработка методики необходимости обеспечения приоритета городского пассажирского транспорта общего пользования. Анализ состояния вопроса.

Зеер В.А. Обзор литературных источников.

Арефьева Е.С. Обзор литературных источников.

Голуб Н.В. Обзор литературных источников.

## AUTHORS' CONTRIBUTION

Evgenii V. Fomin – the development of a methodology for ensuring the priority of urban public passenger transport, the analysis of the issue status.

Vladimir A. Zeer – a literary sources review.

Elena S. Arefieva – a literary sources review.

Natalia V. Golub – a literary sources review.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Фомин Евгений Валерьевич – канд. техн. наук, доц. кафедры транспорта Сибирского федерального университета, Scopus ID: 57212171682, (660074, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, д.26, e-mail:2325337@mail.ru).

Зеер Владимир Андреевич – канд. техн. наук, доц. кафедры транспортно-технологических машин Сибирского федерального университета, (660074, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, д.26, e-mail: zeer.vladimir@mail.ru).

Арефьева Елена Сергеевна – студент кафедры транспорта Сибирского федерального университета

Голуб Наталья Викторовна – старший преподаватель кафедры транспорта Сибирского федерального университета.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Evgenii V. Fomin – Cand. of Sci., Associate Professor of the Transport Department, Siberian Federal University, Scopus ID: 57212171682, (660074, Krasnoyarsk, Akademik Kirenskii Street, 26, e-mail:2325337@mail.ru).

Vladimir A. Zeer -Cand. of Sci., Associate Professor of the Transport and Technological Machines Department, Siberian Federal University, (660074, Krasnoyarsk, Akademik Kirenskii Street, 26, e-mail: zeer.vladimir@mail.ru).

Elena S. Arefieva – student of the Transport Department, Siberian Federal University

Natalia V. Golub – senior lecturer of the Transport Department, Siberian Federal University.