

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОСТАНОВОЧНОГО ПУНКТА ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

**А. А. Фадюшин**

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия  
e-mail: fadjushinaa@tyuiu.ru

**Аннотация.** В статье описано исследование по определению оптимальных параметров остановочного пункта общественного транспорта. Одно из направлений государственной политики в сфере транспортного обслуживания населения в городах является развитие и приоритет движения общественного транспорта. Сокращение временных задержек общественного транспорта позволяет повысить его привлекательность и увеличить количество пользователей. На участке улично-дорожной сети с остановочным пунктом общественного транспорта значительное влияние на время задержки индивидуального и общественного транспорта оказывают длина остановочной площадки и расстояние удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка. Целью исследования является уменьшение потерь времени участников дорожного движения за счет оптимизации параметров остановочного пункта общественного транспорта на основе установленных зависимостей времени задержки транспортными средствами от длины остановочной площадки и расстояния удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка. В работе используются методы имитационного и математического моделирования, теория транспортных потоков, методы натурного наблюдения и статистического анализа. В теоретической части исследования описаны процессы движения транспортных потоков индивидуального и общественного транспорта, определена гипотеза исследования о виде математических моделей времени задержки индивидуального и общественного транспорта от параметров остановочного пункта (длина остановочной площадки и расстояние удаления до стоп-линии регулируемого перекрестка) и целевая функция. Для проведения экспериментальных исследований применяется имитационное моделирование движения транспортных потоков. Разработаны математические модели влияния длины остановочной площадки и расстояния удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка на среднее время задержки индивидуального и общественного транспорта при разной интенсивности движения индивидуального и общественного транспорта, которые описываются степенной функцией. На основе полученных результатов разработана методика определения оптимальных параметров остановочного пункта. С применением методики на одном участке улично-дорожной сети с остановочным пунктом общественного транспорта возможно снижение временных задержек на 10%. Научная новизна исследования заключается в установлении зависимости времени задержки индивидуального и общественного транспорта от параметров остановочного пункта (длина остановочной площадки и расстояние удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка). Дальнейшие исследования будут направлены на изучение влияния параметров остановочного пункта на выбор оптимального способа приоритета автобусам при проезде регулируемых перекрестков за счет адаптивного управления световыми объектами.

**Ключевые слова:** общественный транспорт, остановочный пункт, время задержки, автомобили, автобусы, математическая модель, транспортное моделирование.

**Благодарности:** статья подготовлена в рамках реализации государственного задания в сфере науки на выполнение научных проектов, реализуемых коллективами научных лабораторий образовательных организаций высшего образования, подведомственных Минобрнауки России по проекту «Новые закономерности и решения для функционирования городских транспортных систем в парадигме "Переход от владения личным автомобилем к мобильности как услуге"» (№ 0825-2020-0014, 2020–2022 гг.).

**Для цитирования:** Фадюшин А. А. Методика определения оптимальных параметров остановочного пункта общественного транспорта // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 6. – С. 124–134, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-6-124>.

## METHODOLOGY FOR DETERMINING THE OPTIMAL PARAMETERS OF A PUBLIC TRANSPORT STOP POINT

**A. A. Fadyushin**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

e-mail: fadjushinaa@tyuiu.ru

**Abstract.** The article describes a study to determine the optimal parameters of a public transport stop. One of the directions of state policy in the field of transport services for the population in cities is the development and priority of public transport. Reducing the time delays of public transport can increase its attractiveness and increase the number of users. On a section of the road network with a stopping point for public transport, the length of the stopping area and the distance from the stopping point to the stop line of the regulated intersection have a significant impact on the delay time of individual and public transport. The aim of the study is to reduce the loss of time for road users by optimizing the parameters of a public transport stopping point based on the established dependencies of vehicle delay time on the length of the stopping area and the distance from the stop point to the stop line of the regulated intersection. The work uses the methods of simulation and mathematical modeling, the theory of traffic flows, methods of field observation and statistical analysis. In the theoretical part of the study, the processes of movement of traffic flows of individual and public transport are described, the hypothesis of the study on the type of mathematical models of the delay time of individual and public transport from the parameters of the stopping point (the length of the stopping area and the distance to the stop line of the regulated intersection) and the objective function are defined. To conduct experimental studies, simulation modeling of the movement of traffic flows is used. Mathematical models have been developed for the influence of the length of the stopping area and the distance of the stopping point from the stop line of the regulated intersection on the average delay time of individual and public transport at different traffic intensity of individual and public transport, which are described by a power function. On the basis of the results obtained, a method for determining the optimal parameters of the stopping point has been developed. Using the methodology on one section of the road network with a public transport stop, it is possible to reduce time delays by 10%. The scientific novelty of the study lies in establishing the dependence of the delay time of individual and public transport on the parameters of the stopping point (the length of the stopping area and the distance of the stopping point from the stop line of the regulated intersection). Further research will be aimed at studying the influence of the stopping point parameters on the choice of the optimal priority method for buses when passing regulated intersections due to the adaptive control of traffic light objects.

**Key words:** cars, buses, public transport, bus stop, delay time, mathematical model, transport modeling.

**Acknowledgements:** the research was prepared as part of the implementation of a state assignment in the field of science for scientific projects carried out by teams of researchers in scientific laboratories of Industrial University of Tyumen subordinate on the project: “New patterns and solutions for the functioning of urban transport systems in the paradigm” Transition from owning a personal car to mobility as a service””.

**Cite as:** Fadyushin, A. A. (2022) [Methodology for determining the optimal parameters of a public transport stop point]. *Intellekt. Innovacii. Investicii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 6, pp. 124–134, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-6-124>.

### Введение

Государственная политика Российской Федерации в сфере транспортного обслуживания населения направлена на развитие и приоритет движения городскому пассажирскому общественному транспорту.

Повысить привлекательность общественного транспорта возможно за счет повышения скорости сообщения, так как наибольшее влияние на выбор способа перемещения оказывают временные параметры. Перераспределение спроса с индивидуального на общественный транспорт позволит сократить уровень загрузки автомобильных дорог и уменьшить количество заторов.

В Российской Федерации около 1100 городов, только в семи городах функционирует метрополи-

тен, а в 62 городах действуют трамвайные системы. Автобус – самый распространённый вид подвижного состава общественного транспорта в России. Количество поездок на автобусах за 2021 год составило около 8 млн. или 59% от общего количества поездок пользователей городского пассажирского общественного транспорта. Значительная доля времени рейса на маршруте составляет время проезда участка улично-дорожной сети вблизи остановочного пункта, в том числе время на осуществление посадки-высадки пассажиров.

Повышенный уровень дублирования маршрутов общественного транспорта вызывает высокую интенсивность движения автобусов на магистральных улицах. Это приводит к возникновению заторов из маршрутных транспортных средств на остано-

вочных пунктах и увеличению времени ожидания общественного транспорта или времени задержки пассажиров [12].

Поэтому исследования, направленные на снижение потерь времени всех участников дорожного движения при движении транспортных средств вблизи остановочных пунктов за счет оптимизации параметров остановочного пункта, являются актуальными.

Целью исследования является уменьшение потерь времени участников дорожного движения за счет оптимизации параметров остановочного пункта общественного транспорта на основе установленных зависимостей времени задержки транспортных средств от длины остановочной площадки и расстояния удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка.

### Обзор литературы

Остановочный пункт является важным элементом инфраструктуры городского пассажирского общественного транспорта. Например, в Тюмени количество остановочных пунктов примерно равняется количеству маршрутных автобусов и составляет около 1100 ед. Для повышения качества обслуживания пассажиров общественного транспорта в настоящее время в Российской Федерации появляются остановочные пункты с отапливаемым закрытым павильоном, «умные остановки». Но одним из важных критериев качества являются время ожидания общественного транспорта и поездки пассажиров [10]. В соответствии с ФЗ № 443 «Об организации дорожного движения» параметром, оценивающим эффективность организации движения, является потеря времени или время задержки.

Согласно нормативной документации ОСТ 218.1.002-2003 «Автобусные остановки на автомобильных дорогах. Общие технические требования» длина остановочной площадки остановочного пункта общественного транспорта (далее – ОТ) изменяется от 20 до 80 метров. Расстояние удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка обычно составляет не менее 20 метров. В последнее время на участках улично-дорожной сети с полосой для маршрутных ТС создают остановочные пункты без заездных карманов. Такой вид остановочного пункта применяется на участках улично-дорожной сети, на которых большая часть маршрутных ТС совершает остановку для осуществления посадки-высадки пассажиров.

В исследованиях Димовой И. П. [2] представлены математические модели по расчету пропускной способности остановочного пункта ОТ и предложен алгоритм определения его оптимальных параметров.

В диссертации Зедгенизова А. В. [3] разработана методика расчета пропускной способности оста-

новочных пунктов на основе определенного пассажирообмена.

В исследованиях Липенкова А. В. [6, 7] описано влияние временных параметров (времени посадки-высадки пассажиров, времени убытия от остановочного пункта, потери времени из-за взаимных помех между маршрутными транспортными средствами), светофорного регулирования и расположения на пропускную способность остановочного пункта.

В работе [9] авторы предложили порядок определения пропускной способности остановочного пункта, который позволяет установить предельную интенсивность движения ОТ. В работе остановочный пункт рассматривается как многоканальная однофазовая система массового обслуживания с очередью.

Исследователи из Оренбургского государственного университета Исхаков М. М., Рассоха В. И. в работе [4] рассматривают модели поведения водителей при занятии свободного места на остановочной площадке.

В работе [8] описано влияние наличия заездного кармана остановочного пункта на временные задержки участников движения. Авторы отмечают, что временные задержки ИТ и ОТ формируются на участке улично-дорожной сети рядом с остановочным пунктом, как при наличии заездного кармана, так и при расположении остановочной площадки на основной полосе.

В исследованиях [11, 16] анализируется разное расположение и конфигурации остановочных пунктов ОТ на эксплуатационные характеристики транспортного потока с точки зрения времени задержки. Определено, что наличие остановочного пункта вблизи регулируемого перекрестка существенно увеличивает время задержки при высокой интенсивности движения транспорта.

Результаты исследования [13, 15] показывают, что на участке улично-дорожной сети с остановочным пунктом в заездном кармане поток из маршрутных транспортных средств (далее – ТС) оказывает наименьшее влияние на время задержки ИТ и велосипедистов, по сравнению с другими конфигурациями.

В исследовании [14] описывается, что среднее время задержки ОТ на остановочном пункте значительно увеличивается при интенсивности движения ОТ более 85 ТС/ч при среднем времени обслуживания 50 секунд, фазовом коэффициенте 0,65 и вместимости остановочного пункта не более двух маршрутных ТС. Время задержки ОТ на остановочном пункте значительно увеличивается, когда время обслуживания становится более 60 секунд при интенсивности движения ОТ 54 ТС/ч.

В работе [5] авторы предлагают регулировать интенсивность движения ОТ на остановочных пун-

ктах в целях повышения эффективности работы маршрутов ОТ и снижения временных задержек. В исследовании [1] установлено, что высокая доля маршрутных ТС малой вместимости в потоке ОТ является основной причиной возникновения очередей на остановочном пункте.

В вышеописанных исследованиях оптимизация параметров остановочного пункта в большей части основывается на пропускной способности остановочного пункта или времени задержки ОТ. Научная проблема заключается в отсутствии зависимости влияния длины остановочной площадки и расстояния удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка на время задержки ИТ и ОТ при разных интенсивностях движения ИТ и ОТ.

### Теоретические исследования

Объектом исследования является процесс формирования времени задержки пользователей индивидуального и общественного транспорта на магистральных улицах регулируемого движения.

В работе рассмотрен участок улично-дорожной сети с остановочным пунктом ОТ с наличием заездного кармана, расположенный после регулируемого перекрестка, на котором останавливаются только автобусы средней вместимости (автобусы среднего класса).

Время в пути одного маршрутного ТС на участке улично-дорожной сети с остановочным пунктом ОТ включает шесть составляющих и определяется формулой (1):

$$t_{OT} = t_{оз} + t_{дз} + t_{п/в} + t_{об} + t_{дв} + t_{св}, \quad (1)$$

где

- $t_{OT}$  – время в пути маршрутного ТС на участке улично-дорожной сети, с;
- $t_{оз}$  – время ожидания (когда скорость движения равна нулю) маршрутного ТС в очереди на заезд на остановочную площадку, с;
- $t_{дз}$  – время в движении при заезде на остановочную площадку, с;
- $t_{п/в}$  – время на осуществление посадки-высадки пассажиров, с;
- $t_{св}$  – время проезда регулируемого перекрестка, с;
- $t_{об}$  – время ожидания (когда скорость движения равна нулю) маршрутного ТС в очереди на выезд с остановочного пункта, с;
- $t_{дв}$  – время в движении на выезд с остановочного пункта, с.

Время задержки ОТ определяется из двух составляющих – времени ожидания маршрутного ТС в очереди на заезд на остановочную площадку и на выезд с остановочного пункта.

Время в пути одного индивидуального ТС на участке улично-дорожной сети с остановочным пунктом ОТ включает четыре составляющих и определяется формулой (2):

$$t_{ИТ} = t_{пр} + t_{оз} + t_{об} + t_{св}, \quad (2)$$

где

- $t_{ИТ}$  – время в пути ТС на участке улично-дорожной сети, с;
- $t_{пр}$  – время проезда на исследуемом участке улично-дорожной сети (когда скорость движения не равна нулю), с;
- $t_{оз}$  – время ожидания в очереди заезда маршрутных ТС на остановочную площадку, с;
- $t_{об}$  – время ожидания в очереди выезда маршрутных ТС с остановочного пункта, с;
- $t_{св}$  – время проезда регулируемого перекрестка, с.

Время задержки ИТ определяется из времени ожидания заезда маршрутных ТС на остановочную площадку и выезда с нее.

Описанные процессы движения схематически представлены на рисунке 1.

При небольшой длине остановочной площадки остановочного пункта высока вероятность, что маршрутное ТС встанет в очередь на заезд на остановочную площадку. Повысить пропускную способность остановочного пункта возможно за счет увеличения длины остановочной площадки, тем самым повысить возможное количество маршрут-

ных ТС для осуществления одновременной посадки-высадки пассажиров. Повышение пропускной способности остановочного пункта ОТ способствует уменьшению времени ожидания заезда маршрутных ТС на остановочную площадку до определенного минимального значения. Если пропускная способность остановочного пункта больше интенсивности движения ОТ, то увеличение длины остановочной площадки незначительно влияет на время ожидания или время задержки ИТ и ОТ. Темп снижения временных задержек ИТ и ОТ уменьшается с увеличением длины остановочной площадки.

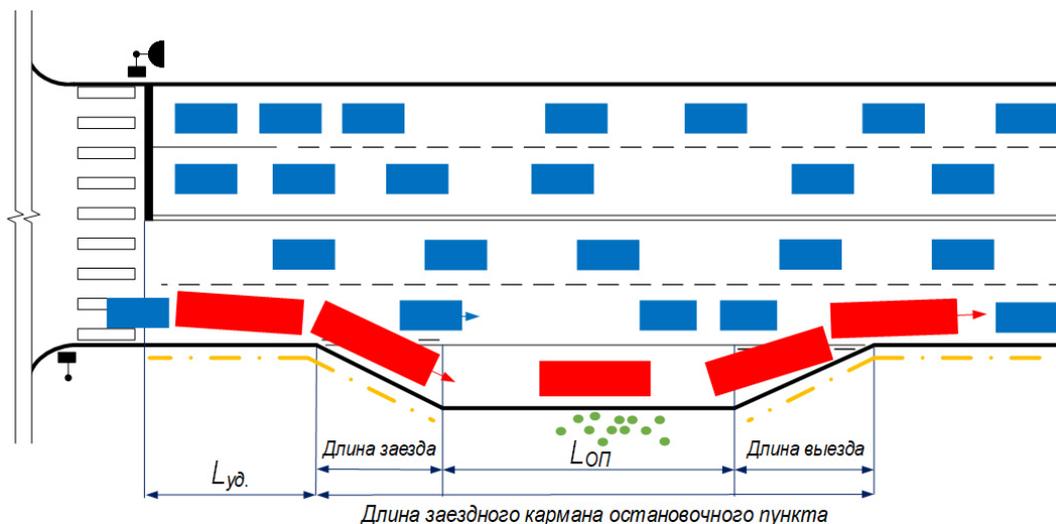


Рисунок 1. Процесс движения транспорта на участке улично-дорожной сети с остановочным пунктом, находящимся после регулируемого перекрестка

Источник: разработано автором

С увеличением длины повышается вероятность события, когда пропускная способность больше.

Время задержки ОТ не включает время, затрачиваемое на осуществление посадки и высадки

пассажирами на остановочной площадке остановочного пункта ОТ. Исходя из этого, время задержки ИТ и ОТ будет зависеть от следующих факторов (формула 3):

$$t_{зj} = f(L_{оп}, L_{уд}), \tag{3}$$

где

$t_{зj}$  – время задержки ТС  $j$ -го вида транспорта на участке улично-дорожной сети, с;

$L_{оп}$  – длина остановочной площадки остановочного пункта ОТ, м;

$L_{уд}$  – расстояние удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка, м.

На основе описанных процессов движения ТС на участке улично-дорожной сети с остановочным пунктом ОТ сформулирована гипотеза исследования о виде математических моделей времени задержки ИТ и ОТ от параметров остановочного пункта ОТ.

Гипотеза исследования: при увеличении длины

остановочной площадки и расстояния удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка среднее время задержки для ИТ и ОТ уменьшается, влияние описывается степенной математической моделью (формулы 4 и 5):

$$t_{зj} = a \cdot L_{оп}^c, \tag{4}$$

$$t_{зj} = b \cdot L_{уд}^d, \tag{5}$$

где

$a, b$  – параметры чувствительности к изменению длины остановочной площадки и расстояния удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка, соответственно, с/м;

$c, d$  – параметры чувствительности.

В соответствии с поставленной целью и теоретическими исследованиями разработана целевая

функция: время задержки стремится к минимальному значению и имеет вид (формула 6):

$$t_{зj} \approx f(L_{оп}, L_{уд}) \rightarrow \min. \tag{6}$$

### Экспериментальные исследования

Анализ параметров остановочных пунктов города Тюмени вблизи регулируемых перекрестков показал, что значения длины остановочной площадки изменяются незначительно (от 20 до 40 м). Поэтому для установления влияния фактора во всем диапазоне регламентируемого значения (ОСТ 218.1.002-2003) и исключения погрешности результатов измерения под действием других факторов (режим работы светофоров, схема организации дорожного движения, параметры автомобильной дороги и так далее) применяется имитационное моделирование.

Экспериментальные исследования проведены в несколько этапов:

- определение параметров движения транспортных потоков на различных участках улично-дорожной сети с остановочным пунктом ОТ;
- создание имитационных моделей движения ИТ и ОТ в PTV Vissim;
- калибровка имитационных моделей движения ИТ и ОТ;

- анализ результатов моделирования и оценка адекватности имитационных моделей;
- определение параметров математических моделей и оценка их адекватности.

Согласно разработанным Министерством транспорта Методическим рекомендациям<sup>1</sup> главной задачей калибровки имитационной модели является поиск такого набора параметров, при котором наблюдается максимальное соответствие моделируемым значениям с наблюдаемыми в реальности. На реальном перекрестке определялась пропускная способность в сечении стоп-линии, а также аналогичный показатель в имитационной модели. Среднеквадратичное относительное отклонение значения пропускной способности по результатам имитационного моделирования от фактического значения, полученного на реальном объекте улично-дорожной сети, не превышает 1,7%. Параметры по оценке адекватности и качества имитационных моделей представлены в таблице 1. По результатам расчетов принята нулевая гипотеза о равенстве выборок (моделируемых и наблюдаемых значений).

Таблица 1. Параметры адекватности и качества имитационных моделей

Параметры	Значение параметров
Средняя абсолютная ошибка	0,22
Средняя относительная ошибка	-0,8%
Среднеквадратичное отклонение	0,5
Относительное среднеквадратичное отклонение	1,7%
Коэффициент корреляции	0,94
Расчетное значение <i>t</i> -критерия Стьюдента	1,35
Табличное значение <i>t</i> -критерия Стьюдента	2,04

Источник: разработано автором

Влияние длины остановочной площадки остановочного пункта на среднее время задержки ИТ и ОТ представлено на рисунках 2 и 3.

При увеличении длины остановочной площадки с 20 до 60 метров среднее время задержки ИТ уменьшается на 22%, и среднее время задержки ОТ уменьшается на 50%. Значительное уменьшение среднего времени задержки происходит при увеличении остановочной площадки до 30 м. Дальнейшее увеличение длины остановочной площадки оказы-

вает менее интенсивное изменение. При минимальном значении расстояния удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка (20 м) среднее время задержки ИТ и ОТ изменяется значительно. Зависимость носит нелинейный характер и описывается степенной моделью.

Математические модели среднего времени задержки (при  $N_{ИТ} = 1200$  ТС/ч и  $N_{ОТ} = 120$  ТС/ч) от длины остановочной площадки остановочного пункта ОТ (при  $L_{\text{од}} = 40$  м) представлены в формулах 7 и 8:

$$t_{\text{зИТ}} = 739 \cdot L_{\text{оп}}^{-0,19}, \quad (7)$$

$$t_{\text{зОТ}} = 21203 \cdot L_{\text{оп}}^{-0,98}. \quad (8)$$

<sup>1</sup> Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Использование программных продуктов математического моделирования транспортных потоков при оценке эффективности проектных решений в сфере организации дорожного движения – Москва, 2017. – 72 с.

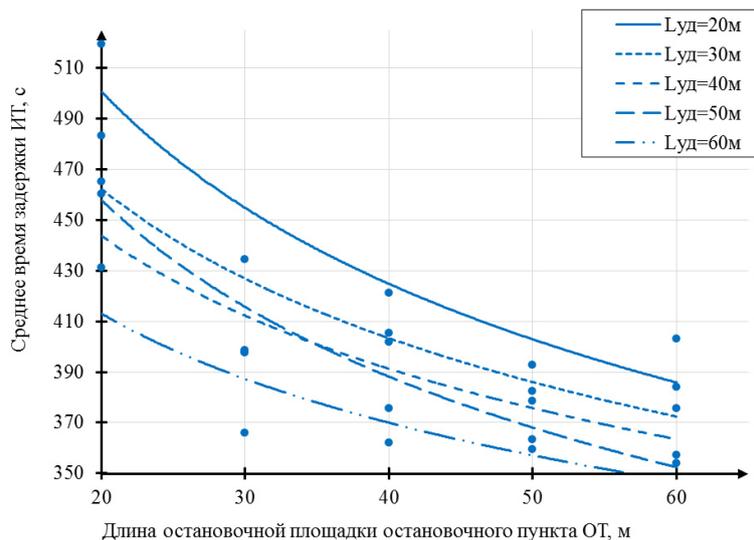


Рисунок 2. Влияние длины остановочной площадки при разном расстоянии удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка на среднее время задержки индивидуального транспорта  
Источник: разработано автором

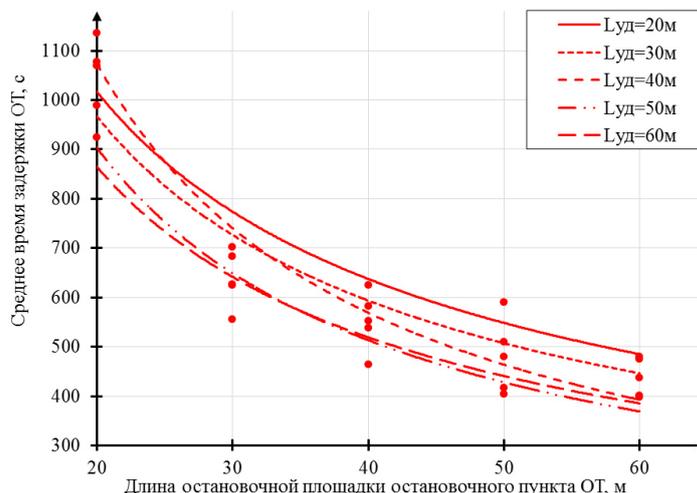


Рисунок 3. Влияние длины остановочной площадки при разном расстоянии удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка на среднее время задержки общественного транспорта  
Источник: разработано автором

Влияние расстояния удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка на среднее время задержки ИТ и ОТ представлено на рисунках 3 и 4.

При увеличении расстояния удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка с 20 до 60 метров среднее время задержки ИТ уменьшается на 18%, и среднее время задержки ОТ уменьшается на 10%. Резкое уменьшение времени задержки наблюдаются при увеличении рас-

стояния удаления до стоп-линии регулируемого перекрестка до 30 метров и только при минимальном значении длины остановочной площадки. Зависимость носит нелинейный характер и описывается степенной моделью.

Математические модели среднего времени задержки (при  $N_{ИТ} = 1200$  ТС/ч и  $N_{ОТ} = 120$  ТС/ч) от расстояния удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка (при  $L_{ОП} = 40$  м) представлены в формулах 9 и 10:

$$t_{зИТ} = 589 \cdot L_{уд}^{-0,11} \tag{9}$$

$$t_{зОТ} = 1249 \cdot L_{уд}^{-0,28} \tag{10}$$

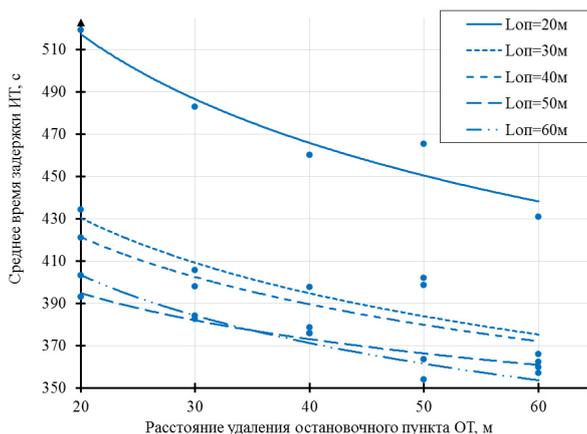


Рисунок 4. Влияние расстояния удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка при разной длине остановочной площадки на среднее время задержки индивидуального транспорта  
Источник: разработано автором

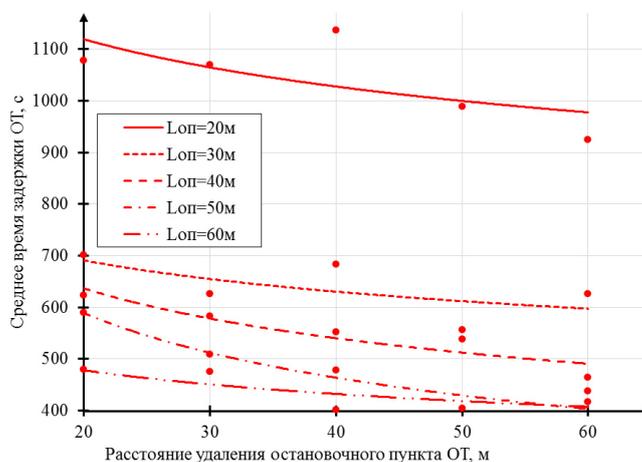


Рисунок 5. Влияние расстояния удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка при разной длине остановочной площадки на среднее время задержки общественного транспорта  
Источник: разработано автором

**Практическое применение результатов**

Оптимальные параметры остановочного пункта определяются с учетом интенсивности движения ИТ и ОТ, при определенном расстоянии удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка. Оптимальным значением параметра остановочного пункта будет являться то значе-

ние, после увеличения которого время задержки ИТ и ОТ будет меняться незначительно. Оптимальные значения длины остановочной площадки при разных интенсивностях движения ИТ и ОТ (при расстоянии удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка 30 м) представлены в таблице 2.

Таблица 2. Оптимальные значения длины остановочной площадки при разных интенсивностях движения ИТ и ОТ

Интенсивность движения ОТ, ТС/ч	Интенсивность движения ИТ, ТС/ч			
	800	1000	1200	...
80	35 м	35 м	40 м	...
100	40 м	42 м	45 м	...
120	50 м	50 м	52 м	...
...	...	...	...	...

Источник: разработано автором

На основе установленных математических моделей разработана Методика определения оптимальных параметров остановочного пункта ОТ. Применение методики позволяет снизить среднее время задержки ИТ и ОТ на 10%. Например, при отдалении остановочного пункта «ул. Первомайская» в г. Тюмени от регулируемого перекрестка с 15 до 30 метров время задержки для всех пассажиров ИТ и ОТ уменьшается на 7 часов (что соответствует 10%) за утренний час «пик» (с учетом двух часов «пик» в рабочие дни – более 2,5 тыс. часов в год). Для пассажирских автотранспортных предприятий или пользователей индивидуальным транспортом экономический эффект (на основе затрат на топливо) от применения Методики составит около 120 тыс. рублей в год.

Масштаб эффекта при применении Методики увеличивается при проверке и оптимизации параметров инфраструктуры объектов городской транспортной системы. В городе Тюмени существует около 1100 остановочных пунктов, при проведении аудита организации дорожного движения возможно использование разработанной Методики.

### Заключение

Научная новизна исследования заключается в установлении зависимости влияния параметров остановочного пункта на время задержки индивидуального и общественного транспорта при разных интенсивностях движения индивидуального и общественного транспорта. Длина остановочной площадки и расстояние удаления остановочного пункта до стоп-линии регулируемого перекрестка оказывают существенное влияние на время задержки индивидуального и общественного транспор-

та на участке улично-дорожной сети с остановочным пунктом.

Оптимизация параметров остановочного пункта является малозатратным мероприятием по развитию транспортной системы города, которое может снизить потери времени для пользователей как индивидуального, так и для общественного транспорта.

При создании дорожно-транспортной инфраструктуры застраиваемой территории результаты исследования могут быть актуальны при проектировании автомобильных дорог. Определение оптимальных параметров остановочных пунктов необходимо для резервирования земельных участков для планируемых объектов. Для существующей улично-дорожной сети анализ оптимальности параметров остановочных пунктов общественного транспорта можно проводить на этапе паспортизации дорог или в рамках текущей деятельности балансодержателя дорог в координации с организатором перевозок маршрутным общественным транспортом.

При уменьшении времени задержки общественного транспорта на остановочных пунктах увеличивается скорость сообщения. При значительном снижении потерь времени автобусов на маршрутах возможно высвобождение подвижного состава, снижение расхода топлива, выбросов вредных веществ с отработавшими газами и повышение эффективности работы подвижного состава. Так же возможно увеличение количества рейсов без изменения числа автобусов, что позволяет снизить интервалы движения, уменьшить наполняемость салона, т.е. повысить качество транспортного обслуживания населения общественным транспортом.

### Литература

1. Аверьянов Ю. И., Асфур Х. М. А., Голеньев Н. С. Исследование интенсивности движения городского пассажирского транспорта через остановочные пункты // *International Journal of Advanced Studies*. – 2021. – Т. 11. – № 3. – С. 45–56. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2021-11-3-45-56>. EDN: NHUTFH.
2. Димова И. П., Грачев И. П. Определение пропускной способности остановочных пунктов на современном этапе развития пассажирских перевозок // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. – 2008. – № 4(36). – С. 66–70. EDN: JWXIXJ.
3. Зедгенизов А. В. Повышение эффективности дорожного движения на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта: специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»: дис. ... канд. техн. наук. – Иркутск, 2008. – 197 с.
4. Исааков М. М., Рассоха В. И. «Человеческий фактор» в организации работы маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах // *«Вестник Оренбургского государственного университета»*. – 2008. – № 1. – С. 144–149. EDN: IJVGJV.
5. Лебедев Е. А., Ягубян А. С., Авджиян В. А. Влияние транспортных пересечений маршрута на пропускную способность остановочных пунктов // *Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ»*. – 2019. – № 2. – С. 139–145. EDN: CDZXXU.
6. Липенков А. В. Исследование влияния регулируемого пересечения на пропускную способность остановочного пункта // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. – 2015. – № 9(104). – С. 113–121. EDN: UJWFKD.
7. Липенков А. В. О влиянии месторасположения павильона для пассажиров на пропускную способность остановочного пункта городского пассажирского транспорта // *Вестник гражданских инженеров*. – 2013. – № 5. – С. 177–183. EDN: RTGLKV.

8. Таубкин Г. В., Коптелов О. Г. Изменение времени маршрутного движения при создании заездных карманов // Транспорт Урала. – 2015. – № 1(44). – С. 102–105. EDN: RQFADR.
9. Фадеев А. И., Фомин Е. В., Алхуссейни С. Определение пропускной способности остановочных пунктов городского пассажирского транспорта // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020. – Т. 17. – № 2(72). – С. 248–261, <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-2-248-261>. EDN: WAJHVV.
10. Якунина Н. В., Нестеренко Д. Х., Арсланов М. А. Факторный анализ направлений повышения активности использования городского пассажирского автомобильного транспорта // Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2018. – № 4. – С. 533–540, <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-4-533-540>. EDN: YTIAQX.
11. Cvitanić D. (2017) Joint impact of bus stop location and configuration on intersection performance. *PROMET - Traffic Transp.* – Vol. 29. No 4, pp. 443–454, <https://doi.org/10.7307/ptt.v29i4.2338>.
12. Tian L., Jingshuai Y. (2020) Estimating the Capacity of a Curbside Bus Stop with Multiple Berths Using Probabilistic Models. *Tehnički Vjesnik* Vol. 27. No 5, pp. 1597–1606, <https://doi.org/10.17559/TV-20181025170011>.
13. Yang X., Huan M., Gao Z. (2013) Car Delay Model near Bus Stops with Mixed Traffic Flow. *Journal of Applied Mathematics*. Vol. 2013 Article ID 437637, <https://doi.org/10.1155/2013/437637>.
14. Yueying H. et al. (2018) Modelling bus delay at bus stop. *Transport*. Vol. 33. No 4, pp. 12–21, <https://doi.org/10.3846/16484142.2014.1003324>.
15. Zhang J. et al. (2018) Evaluating the Impacts of Bus Stop Design and Bus Dwelling on Operations of Multitype Road Users. *Journal of Advanced Transportation* Vol. 2018, Article ID. 4702517, <https://doi.org/10.1155/2018/4702517>.
16. Zhenyu L., Meiyang J. (2019) Traffic impacts analysis of bus stops near signalized intersections based on an optimal velocity model. *Advances in Mechanical Engineering*, Vol. 11. No 5, <https://doi.org/10.1177/1687814019848272>.

#### References

1. Averyanov, Yu. I., Asfur, Kh. M. A., Golenyaev, N. S. (2021) [Study of the traffic intensity of urban passenger transport through stopping points]. *Issledovaniye intensivnosti dvizheniya gorodskogo passazhirskogo transporta cherez ostanovochnyye punkty* [International Journal of Advanced Studies]. Vol. 11. No. 3, pp. 45–56, <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2021-11-3-45-56>. (In Russ.).
2. Dimova, I. P., Grachev, I. P. (2008) [Determining the capacity of stopping points at the present stage of development of passenger transportation]. *Opredeleniye propusknoy sposobnosti ostanovochnykh punktov na sovremennom etape razvitiya passazhirskikh perevozok* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]. Vol. 4 (36), pp. 66–70. (In Russ.).
3. Zedgenizov, A. V. (2008) *Povysheniye effektivnosti dorozhnogo dvizheniya na ostanovochnykh punktakh gorodskogo passazhirskogo transporta. Kand.Dis.* [Improving the efficiency of traffic at stopping points of urban passenger transport. Cand. Diss.]. 197 p.
4. Iskhakov, M. M., Rassokha, V.I. (2008) [“Human factor” in the organization of the work of route vehicles at stopping points]. *Chelovecheskiy faktor» v organizatsii raboty marshrutnykh transportnykh sredstv na ostanovochnykh punktakh* [Bulletin of the Orenburg State University]. Vol. 1, pp. 144–149. (In Russ.).
5. Lebedev, E. A., Yagubyan, A. S., Avdzhiyan, V. A. (2019) [Influence of transport crossings of the route on the capacity of stopping points]. *Vliyaniye transportnykh peresecheniy marshruta na propusknyuyu sposobnost' ostanovochnykh punktov* [Electronic network polythematic journal “Scientific works of KubGTU”]. Vol. 2, pp. 139–145. (In Russ.).
6. Lipenkov, A. V. (2015) [Study of the influence of controlled crossing on the capacity of the stopping point]. *Issledovaniye vliyaniya reguliruyemogo peresecheniya na propusknyuyu sposobnost' ostanovochnogo punkta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]. Vol. 9(104), pp. 113–121. (In Russ.).
7. Lipenkov, A. V. (2013) [On the influence of the location of the pavilion for passengers on the capacity of the stopping point of urban passenger transport]. *O vliyaniy mestoraspolozheniya pavil'ona dlya passazhirov na propusknyuyu sposobnost' ostanovochnogo punkta gorodskogo passazhirskogo transporta* [Bulletin of Civil Engineers]. Vol. 5, pp. 177–183. (In Russ.).
8. Taubkin, G. V., Koptelov, O. G. (2015) [Changing the time of route movement when creating driving pockets]. *Izmeneniye vremeni marshrutnogo dvizheniya pri sozdaniy zayezdnykh karmanov* [Transport of the Urals]. Vol. 1 (44), pp. 102–105. (In Russ.).
9. Fadeev, A. I., Fomin, E. V., Alkhuseini, S. (2020) [Determination of the throughput capacity of stopping points of urban passenger transport]. *Opredeleniye propusknoy sposobnosti ostanovochnykh punktov gorodskogo*

---

*passazhirskogo transporta* [Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University]. Vol. 17. No. 2 (72), pp. 248–261, <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-2-248-261>. (In Russ.).

10. Yakunina, N. V., Nesterenko, D. Kh., Arslanov, M. A. (2018) [Factor analysis of directions for increasing the activity of using urban passenger road transport]. *Faktornyy analiz napravleniy povysheniya aktivnosti ispol'zovaniya gorodskogo passazhirskogo avtomobil'nogo transporta* [Bulletin of the Murmansk State Technical University]. Vol. 4, pp. 533–540, <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-4-533-540>. (In Russ.).

11. Cvitanić, D. (2017) Joint impact of bus stop location and configuration on intersection performance. *PROMET - Traffic Transp.* Vol. 29. No. 4, pp. 443–454, <https://doi.org/10.7307/ptt.v29i4.2338>. (In Eng.).

12. Tian, L., Jingshuai, Y. (2020) Estimating the Capacity of a Curbside Bus Stop with Multiple Berths Using Probabilistic Models. *Tehnicki Vjesnik* Vol. 27. No. 5, pp. 1597–1606, <https://doi.org/10.17559/TV-20181025170011>. (In Eng.).

13. Yang, X., Huan, M., Gao, Z. (2013) Car Delay Model near Bus Stops with Mixed Traffic Flow. *Journal of Applied Mathematics*. Vol. 2013 Article ID 437637, <https://doi.org/10.1155/2013/437637>. (In Eng.).

14. Yueying, H. et al. (2018) Modeling bus delay at bus stop. *transport*. Vol. 33. No. 4, pp. 12–21, <https://doi.org/10.3846/16484142.2014.1003324>. (In Eng.).

15. Zhang, J. et al. (2018) Evaluating the Impacts of Bus Stop Design and Bus Dwelling on Operations of Multitype Road Users. *Journal of Advanced Transportation*. Vol. 2018, Article ID. 4702517, <https://doi.org/10.1155/2018/4702517>. (In Eng.).

16. Zhenyu, L., Meiying, J. (2019) Traffic impacts analysis of bus stops near signalized intersections based on an optimal velocity model. *Advances in Mechanical Engineering*, Vol. 11. No 5, <https://doi.org/10.1177/1687814019848272>. (In Eng.).

**Информация об авторе:**

**Алексей Александрович Фадюшин**, ассистент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

**ORCID ID:** 0000-0001-7276-4315

Статья поступила в редакцию: 16.09.2022; принята в печать: 10.10.2022.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

**Information about the author:**

**Alexey Aleksandrovich Fadyushin**, Assistant of the Department of road transport operation, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

**ORCID ID:** 0000-0001-7276-4315

The paper was submitted: 16.09.2022.

Accepted for publication: 10.10.2022.

The author has read and approved the final manuscript.