

ТРАНСПОРТ

Научная статья
УДК 656.021

<https://doi.org/10.25198/2077-7175-2026-4-95>

ЗАВИСИМОСТЬ СТОИМОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ОТ ВМЕСТИМОСТИ

А. И. Фадеев

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
e-mail: 9135335784@mail.ru

А. Ю. Михайлов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия
e-mail: 89148701840@mail.ru

А. С. Поляков

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
e-mail: polyak97@yandex.ru

Аннотация. Городской пассажирский транспорт общего пользования (общественный транспорт) имеет важное значение в экономической и социальной сферах – он обеспечивает удовлетворение транспортной мобильности жителей, которая к тому же повышается в соответствии с ростом благосостояния и культурного уровня, увеличением численности жителей, расширением территории городов, а также концентрацией мест работы и отдыха. Актуальной проблемой является устойчивое развитие общественного транспорта, которое во многом обуславливается рациональным балансом спроса и предложения, т.е. соотношением между качеством транспортного обслуживания и эффективностью работы перевозчика, зависящей от числа и вместимости подвижного состава на маршрутах.

Целью настоящего исследования является повышение качества и эффективности транспортного обслуживания населения за счет сбалансированного транспортного предложения. Для этого в статье рассматривается задача получения зависимости стоимости эксплуатации транспортных средств на регулярных городских маршрутах от их вместимости.

В результате проведенного анализа состояния вопроса установлено, что затраты перевозчика линейно зависят от вместимости транспортного средства. Использование относительной (приведенной) стоимости позволило избавиться от влияния фактора времени, применение относительной шкалы вместимости подвижного состава существенно упростило полученную математическую модель.

В статье приведено уравнение регрессии, описывающее зависимость относительной стоимости эксплуатации автобуса от его приведенной вместимости. Таким образом, впервые получена математическая модель, позволяющая в относительных (приведенных) единицах определить стоимость эксплуатации автобуса от его вместимости, т.е. сформировать более эффективное транспортное предложение. Анализ фактических данных муниципальных транспортных организаций г. Красноярска за ряд лет позволяет заключить, что коэффициент уравнения регрессии имеет достаточно стабильное значение, трендов от времени или источников данных (транспортных организаций) не обнаружено. Возможная ошибка не превышает 5% затрат на эксплуатацию базового автобуса, используемого для расчета относительной стоимости.

Эффективность разработанной методики определения стоимости эксплуатации автобусов для обслуживания регулярных городских маршрутов показана на тестовых расчетах, основанных на реальных данных системы городского пассажирского транспорта общего пользования г. Красноярска.

В дальнейшем предполагается осуществить исследование применения приведенного подхода при проекти-

ровании транспортного предложения в части определения рациональной структуры парка транспортных средств городского пассажирского транспорта общего пользования.

Ключевые слова: пассажирский тариф, стоимость перевозки, общественный городской транспорт, вместимость автобуса, транспортный спрос, транспортное предложение.

Для цитирования: Фадеев А. И., Михайлов А. Ю., Поляков А. С. Зависимость стоимости эксплуатации городского пассажирского транспорта от вместимости // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2026. – № 4. – С. 95–109. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2026-4-95>.

Original article

DEPENDENCE OF THE COST OF OPERATING URBAN PASSENGER TRANSPORT ON CAPACITY

A. I. Fadeev

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
e-mail: 9135335784@mail.ru

A. Yu. Mikhailov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
e-mail: 89148701840@mail.ru

A. S. Polyakov

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
e-mail: polyak97@yandex.ru

Abstract. Urban passenger transport of general use (public transport) is of great importance in the economic and social spheres – it provides satisfaction of the transport mobility of residents, which is moreover increasing in accordance with the growth of welfare and cultural level, the increase in the number of residents, the expansion of the territory of cities, as well as the concentration of places of work and recreation. The actual problem is the sustainable development of public transport, which is largely determined by the rational balance of supply and demand, i.e. the ratio between the quality of transport service and the efficiency of the carrier, which depends on the number and capacity of rolling stock on the routes.

The purpose of this study is to improve the quality and efficiency of public transport services through a balanced transportation offer. To do this, the article considers the problem of determining the dependence of the cost of operating vehicles on regular urban routes on their capacity.

As a result of the analysis of the state of the issue, it was established that the carrier's costs are linearly dependent on the vehicle's capacity. The use of relative (presented) cost allowed for the elimination of the time factor; and the use of a relative scale for the capacity of rolling stock significantly simplified the resulting mathematical model.

The article presents a regression equation describing the dependence of the relative cost of operating a bus on its reduced capacity. Thus, for the first time, a mathematical model has been obtained that allows, in relative (reduced) units, to determine the cost of operating a bus from its capacity, so to form a more effective transport offer. The analysis of the actual data of municipal transport organizations in Krasnoyarsk over a number of years allows us to conclude that the coefficient of the regression equation has a fairly stable value, and no trends have been found from time or data sources (transport organizations). The possible error does not exceed 5% of the operating costs of the base bus used to calculate the relative cost.

The effectiveness of the developed methodology for determining the cost of operating buses for regular city routes has been demonstrated through test calculations based on real data from the Krasnoyarsk city public passenger transport system.

In the future, it is planned to investigate the application of this approach in the design of transport proposals to determine the optimal structure of the public passenger transport fleet.

Key words: passenger fare, transportation cost, public transportation, bus capacity, transportation demand, transportation supply.

Cite as: Fadeev, A. I., Mikhailov, A. Yu., Polyakov, A. S. (2026) [Dependence of the cost of operating urban passenger transport on capacity]. *Intellect. Innovacii. Investicii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 4, pp. 95–109. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2026-4-95>.

Введение

Городской пассажирский транспорт общего пользования (общественный транспорт) имеет важное значение в экономической, социальной и экологической сферах – он обеспечивает удовлетворение транспортной мобильности жителей. В этой связи актуальной проблемой является обеспечение устойчивого развития общественного транспорта, которое во многом обусловливается рациональным балансом спроса и предложения [9].

В процессе проектирования и реализации транспортного предложения требуется обеспечить компромисс между параметрами качества и эффективности, что в конечном счете оказывает непосредственное влияние на устойчивое функционирование транспортной системы [23]. Проектирование транспортного предложения осуществляется посредством решения таких задач, как совершенствование системы маршрутов, установление интенсивности (интервалов) движения по ним, выбор вместимости, определение числа подвижного состава и др. [1; 2; 7; 12; 15; 18; 25]. Параметры качества транспортного обслуживания ограничиваются затратами оператора, которые должны компенсироваться за счет пассажирских тарифов и имеющихся бюджетных субсидий. Затраты оператора зависят от числа и вместимости автобусов, оборудования, необходимого для их эксплуатации [20]. Расходы пассажира состоят из пассажирских тарифов, затрат времени на ожидание, поездки и пересадки. В некоторых подходах баланс спроса и предложения оценивается посредством средневзвешенных затрат, при определении которых для учета разницы между расходами участников транспортного процесса применяются соответствующие коэффициенты приведения [22].

От стоимости эксплуатации транспортных средств зависит уровень пассажирских тарифов [5; 11], а также объем потребных субсидий для обеспечения установленных параметров качества транспортного обслуживания. Требования к качеству транспортного обслуживания населения определяются регулярностью перевозок, соблюдением установленных интервалов движения по маршрутам, а также полным удовлетворением спроса на транспортные услуги за счёт провозной возможности парка подвижного состава. Для выполнения этих условий за маршрутами закрепляется определённое количество транспортных средств соответствующей пассажироместности [10].

Зачастую для увеличения прибыли перевозчик использует на регулярных маршрутах автобусы малой вместимости, как правило, устаревших моделей с высокой степенью износа. В результате формируется избыточное количество таких автобусов на линии, что в условиях сложившейся архитектурно планировочной структуры городов ведет к перегруженности маршрутной сети, снижает эффективность ее использования при одновременном ухудшении качества транспортного обслуживания [14].

Качество транспортных услуг подразделяется на две основные категории: доступность, а также комфорт и удобство [19]. Анализ параметров качества транспортного предложения достаточно подробно рассмотрен в отечественных и иностранных источниках [4; 8; 13; 16; 17]. Качество обслуживания будет низким, если не обеспечена пространственная доступность остановочных пунктов, а также время работы транспорта, удобное пассажиру, т.е. временная доступность услуг. При выполнении данных условий уровень оценки восприятия качества и комфорта пассажирами определяется оборудованием остановочных пунктов и системой маршрутов, которые оцениваются соответствующими показателями.

Разумное расстояние, на которое можно дойти пешком, варьируется от источника к источнику и зависит от ситуации. Например, люди будут ходить пешком дальше до железнодорожных станций, чем до автобусных остановок, а пожилые люди будут ходить пешком реже, чем молодые. Как правило, 400 метров или 5 минут ходьбы – это предельное время для обычной зоны обслуживания автобусного маршрута; для железнодорожной станции эти цифры могут удвоиться [19].

Остановочные пункты оцениваются на доступность и удобство организации перевозок, исключающих пешее перемещение пассажиров на существенные расстояния. Маршрутная система должна обеспечивать доступность и удобство пересадок пассажиров на сети.

Частота (интервал) движения по маршруту для пассажира является важным фактором, обуславливающим выбор общественного транспорта. От интенсивности движения по маршруту зависит степень наполнения салона транспортного средства. Данный показатель является одним из важнейших параметров качества транспортных услуг.

Интервал движения по маршруту обуславливает необходимое число транспортных средств, что вместе с классом вместимости автобуса непосредственно определяет расходы перевозчика.

Стоимость эксплуатации подвижного состава оценивается посредством экономически обоснованной стоимости 1 км пробега пассажирского транспортного средства по маршруту. В аналитических целях для анализа и прогнозирования затрат на перевозки автомобильным транспортом можно использовать методические рекомендации Минтранса России¹. Однако эти рекомендации имеют ограничения при расчете плановой себестоимости регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом. В данной области применяется порядок определения начальной (максимальной) цены контракта, а также цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом². Также разработан ряд методических указаний для расчета затрат на перевозки пассажиров по регулярным автобусным маршрутам³, которые имеют неопределенное нормативное значение.

Структура затрат на перевозки автобусами по регулярным маршрутам включает прямые и косвенные расходы [21].

Прямые расходы непосредственно связаны с перевозками. К ним относятся оплата труда водителей и кондукторов, расходы на топливо, техническое обслуживание и ремонт транспортных средств и т.д. Косвенные (накладные) расходы не связаны непосредственно с перевозками, но также учитываются при расчёте себестоимости.

$$C = c_0 + c_1 q_n, \quad (1)$$

где

c_0, c_1 – постоянные коэффициенты (константы).

На рисунке 1 дана зависимость себестоимости 1 км пробега от вместимости автобуса по данным работы [3]. Из рисунка видно, что линейная зависимость может быть использована для описания соответствия

Расчёт себестоимости перевозок рекомендуется осуществлять отдельно для каждой марки и модели транспортного средства.

Прямой расчет стоимости перевозок при решении задач формирования транспортного предложения имеет существенные сложности, которые зачастую приводят к принятию некорректных решений. Для расчета затрат требуется широкий ряд параметров, таких как ресурс пробега шин до списания, стоимость проведения технического обслуживания, трудоемкость технического обслуживания и т.д. [5; 6]. Получение этих данных не всегда возможно, для некоторых моделей информация может отсутствовать.

При проектировании транспортного предложения определяется класс вместимости транспортного средства. Конкретные марки и модели, как правило, не устанавливаются, т.к. этот вопрос находится в ведении перевозчика, который определяется на конкурсной основе.

Таким образом, актуальной является оценка стоимости эксплуатации транспортных средств при проектировании транспортного предложения на регулярных городских маршрутах в зависимости от их вместимости безотносительно марок и моделей подвижного состава.

Материалы и методы

Постановка задачи. В работах [10; 20; 24] установлено, что затраты перевозчика на эксплуатацию автобуса (c) линейно зависят от его вместимости (q_n):

стоимости эксплуатации и вместимости автобусов.

Автобусы в зависимости от длины подразделяются на следующие классы: особо малый, малый, средний, большой и особо большой⁴. Для каждого

¹ Методические рекомендации по расчету плановой себестоимости перевозки пассажиров и (или) грузов автомобильным транспортом, а также плановой себестоимости эксплуатации специальных и специализированных транспортных средств. (в ред. распоряжения Минтранса России от 18.09.2025 N АИИ-216-р). – URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/10/14805> (дата обращения: 18.01.2026).

² Приказ Минтранса России от 20.10.2021 N 351 (ред. от 05.11.2024) «Об утверждении Порядка определения начальной (максимальной) цены контракта, а также цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом». – URL: <https://base.garant.ru/403270886/> (дата обращения: 18.01.2026).

³ Аредова А. К. Себестоимость пассажирских перевозок транспортом общего пользования // Национальные и международные финансово-экономические проблемы автомобильного транспорта Сборник научных трудов. – М. – 2017. – С. 67–71. – EDN: ZIOAYN.

⁴ Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 N АМ-23-р (ред. от 30.09.2021) «О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте». – URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/13592> (дата обращения: 23.04.2026).

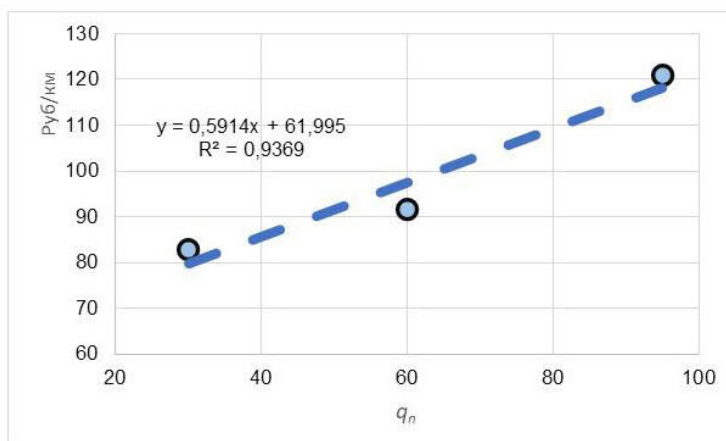


Рисунок 1. Зависимость себестоимости 1 км пробега от вместимости автобуса

Источник: составлено авторами по данным работы [3]

класса в литературе дается примерная пассажировместимость, которая несколько варьируется в разных источниках. Действующими нормативными документами классификация автобусов по вместимости не установлена. Номинальная вместимость автобуса определяется производителем, исходя из площади пассажирского салона и предельно-допустимой массы транспортного средства.

В настоящей статье при рассмотрении перевозок общего пользования по регулярным городским маршрутам применяются следующие значения вместимости классов подвижного состава: до 22 пассажиров – особо малый; от 22 до 40 – малый; от 40 до 80 – средний, от 80 до 110 – большой и свыше 110 – особо большой.

Рассмотрим задачу формирования методики сравнительной оценки экономической эффективности применения автобусов с учетом линейной зависимости стоимости эксплуатации от их вместимости.

Решение задачи. В работе [10] стоимость эксплуатации оценивается в приведенных (относительных) единицах к автобусу большого класса вместимостью 100 пассажиров. Стоимость эксплуатации большого автобуса принята за 1.

Очевидно, что при данном подходе исключается зависимость параметров регрессионной модели от времени. В статье показано, что относительные расходы на эксплуатацию от вместимости автобусов достаточно хорошо описываются линейной зависимостью (коэффициент детерминации 0,93):

$$c' = aq + b, \quad (2)$$

где

q – вместимость автобуса;
 c' – приведенные затраты;
 a и b – постоянные коэффициенты.
 Относительная стоимость [10]:

$$c' = c / c_b, \quad (3)$$

где

c' – относительная стоимость эксплуатации автобуса;
 c, c_b – стоимость эксплуатации текущего и базового автобуса, соответственно, руб./км.

Как упоминалось выше, относительная стоимость базового автобуса принимается за 1. На этой основе можно избавиться от коэффициента в уравнении

(2). Будем использовать относительную вместимость транспортного средства:

$$x = q - q_0, \quad (4)$$

где

q, q_0 – вместимость текущего и базового автобуса, соответственно.

В результате применения относительной вместимости в начале координат (при $x = 0$) относительная стоимость автобуса равна 1, т.е. уравнение регрессии

$$c' = ax + 1, \quad (5)$$

где

a – коэффициент наклона прямой.

Для расчета используется условный базовый автобус, стоимость эксплуатации которого подбирается таким образом, чтобы прямая пересекала ось ординат в точке, равной 1.

В таблице 1 приведены фактические расходы муниципальных транспортных организаций г. Красноярска за ряд лет. С целью оценки устойчивости зна-

для расчета относительной стоимости эксплуатации автобуса принимает следующий вид:

чений коэффициента a сформируем ряд выборок расходов в зависимости от расчетного периода и источника данных. Таким образом, в таблице 1 имеется 6 выборок, каждую из которых будем рассматривать отдельно с целью определения возможных трендов по годам расчета или транспортным организациям.

Таблица 1. Расчетный тариф на перевозку пассажиров по регулярным маршрутам города Красноярска

Модель автобуса	Класс	Вместимость номинальная	Расчетный тариф, руб./км	Вместимость относительная	Стоимость относительная
КПАТП 5, 2021 г.					
МАЗ-103476	большой	96	147,35	–4	0,954
МАЗ-103076	большой	96	153,04	–4	0,991
ЛиАЗ 529221	большой	105	158,56	5	1,027
ЛиАЗ 429260	средний	75	144,85	–25	0,938
ПАЗ-320414-04	средний	57	127,43	–43	0,825
Базовый автобус		100	154,4	0	1,000
КПАТП 7, 2021 г.					
ЛиАЗ 529221	большой	105	161,08	5	1,021
ЛиАЗ 529265	большой	108	164,70	8	1,043
МАЗ-103476	большой	96	146,76	–4	0,930
ЛиАЗ 429260	средний	82	155,65	–18	0,986
ПАЗ-320414-04	средний	57	130,21	–43	0,825
МАЗ-103476	большой	96	163,06	–4	1,033
Волжанин –5270	большой	104	154,00	4	0,976
Базовый автобус		100	157,84	0	1,000
КПАТП 5, 2022 г.					
МАЗ-103476	большой	96	170,39	–4	0,964
МАЗ-103076	большой	96	175,52	–4	0,993
ЛиАЗ 529221	большой	105	179,29	5	1,014
ЛиАЗ 429260	средний	75	167,56	–25	0,948

Продолжение таблицы 1

Модель автобуса	Класс	Вместимость номинальная	Расчетный тариф, руб./км	Вместимость относительная	Стоимость относительная
ПАЗ-320414-04	средний	57	144,21	-43	0,816
Базовый автобус		100	176,79	0	1,000
КПАТП 7, 2022 г.					
ЛиАЗ 529221	большой	105	180,54	5	1,035
ЛиАЗ 529265	большой	108	179,28	8	1,028
МАЗ-103476	большой	96	166,78	-4	0,956
ЛиАЗ 429260	средний	75	162,54	-25	0,932
ПАЗ-320414-04	средний	57	139,55	-43	0,800
Базовый автобус		100	174,42	0	1,000
КПАТП 5, 2024 г.					
МАЗ-103476	большой	96	200,35	-4	0,976
НЕФАЗ 5299-4052	большой	111	216,10	11	1,052
ЛиАЗ 529221	большой	108	208,69	8	1,016
ЛиАЗ 429260	средний	75	191,05	-25	0,930
ПАЗ-320414-04	средний	57	170,90	-43	0,832
Базовый автобус		100	205,36	0	1,000
КПАТП 7, 2024 г.					
ЛиАЗ 529221	большой	105	213,85	5	1,049
ЛиАЗ 529265	большой	108	204,97	8	1,005
МАЗ-103476	большой	96	194,25	-4	0,953
НЕФАЗ 5299	большой	111	215,2	11	1,055
ЛиАЗ 429260	средний	75	190,06	-25	0,932
ПАЗ-320414-04	средний	57	166,7	-43	0,817
Базовый автобус		100	203,92	0	1,000

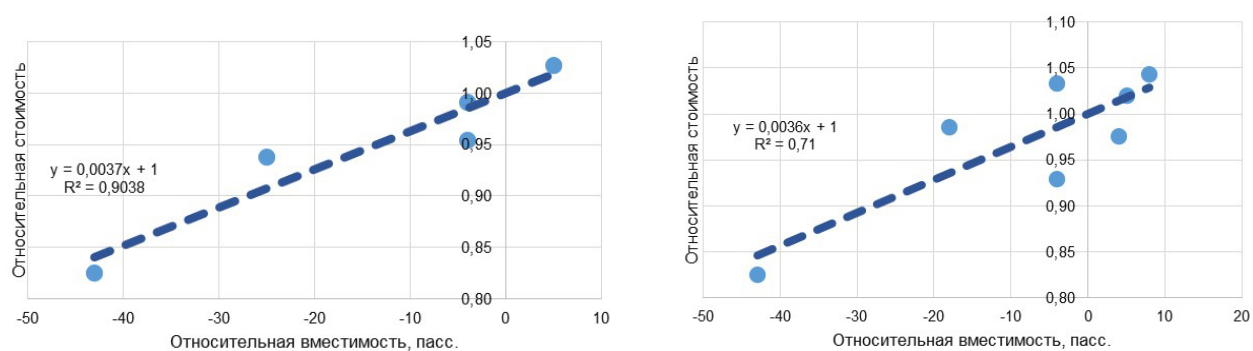
Источник: составлено авторами

Для моделей автобусов, эксплуатируемых в упомянутых транспортных организациях, в таблице дан расчетный тариф на 1 км пробега по регулярным городским маршрутам. Приведенная стоимость эксплуатации рассчитывается, исходя из вместимости условного автобуса, равной 100. Расчетный тариф условного автобуса обеспечивает пересечение оси ординат, в точке 1, что представлено на рисунке 2.

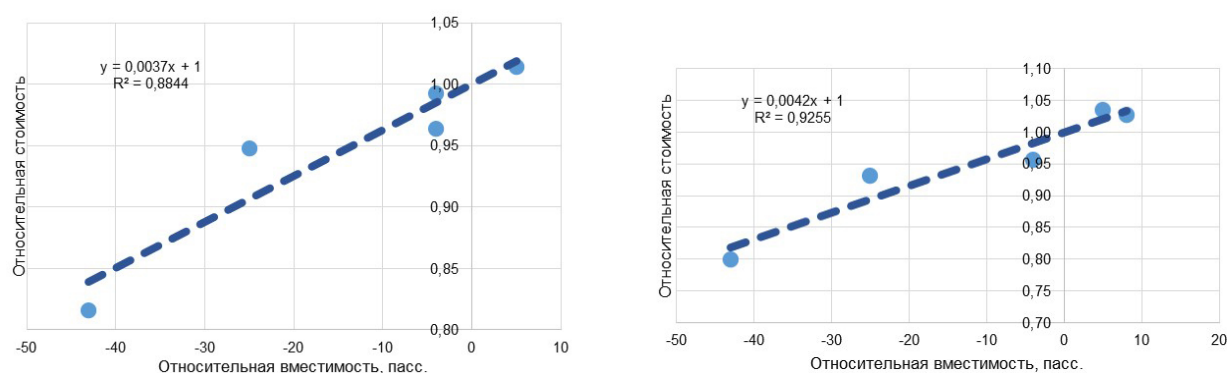
По данным таблицы 1 на рисунке 2 даны зависимости относительной стоимости эксплуатации автобусов на городских маршрутах от приведенной вместимости

транспортных средств. По каждой выборке выполнены отдельные графики с целью оценки тенденций изменения параметра уравнения регрессии в зависимости от времени или транспортных организаций.

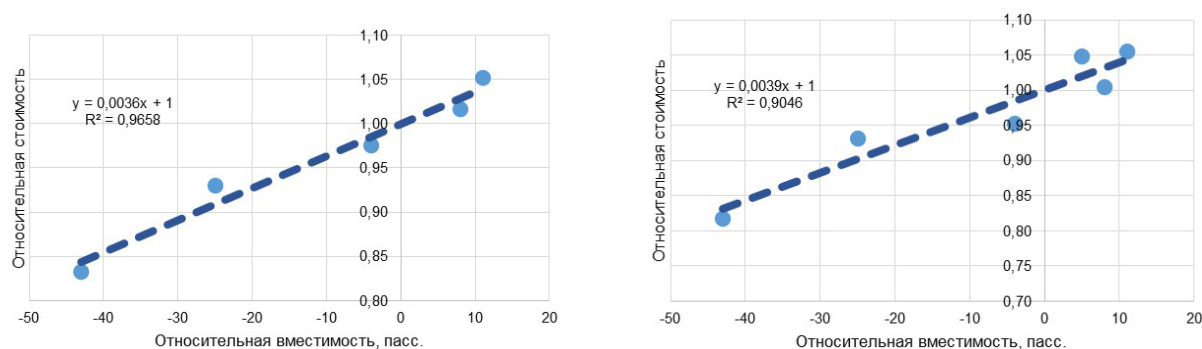
Из рисунка 2 видно, что только в 2021 году по результатам расчетов КПАТП-7 коэффициент детерминации (R^2) составляет 0,71. В других случаях он не ниже 0,88, т.е. гипотеза о линейной зависимости стоимости эксплуатации автобуса от его вместимости подтверждается практическими результатами, полученными из транспортных организаций.



а) 2021 год



б) 2022 год



в) 2024 год

Рисунок 2. Зависимость относительной стоимости эксплуатации от вместимости автобусов

Источник: составлено авторами

Относительная стоимость пассажирского места:

$$c_p = \frac{q_0 c}{q c_0} = \frac{q_0}{q} (\alpha x + 1) = \frac{q_0}{q} (\alpha q - \alpha q_0 + 1), \quad (6)$$

где

c, c_0 – фактическая стоимость эксплуатации текущего и базового автобуса, соответственно.

В таблице 2 приведена статистика коэффициента, полученная на основании таблицы 1.

Погрешность вычисления стоимости эксплуатации зависит от разницы вместимости между целевым и базовым автобусами. В таблице 3 даны пределы варьирования результатов расчета стоимости эксплуатации автобуса вместимостью 40 пассажиров (т.е. малого класса) при двух вариантах базового автобуса

вместимостью 80 и 100 мест. Из таблицы видно, что наибольшая возможная ошибка составляет 0,046 относительной стоимости, т.е. 4,6% стоимости эксплуатации автобуса большого класса. Данное значение возможной погрешности свидетельствует об эффективности и практической применимости рассматриваемого подхода.

Таблица 2. Статистика коэффициента α

Год	Источник данных	R^2	α
2021	ПАТП-5	0,9	0,0037
	ПАТП-7	0,71	0,0036
2022	ПАТП-5	0,88	0,0037
	ПАТП-7	0,93	0,0042
2024	ПАТП-5	0,97	0,0036
	ПАТП-7	0,9	0,0039
Среднее			0,0038
Стандартное отклонение			0,000232
Коэффициент вариации			6,1%
Уровень значимости			0,1
Наименьшее значение			0,003487
Наибольшее значение			0,004080
Уровень значимости			0,05
Наименьшее значение			0,003403
Наибольшее значение			0,004163

Источник: составлено авторами

Таблица 3. Пределы варьирования относительной стоимости эксплуатации автобусов

Вместимость автобуса		Уровень значимости	Пределы варьирования относительной стоимости		
базового	целевого		наибольшее	наименьшее	разница
80	40	0,05	0,864	0,833	0,030
80	40	0,1	0,861	0,837	0,024
100	40	0,05	0,796	0,750	0,046
100	40	0,1	0,791	0,755	0,036

Источник: составлено авторами

На рисунке 3 приведена зависимость относительной стоимости эксплуатации и стоимости пассажир-

ского места от вместимости автобуса, которые подтверждают результаты, полученные в работе [10].

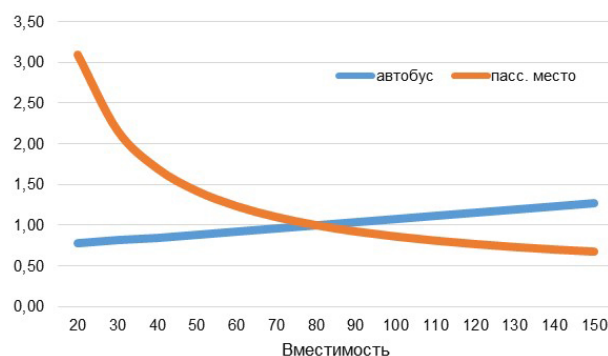


Рисунок 3. Зависимость относительной стоимости эксплуатации и стоимости пассажирского места от вместимости автобуса ($q_b^n = 80$)

Источник: составлено авторами

Практическая реализация. В настоящее время одним из параметров, установленных стандартами транспортного обслуживания, является коэффициент использования вместимости подвижного состава в среднем за рабочий день (γ). Например, для города Красноярск данный показатель определен на уровне 0,28⁵, средняя вместимость автобуса (q) регулярного

транспорта общего пользования составляет 81 пассажир, т.е. среднее число пассажиров в автобусе: $\bar{Q} = q\gamma = 22,68$.

Зная среднюю дальность поездки (l_p), можно определить среднее число пассажиров, приходящееся на 1 км пробега транспортного средства по маршруту:

$$q_{km} = \frac{q\gamma}{l_p}. \quad (7)$$

Коэффициент использования вместимости:

$$\gamma = \frac{q_{km}l_p}{q}. \quad (8)$$

В г. Красноярске при расчете пассажирского тарифа средняя дальность поездки пассажира принимается в размере 6,15 км. Таким образом среднее число пассажиров на 1 км пробега по маршруту при определении пассажирского тарифа составляет 3,69.

В таблице 4 даны результаты расчетов экономических параметров в зависимости от вместимости автобусов по условиям, применяемым при нормировании пассажирских тарифов общественного транспорта г. Красноярска.

На основании числа пассажиров на 1 км пробега по маршруту можно установить удельные затраты перевозчика (расчетный тариф), которые компенсируются пассажирским тарифом. При сегодняшнем тарифе 48 рублей за поездку расчетный тариф автобуса вместимостью 81 место составит 177 рублей на 1 км пробега по маршруту. Относительная стоимость эксплуатации ав-

тобусов (таблица 4, колонка 2) определяется по выражению (5) при относительной вместимости $x = q - 81$, определяемой в соответствии с выражением (4).

Расчетный тариф (колонка 3) – это произведение относительной стоимости эксплуатации на величину расчетного тарифа базового автобуса (177 руб. как упоминалось выше).

Число пассажиров на один км пробега (колонка 5) – это отношение величины расчетного тарифа к пассажирскому тарифу (48 рублей). Коэффициент использования вместимости (колонка 6) рассчитывается через среднее число пассажиров в автобусе, т.е. произведение среднего числа пассажиров на км пробега и средней дальности поездки. Полученная величина делится на вместимость автобуса.

Информация таблицы 4 может быть использована при выборе подвижного состава для обслуживания

⁵ Приказ Министерства тарифной политики Красноярского края от 30.05.2025 N 79-о (ред. от 15.10.2025). – URL: https://zakon.krskstate.ru/dat/bin/docs_attach/205554_79_o.pdf (дата обращения: 23.04.2026).

маршрутов. Например, автобус на 20 мест можно эксплуатировать на маршруте, если на 1 км пробега перевозится не менее 2,87 пассажиров. Следует отметить, что коэффициент динамического использования вме-

стимости в этом случае (при средней дальности поездки пассажира 6,15 км) составит 0,88, что зачастую неприемлемо вследствие неравномерности пассажирских потоков по длине маршрута [10].

Таблица 4. Число пассажиров на 1 км пробега по маршруту и коэффициент динамического использования вместимости, обеспечивающие равное соотношение доходов и затрат на перевозки

Вместимость автобуса, пасс.	Затраты относительно автобуса вместимостью 81 пасс.	Расчетный тариф, руб./км	Стоимость пассажирского места, руб./км	Число пассажиров на 1 км пробега по маршруту	Коэффициент использования вместимости
1	2	3	4	5	6
20	0,769	136,2	6,8	2,84	0,87
30	0,807	142,8	4,8	2,98	0,61
40	0,845	149,5	3,7	3,12	0,48
50	0,883	156,2	3,1	3,26	0,40
60	0,921	162,9	2,7	3,40	0,35
70	0,958	169,6	2,4	3,54	0,31
80	0,996	176,3	2,2	3,68	0,28
90	1,034	183,0	2,0	3,82	0,26
100	1,072	189,7	1,9	3,96	0,24
110	1,110	196,4	1,8	4,09	0,23
120	1,148	203,1	1,7	4,23	0,22
130	1,185	209,8	1,6	4,37	0,21
140	1,223	216,5	1,5	4,51	0,20
150	1,261	223,2	1,5	4,65	0,19

Источник: составлено авторами

Заключение

1. В настоящее время актуальной проблемой является устойчивое развитие общественного транспорта, которое во многом обуславливается рациональным балансом спроса и предложения, т.е. соотношением между качеством транспортного обслуживания и эффективностью работы перевозчика, зависящей от числа и вместимости подвижного состава на маршрутах.

2. Определенной научной ценностью обладает приведенное в статье уравнение регрессии для расчета относительной стоимости использования автобуса на городских маршрутах в зависимости от его относительной вместимости. Использование относительной (приведенной) стоимости позволило избавиться от влияния фактора времени, применение относительной шкалы вместимости подвижного состава существенно упростило полученную математическую модель.

3. Разработанная математическая модель обеспечивает определение стоимости эксплуатации автобусов с приемлемой точностью в процессе проектирования транспортного предложения.

Проведенный анализ статистики коэффициента α уравнения регрессии показывает, что наибольшая ошибка составляет менее 5% стоимости эксплуатации автобуса большого класса, что свидетельствует об эффективности рассматриваемого подхода и возможности его применения на практике для технико-экономических расчетов.

4. Гипотеза о линейной зависимости стоимости эксплуатации автобуса от его вместимости подтверждена практическими результатами, полученными из транспортных организаций.

5. Применение разработанной математической модели обеспечивает оптимальный баланс транспортного спроса и предложения, что является одним из ос-

новых условий устойчивого развития транспортной системы.

6. Для дальнейших исследований актуальным является применение приведенного подхода при про-

ектировании транспортного предложения в части определения рациональной структуры парка транспортных средств.

Литература

1. Баннов Г. Г. Оптимизация структуры подвижного состава городского пассажирского наземного транспорта // *Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных: Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, приуроченной к празднованию 300-летия Российской академии наук*, Омск, 25–26 апреля 2024 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2024. – С. 185–193. – EDN: HVVISO.
2. Дрючин Д. А. Совершенствование структуры городского пассажирского наземного транспортного комплекса на основе согласованного развития подсистем // *Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета*. 2024. – Т. 21, № 1 (95). – С. 74–87. – <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-74-87>. – EDN: TOXJIX.
3. Матанцева О. Ю., Аредова А. К. Перевозки пассажиров транспортом общего пользования: основные экономические проблемы и пути их решения // *Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике*. – 2018. – № 2(75). – С. 65–69. – EDN: YXNLPR.
4. Носов А. Л. Показатели оценки качества транспортного обслуживания пассажиров // *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*. – 2016. – № 12. – С. 93–97. – EDN: XEOPGR.
5. Постников В. П. Оптимальные модели формирования тарифа на городском пассажирском транспорте // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2014. – № 11 (362). – С. 36–40. – EDN: RWPXEX.
6. Прохоров В. Н. Повышение эффективности функционирования городских автобусов в условиях мегаполиса. (Методология, теория, практика). Монография. Научно-техническое издание/МАДИ (ГТУ). – М.: 2006. – 393 с.
7. Рассоха В. И., Дрючин Д. А., Надирян С. Л. Оптимизация структуры парка безрельсовых транспортных средств, обслуживающих городские пассажирские маршруты, на основе результатов математического моделирования // *International Journal of Advanced Studies*. – 2023. – Т. 13, № 3. – С. 180–202. – <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-3-180-202>. – EDN: PMCPJS.
8. Сидорчук Р. Р., Ефимова Д. М. Исследование удовлетворенности услугами московского городского пассажирского транспорта // *Маркетинг в России и за рубежом*. – 2015. – № 6. – С. 32–40. – EDN: VOWULV.
9. Устойчивое развитие транспорта в городах России: опыт и актуальные задачи / Ю. М. Гришаева [и др.] // *Юг России: экология, развитие*. – 2018. – Т. 13, № 4. – С. 24–46. – <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-4-24-46>. – EDN: YWBWL.
10. Фадеев А. И., Ильянков А. М., Поляков А. С. Выбор вместимости автобусов городского пассажирского транспорта общего пользования // *Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета*. – 2025. – Т. 22, № 2(102). – С. 248–265. – <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-2-248-265>. – EDN: AZLV LX.
11. Фадеев Д. С., Моисеева М. А. Определение тарифа на перевозку пассажиров городским общественным транспортом в городе Иркутске // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. – 2015. – № 12 (107). – С. 287–295. – EDN: VHISHX.
12. Цариков А. А., Неволин Д. Г. Графоаналитический метод расчета необходимого количества подвижного состава для работы на маршрутах городского пассажирского транспорта // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. – 2026. – № 2. – С. 90–105. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2026-2-90>. – EDN: LCRIIS.
13. Цой М. Е., Щеколдин В. Ю., Долгих И. В. Исследование факторов, влияющих на удовлетворенность потребителей качеством услуг городского общественного транспорта // *Российское предпринимательство*. – 2017. – Т. 18, № 21. – С. 3237–3260. – <https://doi.org/10.18334/rp.18.21.38503>. – EDN: XGWDEM.
14. Якунина Н. В. Совершенствование методологии определения структуры подвижного состава городского пассажирского автомобильного транспорта // *Вестник Оренбургского государственного университета*. – 2011. – № 10 (129). – С. 13–19. – EDN: PDRBSP.
15. Buba A. T., Lee L. S. (2018). A Differential Evolution For Simultaneous Transit Network Design And Frequency Setting Problem. *Expert Systems with Applications*. – Vol. 106, pp. 277–289. – <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.04.011>. (In Eng.).

16. Domenico d'Ovidio F., et al. (2014) A multivariate analysis of the quality of public transport services. *Procedia Economics and Finance*. – Vol. 17, pp. 238–247. – [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00868-5](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00868-5). (In Eng.).
17. Eboli L., Mazzulla G. (2009). A New Customer Satisfaction Index for Evaluating Transit Service Quality. *Journal of Public Transportation*. – Vol. 12. – No. 3, pp. 21–37. – <https://doi.org/10.5038/2375-0901.12.3.2>. (In Eng.).
18. Guihaire V., Hao J-K. (2008) Transit network design and scheduling: A global review. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. – Vol. 42. – No. 10, pp. 1251–1273. – <https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.03.011>. (In Eng.).
19. Highway Capacity Manual 2000. – Transportation Research Board, National Research Council. – Washington, D.C., USA: 2000, 1134 p. (In Eng.).
20. Jara-Díaz S. R., Gschwender A. (2009) The effect of financial constraints on the optimal design of public transport services. *Transportation*. – Vol. 36, pp. 65–75. – <https://doi.org/10.1007/s11116-008-9182-8>. (In Eng.).
21. Kurganov V., et al. (2024) Analysis of Regulation of Costs for Operating Buses in a Transport Company. *Sustainability*. – Vol. 16. – No. 17, pp. 72–74. – <https://doi.org/10.3390/su16177274>. (In Eng.).
22. Owais M., Osman M. K. (2018) Complete hierarchical multi-objective genetic algorithm for transit network design problem. *Expert Systems with Applications*. – Vol. 114, pp. 143–154. – <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.07.033>. (In Eng.).
23. Pternea M., Kepaptsoglou K., Karlaftis M. G. (2015) Sustainable urban transit network design. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. – Vol. 77, pp. 276–291. – <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.024>. (In Eng.).
24. Wang Y-L., Chen M-L., Lin S. S-C. (2023) A Formulated Approximated Solution for a Bus Transit System with Peak and Normal Periods. *Journal of Advanced Transportation*, pp. 1–9. – <https://doi.org/10.1155/2023/9011415>. (In Eng.).
25. Xu, M., et al. (2022). Urban Smart Public Transport Studies: A Review and Prospect. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*. – Vol. 22(2), pp 91–108. – <https://doi.org/10.16097/j.cnki.1009-6744.2022.02.009> (In Eng.).

References

1. Bannov, G. G. (2024) [Optimization of the Structure of Urban Passenger Ground Transport Rolling Stock]. *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya molodyh uchyonyh: Sbornik materialov VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchyonyh, priurochennoj k prazdnovaniju 300-letiya Rossijskoj akademii nauk* [Fundamental and Applied Research by Young Scientists: Collection of Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students, and Young Scientists Dedicated to the 300th Anniversary of the Russian Academy of Sciences]. Omsk: Siberian State Automobile and Road University (SibADI), pp. 185–193. (In Russ.).
2. Dryuchin, D. A. (2024) [Improving the structure of the urban passenger ground transport complex based on the coordinated development of subsystems]. *Vestnik Sibirskogo Gosudarstvennogo Avtomobil'no-dorozhnogo Universiteta* [Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University]. Vol. 21. No. 1 (95), pp. 74–87. – <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-74-87>. (In Russ.).
3. Matantseva, O. Yu., Aredova, A. K. (2018) [Passenger Transportation by Public Transport: Main Economic Problems and Solutions]. *Transport Rossijskoj Federacii. Zhurnal o Nauke, Praktike, Ekonomike* [Transport of the Russian Federation. Journal on Science, Practice, and Economics]. Vol. 2(75), pp. 65–69. (In Russ.).
4. Nosov, A. L. (2016) [Indicators for assessing the quality of passenger transport services]. *Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal «Koncept»* [Scientific and methodological electronic journal «Concept»]. Vol. 12, pp. 93–97. (In Russ.).
5. Postnikov, V. P. (2014) [Optimal Models of Tariff Formation for Urban Passenger Transport]. *Ekonomicheskij Analiz: Teoriya i Praktika* [Economic Analysis: Theory and Practice]. Vol. 11 (362), pp. 36–40. (In Russ.).
6. Prokhorov, V. N. (2006) *Povyshenie effektivnosti funkcionirovaniya gorodskih avtobusov v usloviyah megapolisa. (Metodologiya, teoriya, praktika)* [Improving the Efficiency of Urban Bus Operation in Megacities. (Methodology, Theory, and Practice)]. Moscow: Scientific and Technical Publication/MADI (STU), 393 p.
7. Rassokha, V. I., Dryuchin, D. A., Nadiryan, S. L. (2023) [Optimization of the structure of the fleet of non-railway vehicles serving urban passenger routes based on the results of mathematical modeling]. *International Journal of Advanced Studies*. [International Journal of Advanced Studies]. Vol. 13. No. 3, pp. 180–202. – <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-3-180-202>. (In Russ.).
8. Sidorchuk, R. R., Efimova, D. M. (2015) [Research of Satisfaction with Moscow City Passenger Transport Services]. *Marketing v Rossii i za rubezhom* [Marketing in Russia and Abroad]. Vol. 6, pp. 32–40. (In Russ.).

9. Grishaeva, Yu. M., et al. (2018) [Sustainable Transport Development in Russian Cities: Experience and Current Challenges]. *Yug Rossii: Ekologiya, Razvitie* [South of Russia: Ecology, Development]. Vol. 13. No. 4, pp. 24–46. – <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-4-24-46>. (In Russ.).
10. Fadeev, A. I., Ilyankov, A. M., Polyakov, A. S. (2025) [Selection of the capacity of buses of urban passenger transport of public use]. *Vestnik Sibirskogo Gosudarstvennogo Avtomobil'no-dorozhnogo Universiteta* [Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University]. Vol. 22. No. 2(102), pp. 248–265. – <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-2-248-265>. (In Russ.).
11. Fadeev, D. S., Moiseeva, M. A. (2015) [Determination of the Tariff for Passenger Transportation by Urban Public Transport in the City of Irkutsk]. *Vestnik Irkutskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta* [Bulletin of Irkutsk State Technical University]. Vol. 12 (107), pp. 287–295. (In Russ.).
12. Tsarikov, A. A., Nevolin, D. G. (2026) [Graphoanalytical method of calculating the required number of rolling stock for operating on urban passenger transport routes]. *Intellekt. Innovacii. Investicii*. [Intelligence. Innovation. Investment]. Vol. 2, pp. 90–105. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2026-2-90>. (In Russ.).
13. Tsoi, M. E., Shchekoldin, V. Yu., Dolgikh, I. V. (2017) [Research of Factors Affecting Consumer Satisfaction with the Quality of Urban Public Transport Services]. *Rossiyskoe Predprinimatel'stvo* [Russian Entrepreneurship]. Vol. 18. No. 21, pp. 3237–3260. – <https://doi.org/10.18334/rp.18.21.38503>. (In Russ.).
14. Yakunina, N. V. (2011) [Improving the Methodology for Determining the Structure of Urban Passenger Motor Transport]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. [Bulletin of the Orenburg State University]. Vol. 10 (129), pp. 13–19. (In Russ.).
15. Buba, A. T., Lee, L. S. (2018) A Differential Evolution For Simultaneous Transit Network Design And Frequency Setting Problem. *Expert Systems with Applications*. Vol. 106, pp. 277–289. – <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.04.011>. (In Eng.).
16. Domenico, d'Ovidio F., et al. (2014) A multivariate analysis of the quality of public transport services. *Procedia Economics and Finance*. Vol. 17, pp. 238–247. – [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00868-5](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00868-5). (In Eng.).
17. Eboli, L., Mazzulla, G. (2009) A New Customer Satisfaction Index for Evaluating Transit Service Quality. *Journal of Public Transportation*. Vol. 12. No. 3, pp. 21–37. – <https://doi.org/10.5038/2375-0901.12.3.2>. (In Eng.).
18. Guihaire, V., Hao, J-K. (2008) Transit network design and scheduling: A global review. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 42. No. 10, pp. 1251–1273. – <https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.03.011>. (In Eng.).
19. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C., USA: 2000, 1134 p. (In Eng.).
20. Jara-Díaz, S. R., Gschwender, A. (2009) The effect of financial constraints on the optimal design of public transport services. *Transportation*. Vol. 36, pp. 65–75. – <https://doi.org/10.1007/s11116-008-9182-8>. (In Eng.).
21. Kurganov, V., et al. (2024) Analysis of Regulation of Costs for Operating Buses in a Transport Company. *Sustainability*. Vol. 16. No. 17, pp. 72–74. – <https://doi.org/10.3390/su16177274>. (In Eng.).
22. Owais, M., Osman, M. K. (2018) Complete hierarchical multi-objective genetic algorithm for transit network design problem. *Expert Systems with Applications*. Vol. 114, pp. 143–154. – <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.07.033>. (In Eng.).
23. Pternea, M., Kepaptsoglou, K., Karlaftis, M. G. (2015) Sustainable urban transit network design. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 77, pp. 276–291. – <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.024>. (In Eng.).
24. Wang, Y-L., Chen, M.-L., Lin, S. S-C. (2023) A Formulated Approximated Solution for a Bus Transit System with Peak and Normal Periods. *Journal of Advanced Transportation*, pp. 1–9. – <https://doi.org/10.1155/2023/9011415>. (In Eng.).
25. Xu, M., et al. (2022) Urban Smart Public Transport Studies: A Review and Prospect. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*. Vol. 22(2), pp 91–108. – <https://doi.org/10.16097/j.cnki.1009-6744.2022.02.009>. (In Eng.).

Информация об авторах:

Александр Иванович Фадеев, доктор технических наук, профессор кафедры транспорта, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

ORCID ID: 0000-0001-6581-7087, **Scopus ID:** 57208356151

e-mail: 9135335784@mail.ru

Александр Юрьевич Михайлов, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобильного транспорта и дорожно-строительных машин, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

ORCID iD: 0000-0003-1946-0659, **Scopus Author ID:** 57193751842

e-mail: 89148701840@mail.ru

Андрей Сергеевич Поляков, аспирант, научная специальность 2.9.5 Эксплуатация автомобильного транспорта, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

ORCID iD: 0009-0008-3860-5968

e-mail: polyak97@yandex.ru

Вклад соавторов:

Фадеев А. И. – 35%;

Михайлов А. Ю. – 30%;

Поляков А. С. – 35%.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила в редакцию: 08.04.2026; принята в печать: 03.07.2026.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Alexander Ivanovich Fadeev, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

ORCID iD: 0000-0001-6581-7087, **Scopus ID:** 57208356151

e-mail: 9135335784@mail.ru

Alexander Yuryevich Mikhailov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobile Transport and Road Construction Machinery, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

ORCID iD: 0000-0003-1946-0659, **Scopus Author ID:** 57193751842

e-mail: 89148701840@mail.ru

Andrey Sergeevich Polyakov, postgraduate student, scientific specialty 2.9.5 Operation of motor transport, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

ORCID iD: 0009-0008-3860-5968

e-mail: polyak97@yandex.ru

Contribution of the authors:

Fadeev A. I. – 35%

Mikhailov A. Yu. – 30%

Polyakov A. S. – 35%

There is no conflict of interest.

The paper was submitted: 08.04.2026.

Accepted for publication: 03.07.2026.

The authors have read and approved the final manuscript.