

Научная статья
Статья в открытом доступе
УДК 656.132
doi: 10.30987/2782-5957-2025-3-50-60

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПАССАЖИРОПОТОКОВ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Алексей Алексеевич Цариков✉

Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия
Zarikof@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5314-8602>

Аннотация

Цель: повышение точности прогнозирования пассажиропотоков при разработке моделей транспортных систем городов. Задача: провести натурные исследования пассажиропотоков в городах России и Белоруссии с различной численностью населения. Предложить методику пространственной оценки пассажиропотоков. Выявить закономерности изменения пассажиропотоков по мере движения от центра к периферии, в различных километровых зонах.

Методы исследования: математические и статистические методы анализа, натурный эксперимент.

Новизна работы: предложена методика поиска графического центра транспортной сети города, предложена методика разделения территории города на отдельные километровые зоны. Результаты исследования: выявлены математические закономерности изменения среднего значения пассажиропотока по мере движения от центра к периферии. Получены отдельные математические формулы для прогнозирования пассажиропотоков, для городов с различной формой освоения территории.

Ключевые слова: транспорт, пассажиропоток, пространственная неравномерность, город.

Ссылка для цитирования:

Цариков А.А. Исследование пространственной неравномерности пассажиропотоков городского пассажирского транспорта / А.А. Цариков // Транспортное машиностроение. – 2025. - № 3. – С. 50-60. doi: 10.30987/2782-5957-2025-3-50-60.

Original article
Open Access Article

STUDY OF SPATIAL UNIFORMITY OF PASSENGER TRAFFIC IN URBAN TRANSPORT

Aleksey Alekseevich Tsarikov✉

Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, Russia
Zarikof@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5314-8602>

Abstract

Objective: to improve the accuracy of passenger traffic forecasting when developing models of urban transport systems. Task: to conduct field studies of passenger traffic in cities of Russia and Belarus with different populations; to propose a technique for spatial estimation of passenger traffic; to identify patterns of change in passenger traffic as it moves from the center to outlying districts, in various kilometer zones.

Research methods: mathematical and statistical methods of analysis, field experiment. Novelty of the work: a technique of searching for the graphic center of the city's transportation network is proposed, as well as

a method to divide the city's territory into separate kilometer zones.

Study results: mathematical patterns of changes in the average value of passenger traffic are found out as it moves from the center to outlying districts; some mathematical formulas are obtained for predicting passenger traffic for cities with different forms of territory development.

Keywords: transport, passenger traffic, spatial ununiformity, city.

Введение

Транспортные проблемы любого крупного города России это, прежде всего проблемы его центральной части. Особенно остро эти проблемы ощущаются в исторической части города, улично-дорожная сеть которой была сформирована в XIX века под движение гужевых повозок и пешеходов.

Высокую нагрузку центральной части города можно объяснить более короткой траекторией движения, при сообщении между периферийными районами города. Одновременно с этим, во многих городах России, особенно в тех, где преобладает постиндустриальная экономика, центральная часть в отдельности является точкой притяжения. В ней могут располагаться объекты туристического притяжения, рабочие места, а также места культурно-развлекательной направленности.

Методы и способы решение транспортных проблем, центральной части города рассмотрены в работах [1-6]. Однако эти труды не содержат информации о процессе изменения транспортных и пассажирских потоков, по мере движения от центральной части города к периферии.

Вместе с этим, для построения расчетных моделей транспортных систем городов, в условиях ограниченного объема исходных данных, необходимы закономерности изменения значений пассажиропотоков от центра к периферии. Еще од-

ним случаем, когда необходимы данные закономерности, являются ситуации, при которых оценивается степень влияния центра на весь процесс перемещения пассажиров по территории города. Особенно актуальной, подобная ситуация является для городов с радиальной структурой сети, в которой нет альтернативных путей следования между периферийными районами.

Обзор отечественной литературы показал, что исследованию данного вопроса не уделялось должного внимания. Только в работах Г. А. Гольца [7], В.Г. Незабудкина [8], рассмотрены вопросы распределения транспортных потоков в плане города.

Для расчета «грузопотока» (в том числе пассажиропотока) на расстоянии ρ от центра города, В.Г. Незабудкиным получена следующая формула (1):

$$q_{\rho} = q \varepsilon R \left[1 - \left(\frac{\rho}{R} \right)^2 \right]^2, \quad (1)$$

где q_{ρ} – «грузооборот» (пассажиропоток, величина транспортного потока) на расстоянии ρ от центра город, т·км (пасс·км); q – «грузооборот» локального поля, построенный в любой точке этого поля (элементарный поток между двумя точками), т·км (пасс·км); ε – средний коэффициент непрямолинейности транспортной сети; R – радиус города, км; ρ – переменный радиус ($0 < \rho < R$), %.

Материалы, модели, эксперименты и методы

Для получения данных о закономерностях изменения пассажиропотоков относительно центра города, автор использовал метод концентрических окружностей. Суть данного метода, состоит в делении территории города концентрическими окружностями радиуса $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$, относительно центра.

Данный метод исследования применялся А. Эртелем для оценки развития трамвайной сети городов Европы и США в 1921 г. [9], а также отечественными специ-

алистами А.А. Поляковым и М.П. Шереметьевский для анализа трамвайной сети для города Москвы применительно к 1914 и 1926 гг. [10].

В 70-е годы XX века С. А. Ваксман [11] и В. В. Шештокас [12], использовали метод концентрических окружностей для оценки закономерностей транспортных потоков на улично-дорожной сети города.

На первом этапе, в 10 городах России и Белоруссии были проведены натурные исследования пассажиропотоков. Для про-

ведения данных исследования использовались табличный и визуальный методы обследования [13, 14]. Материалы обследования и графическая модель сети пассажирского транспорта стали основой для построения картограмм пассажиропотоков. Наличие картограммы позволяет производить оценку пассажиропотока F_i на конкретном участке сети l_i .

На следующем этапе производился поиск условного центра города. Для этого автор вокруг графической модели города, описывал окружности или эллипсы. При этом все участки сети, должны были полностью разместиться, внутри эллипсов и окружностей с минимально возможным, для этого города радиусом R . Центр данного эллипса или окружности автор принял за центр транспортной сети города. Пример поиска центра сети представлен на рис. 1.

Относительно центра транспортной сети, были построены концентрические окружности R_n , с относительным шагом $j = 1$ км (рис. 2). Для крупных городов максимальные значения j составляли 12 км, для малых городов 4 км. После построения картограмм пассажиропотоков с опи-

санными на них километровыми окружностями, были проведены оценочные расчеты пассажиропотоков. С этой целью, внутри каждой километровой зоны, выбирались участки сети с одинаковыми значениями пассажиропотоков F_i , после чего производилось суммирование всех произведений протяженности этих участков L_i на значение пассажиропотоков. Расчетная формула (2) для определения среднего значения пассажиропотока F_{cpj} для каждой километровой зоны $j = 1, 2, 3 \dots n$ представлена формула (2):

$$F_{cpj} = \frac{\sum L_i F_i}{L_j}, \quad (2)$$

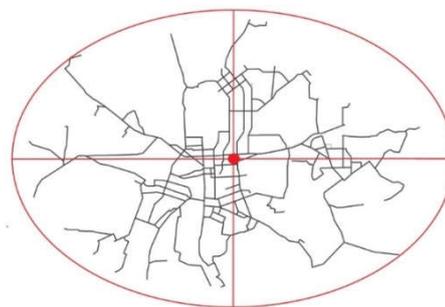


Рис. 1. Графический центр транспортной сети

Fig. 1. Graphic center of the transport network



Рис. 2. Пример картограммы пассажиропотоков города Перми с наложением концентрических окружностей

Fig. 2. An example of a cartogram of passenger traffic in Perm with an overlay of concentric circles

где F_{cpj} – среднее значение пассажиропотока в j -й километровой зоне, пасс/ч; L_i – протяженность i -го участка сети, км; L_j –

суммарная протяженность сети в j -й километровой зоне, км; F_i – значение пассажиропотока i -го участка сети, пасс/ч.

Результаты исследований

Расчет среднего значения пассажиропотоков $F_{срj}$ в соответствии с формулой (2), позволил определить закономерности изменения мощности пассажиропотока относительно центра города. В рамках данной работы автор разделил исследуемые города на три отдельные группы. К первой группе были отнесены города с населением более 1 млн. жителей, ко второй от 500

тыс. до 1 млн., и к третьей менее 500 тыс. жителей.

На рис. 3 представлены данные об изменении среднего значения пассажиропотока от относительно центра для городов с численностью населения более 1 миллиона жителей. Как видно из рис. 3, у всех четырех рассматриваемых автором городов, наибольший средний пассажиропоток зафиксирован в первой километровой зоне.

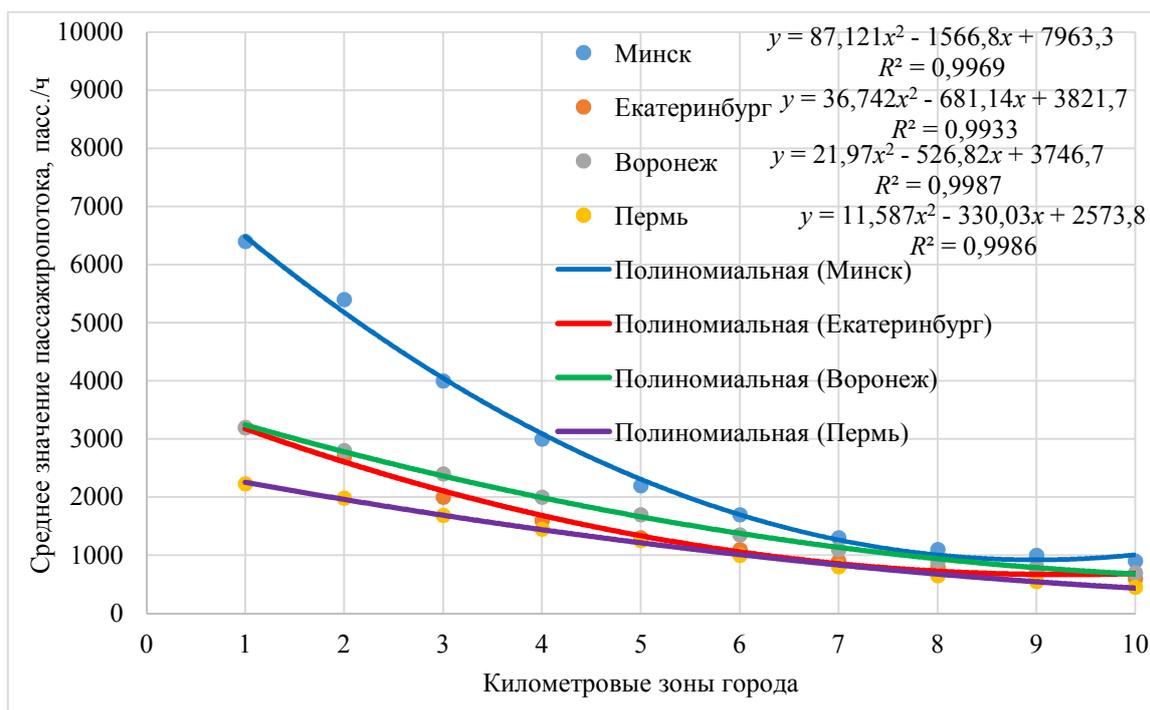


Рис. 3. Изменение среднего значения пассажиропотока относительно центра города в населенных пунктах с численностью населения более 1 млн. жителей

Fig. 3. Change in the average value of passenger traffic relative to the city center in settlements with a population of more than 1 million inhabitants

Минск необходимо отнести к наиболее крупному населенному пункту из всех рассматриваемых автором городов и представленных на рис. 3. Из графика видно, что в первой километровой зоне Минска, среднее значение пассажиропотока составляет 6400 пасс/ч в одном направлении. Это значение значительно превышает пассажиропотоки первой километровой зоны крупнейших городов России. Так в Екатеринбурге и Воронеже это величина составляет 3100 пасс/ч, что в 2 раза меньше, чем у Минска.

Вместе с этим, по мере движения от центра к периферии, среднее значение пас-

сажиропотока в Минске быстро снижается. Практически к 7-й километровой зоне, средние значения пассажиропотока во всех четырех городах приближаются к единым значениям. Так разница в значениях пассажиропотоков Минска и Перми, в первой километровой зоне отличается в 3 раза, но в периферийной зоне (это территория начинается с 7-километровой зоны) составляет всего 20...30 %.

Примечательно, что процесс изменения среднего значения пассажиропотока относительно центра города, достаточно корректно, можно описать полиномом второго порядка $y=ax^2+bx+c$. При чем,

данная закономерность тождественная для всех четырех рассматриваемых городов.

Необходимо отметить, что рассматриваемые автором крупнейшие города России и Белоруссии, в значительной мере отличаются по форме освоения территории, а также местам тяготения населения. Екатеринбург и Минск можно отнести к городам с эллипсоидной формой освоения территории, которые равномерно осваивали пространство от центра к периферии. Оба вышеупомянутых города имеют ярко выраженный центр города, которые являются точкой тяготения населения. Эти города пересекают реки небольшой ширины, через которые построено больше количество мостов небольшой протяженности. Отсутствие разрывов в улично-дорожной сети, позволяет в этих городах организовать прямолинейные транспортные корреспонденции с большим количеством дублируемых направлений.

Воронеж отличается от Екатеринбурга и Минска, не только численность населения города, но и формой освоения территории. Город также по форме своей территории приближена к эллипсу, однако его разделяет крупная река на две отдельные части. Транспортная связь между двумя частями города осуществляет с помощью трех мостовых переходов, которые имеют значительную протяженность. Наличие водной преграды в виде реки, “разрывает” улично-дорожную сеть Воронежа, а также способствует концентрации более мощных пассажиропотоков на мостовых переходах и на подходах к ним.

Город Пермь, как и Воронеж, представляет собой эллипс, рассеченный крупной рекой на две отдельные части. Одновременно с этим, в отличие от Воронежа, в Перми река Кама делит город на разные по численности населения части, с различным объемом не освоенных территорий. Через Каму также построено три мостовых перехода, однако они расположены на значительном удалении друг от друга (10 и более км). При этом на мостах, расположенных на периферии организовано минимальное количество маршрутов городского пассажирского транспорта. Более

подробно данный вопрос описан в работе [15].

На рис. 4 представлены данные об изменении среднего значения пассажиропотока от относительно центра для городов второй группы, численность населения которых составляет от 500 тыс. до 1 миллиона жителей.

Из рис. 4 видно, что наибольшее среднее значение пассажиропотоков F_{cpj} в первой километровой зоне зафиксировано в Иркутске. Этот показатель составил 4500 пасс/ч в одном направлении, что в 2 раза больше, чем в городе Хабаровске, который соизмерим по численности населения. Однако, как видно из графика, по мере перемещения от центра к периферии, среднее значение пассажиропотока города Иркутска быстро снижается и в четвертой километровой зоне, составляет значения равные показателям, полученным по Хабаровску и Гомелю.

Одновременно с этим, рассмотренные автором города с численностью населения от 500 тыс. до 1 млн. жителей, в значительной мере отличаются по форме освоения территории. Гомель по форме освоения территории максимально приближен к Минску и Екатеринбургу. То есть представляет собой эллипс, через который протекает река небольшой ширины, которая не оказывает существенного влияния на развитие улично-дорожной сети.

Город Хабаровск, необходимо отнести к населенным пунктам, форма освоения которого максимально приближена к полуэллипсу. Иными словами, город построен вдоль одного из берегов реки Амур. Иркутск по форме освоения максимально приближен к Воронежу. Его также можно отнести к эллипсу, рассеченному крупной рекой. Одновременно с этим, в Иркутске левый берег, разделен притоками Ангары и железнодорожными путями на пять отдельных территорий. Эти территории слабо связаны между собой. Подобная схема освоения территории, привела к появлению, ярко выраженного центра, через который проходят основные маршруты городского пассажирского транспорта.

Как и в случае с крупнейшими городами (с численностью населения более

1 миллиона жителей), процесс изменения пассажиропотока относительно центра в населенных пунктах с численностью населения от 500 тыс. до 1 млн. жителей, достаточно корректно описывается полиномом второго порядка $y = ax^2 + bx + c$.

На рис. 5, представлены графики пространственного изменения пассажиропотоков для городов третьей группы, с численностью населения менее 500 тыс. жителей. Как видно из рисунка, для города Магнитогорска, так же, как и в городах первой и второй группы, наибольшее среднее значение пассажиропотоков $F_{срj}$ зафиксировано в первой километровой зоне. Здесь также отмечается постепенное снижение пассажиропотока $F_{срj}$ по мере движения от центра к периферии.

С точки зрения освоения пространства, Магнитогорск представляет собой эллипс, который рассечен на две части широким прудом. На одном берегу пруда расположена селитебная зона, на другом только промышленные предприятия. Фактически центральной частью сети являются мостовые переходы, которые соединяют две отдельные части города.

Кривая изменения среднего значения пассажиропотока $F_{срj}$ Нижнего Тагила, в значительной мере отличается от других рассмотренных автором городов. Как видно из рис. 5, по мере движения от центра, пассажиропоток растет до третьей километровой зоны, после чего постепенно снижается.

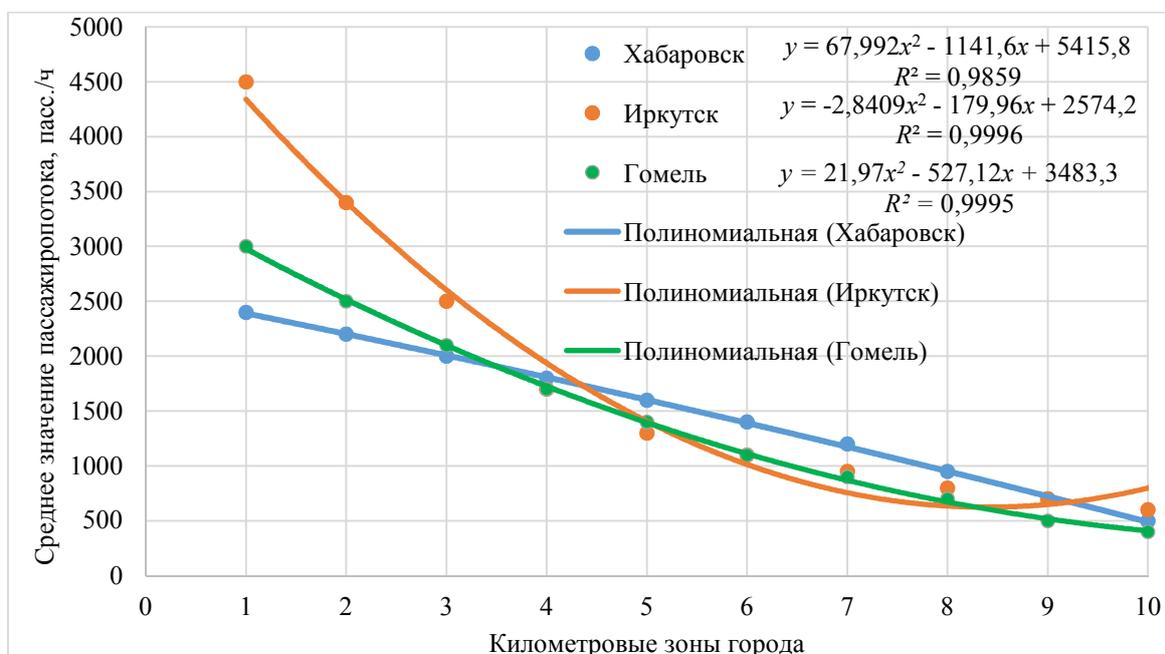


Рис. 4. Изменение среднего значения пассажиропотока относительно центра города в населенных пунктах с численностью населения от 500 тыс. до 1 млн. жителей
 Fig. 4. Change in the average passenger traffic relative to the city center in settlements with a population of 500,000 to 1 million inhabitants

Подобную закономерность можно интерпретировать уникальной формой освоения территории. Территориально, город Нижний Тагил выглядит в виде эллипса, который разделили на две отдельные части широким прудом и промышленными территориями. Связь между этими территориями осуществляется по двум основным улицам. Однако транспортные корреспонденции восточной части города тяго-

теют к одной промышленной площадке, а в западной части города к другой. Иными словами город Нижний Тагил, теоритически представляет собой два населенных пункта, расположенные в непосредственной близости друг от друга. Это объясняет пиковые значения пассажиропотоков в 3 и 4-й километровой зонах, в которых расположены проходные этих предприятий.

Город Ханты-Мансийск является достаточно не большим по площади городом с численностью населения 96 тыс. жителей по состоянию на 2016 г. Площадь города позволила выделить по нему четыре отдельные километровые зоны. Как видно из рис. 5, в Ханты-Мансийске, как и в других исследованных автором городах, среднее значение пассажиропотока F_{cpj} достигает максимума в центре, но по мере движения к периферии постепенно снижается.

Необходимо отметить, что для оценки закономерностей изменения пассажиропотока относительно центра города, более корректно использовать относитель-

ные значения. То есть принять за 100 %, среднее значение пассажиропотока F_{cpj} , в первой километровой зоне города, а для остальных километровых зон принять долю пассажиропотока относительно центра, в соответствии (3):

$$D_{отj} = \frac{F_{cpj} \cdot 100\%}{F_{cp.1}}, \quad (3)$$

где $D_{отj}$ – относительное значение пассажиропотока для j -й километровой зоны, %; F_{cpj} – среднее значение пассажиропотока в j -й километровой зоне, пасс/ч; $F_{cp.1}$ – средний пассажиропоток 1-й километровой зоны, пасс/ч.

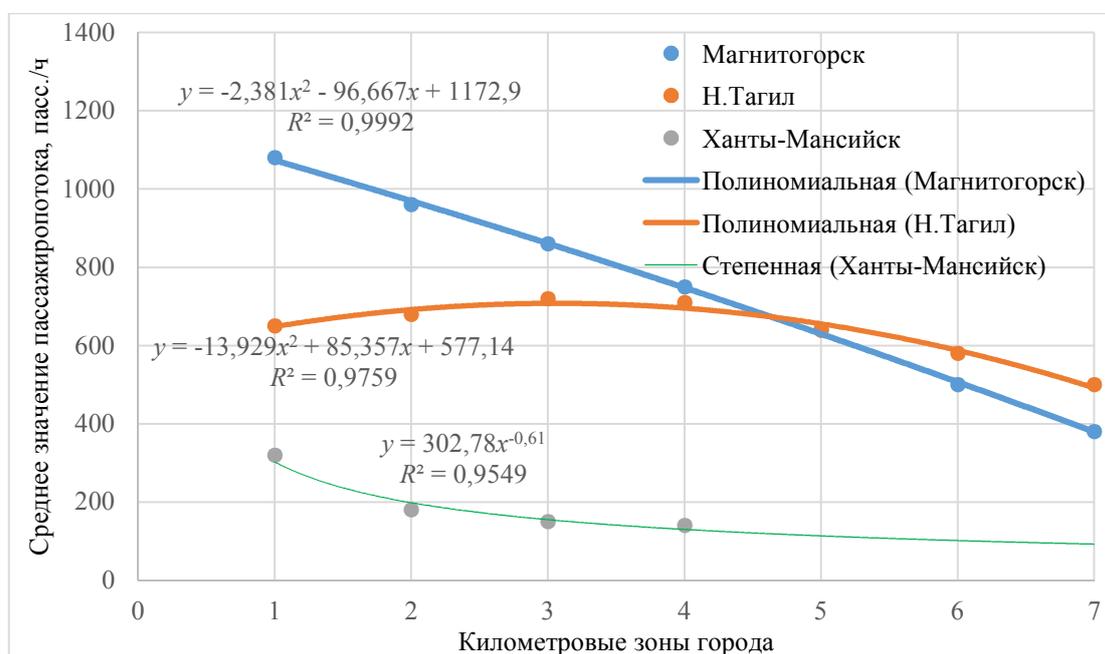


Рис. 5. Изменение среднего значения пассажиропотока относительно центра города в населенных пунктах с численностью населения менее 500 тыс. жителей

Fig. 5. Change in the average value of passenger traffic relative to the city center in settlements with a population of less than 500 thousand inhabitants.

Таким образом, в соответствии (3), были вычислены значения пассажиропотоков по всем километровым зонам города, относительно центра. Учитывая то, что все города имеют различные формы освоения территории, автор отдельно выделили крупные и крупнейшие города с формой освоения в виде эллипса и эллипса, рассеянного рекой. Отдельной группы для городов в виде полуэллипса, в данной работе автор не формировал, по причине отсутствии данных по другим городам кроме Хабаровска. Кроме того, из сравнения бы-

ли исключены города с численностью населения менее 500 тысяч жителей, так как их геометрические размеры отличаются от крупных и крупнейших городов.

Полученные в результате расчета данные представлены на рис. 6 и 7.

Как видно из рис. 6, относительный пассажиропоток в городах в виде эллипса достаточно корректно описывается уравнением регрессии вида $y = ax^2 + bx + c$ (полином второго порядка). При этом видно, что показатели, полученные по Москве Г. Гольцом [7] максимально приближены к

значениям, выявленные автором. Из кривых, представленных на рис. 6, можно сделать вывод, что по мере движения от центра к периферии, пассажиропоток снижается в 5 раз. При этом для построения моделей городского пассажирского транспорта, рекомендуется использовать уравнение вида $y = 0,0115x^2 - 0,2129x + 1,1943$.

На рис. 7 представлены кривые изменения относительного пассажиропотока для городов в форме эллипса расчлененного

рекой. Из графика видно, что пассажиропоток в городах подобной формы также снижается от центра к периферии в 5 раз. Однако в отличие от городов первой группы, здесь снижение пассажиропотока происходит более плавно. Для построения моделей городского пассажирского транспорта, в городах данной формы более корректно уравнение $y = 0,0056x^2 - 0,153x + 1,1672$.

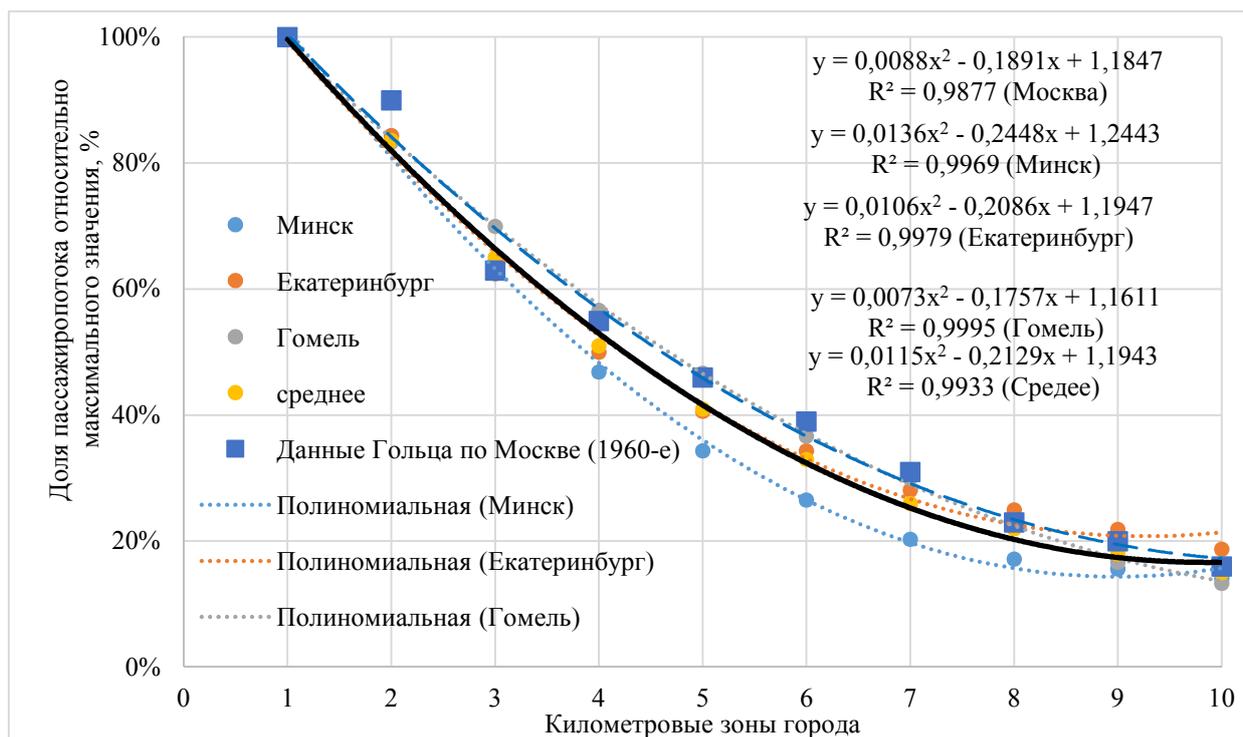


Рис. 6. Изменение относительных значений пассажиропотоков по километровым зонам, в городах с формой освоения территории в виде эллипса

Fig. 6. Changes in the relative values of passenger traffic by kilometer zones, in cities with the shape of the territory development in the form of an ellipse.

Стоит уточнить, что города Нижний Тагил, Магнитогорск и Ханты-Мансийск, менее крупные населенные пункты, как с точки зрения численности населения, так и освоенной территории. Вместе с этим, на рис. 7, представлены показатели относительного пассажиропотока, для города Магнитогорска.

Из рисунка видно, что 8-я километровая зона, которая является окраиной Магнитогорска, характеризуется пассажиропотоком в размере 20 %, относительно центра. Иными словами, если в исследова-

ниях относительных значений пассажиропотоков принять также, относительные значения размеров городов ($0 < r < R$ смотрим (1)), то процесс изменения пассажиропотоков, для городов разных геометрических размеров, но схожих по форме освоения территории будет идентичным.

Уравнения регрессии и коэффициенты детерминации, описывающие связь изменения значений пассажиропотоков относительно центра города представлены на таблице.

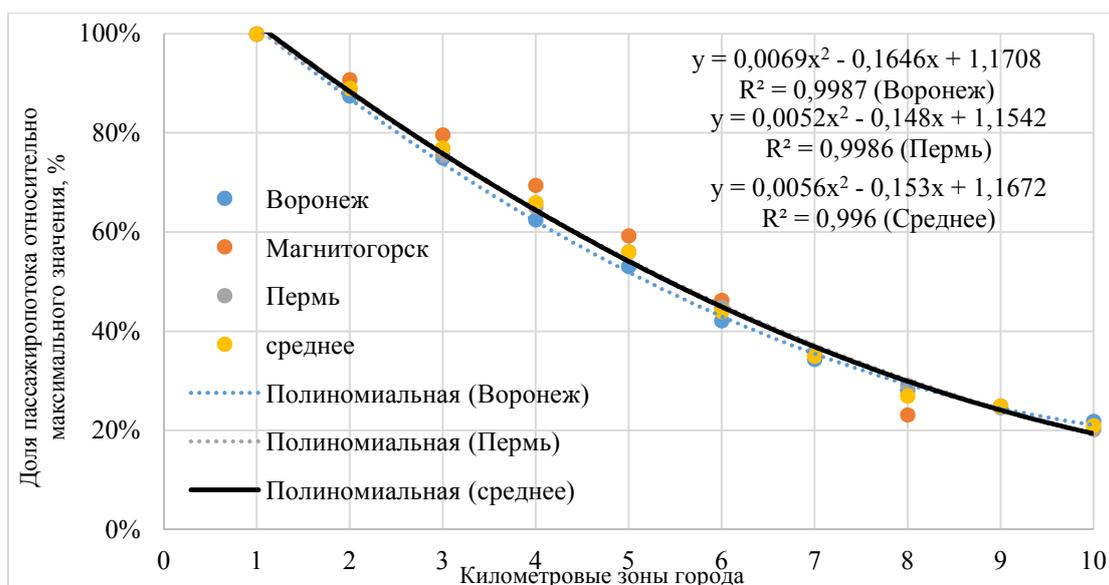


Рис. 7. Изменение относительных значений пассажиропотоков по километровым зонам, в городах с формой освоения территории, в виде эллипса рассеченного крупной водной преградой
 Fig. 7. Changes in the relative values of passenger traffic by kilometer zones, in cities with a form of territory development, in the form of an ellipse dissected by a large water barrier

Таблица

Регрессионные уравнения, описывающие закономерности изменения значений пассажиропотоков относительно центра города

Regression equations describing patterns of change in passenger traffic values relative to the city center

Table

Город	Уравнение регрессии и коэффициентов детерминации
Минск	$Y = -0,0012 \cdot X^2 - 0,075 \cdot X + 1,0726$; $R^2 = 0,99$
Екатеринбург	$Y = -0,0052 \cdot X^2 - 0,148 \cdot X + 1,1542$; $R^2 = 0,99$
Воронеж	$Y = -0,0069 \cdot X^2 - 0,1646 \cdot X + 1,1708$; $R^2 = 0,99$
Пермь	$Y = -0,0073 \cdot X^2 - 0,1757 \cdot X + 1,1611$; $R^2 = 0,99$
Хабаровск	$Y = -0,00115 \cdot X^2 - 0,2129 \cdot X + 1,1943$; $R^2 = 0,99$
Иркутск	$Y = -0,00136 \cdot X^2 - 0,2448 \cdot X + 1,2443$; $R^2 = 0,99$
Гомель	$Y = -0,0151 \cdot X^2 - 0,2537 \cdot X + 1,2035$; $R^2 = 0,99$
Магнитогорск	$Y = -0,002 \cdot X^2 - 0,0924 \cdot X + 1,0959$; $R^2 = 0,99$

Выводы

Проведенные автором исследования показали, что предложенная им методика поиска графического центра транспортной сети города достаточно корректна и может быть использована в практических и научных целях.

Метод концентрических окружностей, может быть использован для всей сторонней оценки различных показателей транспортной системы города, в том числе для сравнения пассажиропотоков, интенсивности движения, плотности сети и скорости сообщения.

Пространственный анализ закономерностей изменения пассажиропотоков

проведенных автором показал, что значения, полученные на окраине города, отличаются от центральной части (первой километровой зоны) в 5 раз. При этом закономерности изменения пассажиропотока в пространстве достаточно корректно могут быть описаны полиномом второго порядка $y = ax^2 + bx + c$. Данная закономерность должным образом описывает изменения в абсолютных, а также в относительных единицах.

Для более точного прогнозирования, при разработке графических моделей сети городского пассажирского транспорта, необходимо учитывать форму territori-

ального освоения территории. В городах, территория которых разделена крупной рекой, закономерности изменения пассажиропотоков несколько отличаются от городов, в которых нет подобных рек.

Дальнейшие исследования пространственной неравномерности пассажиро-

токов городского транспорта, необходимо проводить для городов с нестандартной формой освоения территории. К ним стоит отнести линейные города – Волгоград, города в виде гантели – Уфа, трапеции – Самара, и других форм.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кракович, С. С. Формирование системы массового пассажирского транспорта на территории центра крупнейшего города : дис. ... канд. техн. наук \ С. С. Кракович. Москва, 1984. 163 с.
2. Крылова, О. И. Методы расчета емкости сети магистральных улиц и автостоянок в центральном районе крупного города (на примере Ленинграда) : автореф. дис. ... канд. техн. наук / О. И. Крылова. Ленинград, 1978. 23 с.
3. Пиир, Р. М. Исследование пешеходного движения на улицах центральных районов крупных городов : автореф. дис. ... канд. техн. наук \ Р. М. Пиир. Ленинград, 1971. – 29 с.
4. Федутин, Ю. А. Исследование транспортной организации городского центра : дис. ... канд. техн. наук / Ю. А. Федутин. Москва, 1969. 291 с.
5. Худайбердиев, А. Совершенствование улично-дорожной сети городов и исторически сложившимися центрами на примере городов Узбекистана : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Худайбердиев. Москва, 1988. 17 с.
6. Кудрявцев, О. К. Транспорт городских центров / О. К. Кудрявцев, Ю. А. Федутин, И. И. Чуверин. Москва : Транспорт, 1978. 110 с.
7. Гольц, Г. А. Некоторые закономерности распределения транспортных потоков / Г. А. Гольц // Городское хозяйство Москвы. 1966. №6. С. 30-32.
8. Незабудкин, В. Г. Геометрия оптимальных трасс / В. Г. Незабудкин. Йошкар-Ола : рукопись, 1960.
9. Arthur, Erte. D. Traffic and buildings in large cities // Electric Railway Journal. 1921. August 6.

REFERENCES

1. Krakovich SS. Formation of a mass passenger transport system in the center of a city [dissertation]. [Moscow (USSR)]; 1984.
2. Krylova OI. Methods for calculating the capacity of the network of main streets and parking lots in the central area of a city (on the example of Leningrad) [abstract of dissertation]. [Leningrad (USSR)]; 1978.
3. Piir RM. Study of pedestrian traffic in the streets of city central areas [abstract of dissertation]. [Leningrad (USSR)]; 1971.

10. Поляков, А. А. Достижения русской и зарубежной техники в области трамвайного дела / А. А. Поляков, М. П. Шереметьевский // Коммунальное хозяйство. 1927. №11-12. С. 22-23.
11. Ваксман, С. А. Исследование закономерностей автотранспортной загрузки сети магистральных улиц (на примере городов Урала и Казахстана) : автореф. дис. ... канд. техн. наук / С. А. Ваксман. Свердловск, 1970. 25 с.
12. Шештокас, В. В. Город и транспорт / В. В. Шештокас. Москва : Стройиздат, 1984. 176 с.
13. Неволин Д. Г. К вопросу применения автоматизированных методов исследования пассажиропотоков на городском общественном транспорте / Д. Г. Неволин, А. А. Цариков, И. Г. Сорогин // Инновационные транспорт. 2024. №4(54). С. 12-17. DOI:10.20291/2311-164X-2024-4-12-17.
14. Неволин Д. Г. Обзор натуральных методов исследования пассажиропотоков на городском общественном транспорте / Д. Г. Неволин, А. А. Цариков, И. Г. Сорогин // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технология ремонта и производства: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции (Ижевск 26-27 Апреля 2024 г) - Ижевск: Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2024. С 341-346.
15. Неволин, Д. Г. Градостроительные особенности проектирования сетей скоростного пассажирского транспорта в крупнейших городах России / Д. Г. Неволин, А. А. Цариков, В. Г. Бондаренко // Транспорт Российской Федерации. 2022. №4-5(9). С. 55-59.

4. Fedutinov YuA. Study of the urban center transport arrangement [dissertation]. [Moscow (USSR)]; 1969.
5. Khudaiberdiev A. Improvement of the street and road network of cities with historically established centers on the example of cities in Uzbekistan [abstract of dissertation]. [Moscow (USSR)]; 1988.
6. Kudryavtsev OK, Fedutinov YuA, Chuverin II. Transport of urban centers. Moscow: Transport; 1978.
7. Golts GA. Some patterns of distributing traffic flows. Gorodskoe Khozyaistvo Moskvyy. 1966;6:30-32.

8. Nezabudkin VG. Configuration of optimal routes: manuscript. Yoshkar-Ola; 1960.
9. Arthur ED. Traffic and buildings in large cities. Electric Railway Journal; 1921.
10. Polyakov AA, Sheremetyevsky MP. Achievements of Russian and foreign technology in the field of tram business. Kommunalnoe Khozyaistvo.1927;11-12:22-23.
11. Vaxman SA. Study of the patterns of motor vehicle loading in the main street network (on the example of cities in Urals and Kazakhstan) [abstract of dissertation]. [Sverdlovsk (USSR)]; 1970.
12. Sheshtokas VV. City and transport. Moscow: Stroyizdat; 1984.
13. Nevolin DG, Tsarikov AA, Sorokin IG. On the issue of using automated methods for passenger traffic research in urban public transport. Innotrans. 2024;4(54):12-17. DOI:10.20291/2311-164X-2024-4-12-17.
14. Nevolin DG, Tsarikov AA, Sorokin IG. Review of field methods of passenger traffic research on urban public transport. Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference, April 26-27, 2024: Automotive Industry: Design, Construction, Calculation and Technology of Repair and Production; Izhevsk: Publishing House of Kalashnikov Izhevsk State Technical University; 2024.
15. Nevolin DG, Tsarikov AA, Bondarenko VG. Urban planning features of designing high-speed passenger transport networks in largest cities of Russia. Transport of the Russian Federation. 2022;4-5(9):55-59.

Информация об авторе:

Цариков Алексей Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения, тел.: 8-902-87-120-080.

Tsarikov Aleksey Alekseevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Design and Operation of Automobiles, Ural State University of Railway Transport, phone: 8-902-87-120-080.

**Статья опубликована в режиме Open Access.
Article published in Open Access mode.**

Статья поступила в редакцию 07.02.2025; одобрена после рецензирования 04.03.2025; принята к публикации 06.03.2025. Рецензент – Антипин Д.Я., кандидат технических наук, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог», директор учебно-научного института транспорта Брянского государственного технического университета, член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 07.02.2025; approved after review on 04.03.2025; accepted for publication on 06.03.2025. The reviewer is Antipin D.Ya., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Railway Rolling Stock, Director of the Educational and Scientific Institute of Transport at Bryansk State Technical University, member of the Editorial Council of the journal *Transport Engineering*.