УДК 656.025.6

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

С.А. Аземша
Белорусский государственный университет транспорта,
г. Гомель, Республика Беларусь
s-azemsha@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. *Городской общественный пассажирский транспорт играет огромную роль в жизни современных городов. В то же время его финансовое состояние оставляет желать лучшего. Цель этой работы – применением научных методов установить перспективное направление повышения эффективности работы общественного городского пассажирского транспорта.*
Материалы и методы. *Корреляционным и регрессионным анализом установлено наличие связи между окупаемостью работы маршрута общественного городского пассажирского транспорта и показателями использования вместимости пассажирских транспортных средств – средним значением коэффициента пассажиронапряженности и величиной его разброса.*
Предложено новое направление повышения эффективности работы общественного городского пассажирского транспорта, основанное на использовании пассажирских транспортных средств переменной длины (модульных транспортных средств), позволяющее более точно «подстраиваться» под мощность пассажиропотока.
Результаты. *Приведенные примеры расчетов показывают, что применение модульных пассажирских транспортных средств позволит повысить окупаемость работы общественного транспорта на 26%.*
Обсуждение и заключение. *Наличие парка из модулей пассажирских транспортных средств одинаковой вместимости позволяет перевозчику более гибко подстраиваться под существующую мощность пассажиропотока, повышая тем самым коэффициент пассажиронапряженности и уменьшая разброс его значений относительно среднего. Все это приводит к повышению эффективности работы городского общественного пассажирского транспорта.*
Дальнейшие работы в данном направлении целесообразно сосредоточить на обосновании вместимости модуля, разработке технологии осуществления перевозок пассажиров модульными транспортными средствами, формулировании технических требований к конструкции модуля.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *эффективность перевозок, городской общественный пассажирский транспорт, использование вместимости общественного транспорта, регрессионный анализ, модульный транспорт, модульный автобус.*

БЛАГОДАРНОСТИ. *Автор выражает свою благодарность руководителям предприятий пассажирских перевозчиков г. Гомеля, предоставившим необходимые статистические данные, а также рецензентам данной статьи.*

© С.А. Аземша

Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DEVELOPMENT OF PROPOSALS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF PUBLIC URBAN PASSENGER TRANSPORT

S.A. Azemsha
Belarusian State University of Transport,
Gomel, Republic of Belarus
s-azemsha@yandex.ru

ABSTRACT

Introduction. *Urban public transport plays an important role in modern cities. At the same time, the financial performance of public transport's work is far from ideal. The purpose of the paper is to identify a promising area for increasing the payback of public urban passenger transport by application of different scientific methods.*
Materials and methods. *The paper demonstrated the significant statistical relationship between the route's payback of public urban passenger transport and the indicators of using the capacity of passenger vehicles. Moreover, the author presented the average value of the passenger stress coefficient. The author also proposed to increase the payback of public urban passenger transport based on the use of variable-length electric buses (modular vehicles), which allowed more precise adjustment to the capacity of passenger traffic.*
Results. *Calculation examples showed that the use of modular passenger vehicles increased the public transport's payback on 26%.*
Discussion and conclusions. *As a result, the presence of the electric bus modules' fleet of the same capacity allows the carrier flexibly adapting the existing passenger flow capacity. Therefore, such measures increase the passenger stress coefficient, reduce the spread of its values relative to the average value and lead to the increase in the payback of public passenger transport.*
The author recommends to substantiate the capacity of the module, to develop technology for carrying passengers by modular vehicles and to formulate technical requirements for the module design in further research.

KEYWORDS: *efficiency of transportation, public transport, use of public transport capacity, regression analysis, modular bus.*

ACKNOLEDGEMENTS. *The author expresses his gratitude to the heads of the passenger carrier enterprises of Gomel for the necessary statistics, as well as to the reviewers of the manuscript.*

© S.A. Azemsha

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

ВВЕДЕНИЕ

Городской общественный пассажирский транспорт (ГОПТ) – стратегическая отрасль, качество функционирования которой во многом определяет качество жизни горожан. Показатели экономической эффективности ГОПТ в настоящее время низки, что ведет к необходимости повышения стоимости проезда, снижению количества выполняемых рейсов, датированию его работы из бюджета. В таких условиях разработка мероприятий по повышению эффективности работы ГОПТ достаточно актуальна.

Вопросы повышения эффективности работы ГОПТ отражены во многих научных трудах. Основная идея этих работ сводится к тому, что из-за неравномерности пассажиропотока на маршрутах степень использования вместимости пассажирских транспортных средств невелика. Это приводит к тому, что перевозчик выполняет нерентабельные рейсы. В работе [1] авторы особое внимание уделили изучению использования вместимости пассажирских транспортных средств. Они установили, что в отношении наполняемости на многих маршрутах действует закон Паретто – на протяжении 80% пути маршрута используется только 20% вместимости автобусов. В работе [2] приведены сведения о динамике изменения наполняемости автобусов стран Евросоюза. Авторы подчеркивают, что уровень занятости для автобусов сильно различается между государствами-членами. Например, в Великобритании автобус перевозит в среднем около 9 человек, в то время как во Франции этот показатель составляет около 25. Различия между государствами-членами авторы объясняют различной организацией общественного транспорта (тарифы, частота, доступность и т. д.), а также формой собственности автобусных предприятий. Аналогичные исследования для США приведены в работе [3]. В Республике Беларусь также проводятся исследования по оценке эффективности использования вместимости пассажирских транспортных средств. В работе [4] показано, что уровень использования вместимости пассажирских транспортных средств невысок, при этом коэффициент пассажиронапряженности составляет в среднем 30%. В [5] показано, что существует значимая неравномерность использования вместимости пассажирских транспортных средств по часам суток и на некоторых маршрутах по направлениям движения. Таким образом, видно, что проблема неэффективного использования вместимости пассажирских транспортных средств актуальна за рубежом и в Республике Беларусь.

Для повышения эффективности использования вместимости пассажирских транспортных средств ряд авторов предлагает модели распределения автобусов разной вместимости по маршрутам в разные часы суток с учетом неравномерности пассажиропотоков. Так, в работе [6] автор показывает, что безубыточность (нулевая рентабельность) работы общественного транспорта будет достигнута при коэффициенте использования вместимости 0,37. Расчеты велись при величине затрат перевозчика и стоимости проезда актуальных на момент проведения расчетов. Для повышения эффективности работы общественного транспорта автор предлагает распределять имеющиеся пассажирские транспортные средства разной вместимости по маршрутам с учетом мощности пассажиропотока на них. В [7] авторы указывают, что для минимизации суммарных издержек, связанных с эксплуатацией транспортной системы, необходимо выбирать оптимальную вместимость транспортных средств, а также оптимизировать интервалы движения. Одной из причин низкого наполнения пассажирских транспортных средств авторы отмечают их неоптимальную вместимость. При этом, как правило, вместимость завышена, что приводит к низкой степени наполняемости и увеличению интервалов движения. Для решения таких задач авторы предлагают двухуровневую математическую модель выбора подвижного состава необходимой вместимости.

Еще одна ветка работ, направленных на повышение эффективности работы общественного пассажирского транспорта, предлагает ранжирование маршрутов по их экономическим показателям и выставление их на аукцион. В работе [8] авторы проводят идею о том, что частная форма собственности, в том числе и на транспорте, более эффективна, чем государственная. Поэтому предлагается передать процесс оказания услуги (перевозки) частным перевозчикам. Однако с учетом анализа зарубежного опыта авторы рекомендуют сочетать и государственную, и частную форму автомобильных перевозчиков, между которыми производится разделение обслуживаемых ими маршрутов на тендерной основе. При этом на тендер выставляются одновременно рентабельные и нерентабельные маршруты, и победитель тендера будет обслуживать обе категории маршрутов, т.е. авторами предлагается

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

производить распределение маршрутной сети города по принципу равного долевого участия государственного и частного перевозчиков, предварительно категорируя маршруты по признаку социальной значимости и доходности. Однако стоит заметить, что это предложение не повлияет на эффективность функционирования маршрутов с точки зрения повышения самоокупаемости. Оно лишь позволит снизить затраты бюджета на осуществление перевозок. В работе [9] авторы указывают, что городской общественный транспорт является, как правило, убыточным и требует значительных субсидий из бюджетов различных уровней. Но это не отменяет необходимости со стороны предприятий поиска решений, позволяющих снизить убытки и выйти на уровень положительной рентабельности производственного процесса. Для оценки эффективности муниципальных автобусных маршрутов авторы взяли метод ABC и XYZ-анализа, позволяющий при наличии достоверной информации оценить эффективность муниципальных маршрутов, например по прибыли за 1 рейс. Результатом работы стала структуризация маршрутов по вышеуказанному критерию с предложением последующей реализации через аукцион одновременно маршрутов с разной экономической эффективностью. Как и в работе [8], это предложение не повлияет на эффективность функционирования маршрутов с точки зрения повышения самоокупаемости. В работе [10] авторы предлагают повышать эффективность функционирования общественного транспорта путем снижения себестоимости его работы за счет реализации права на обслуживание пассажиров на каждом отдельном маршруте среди перевозчиков путем игры на понижение. Плату за проезд предполагается рассчитывать с учетом требований[1]. В статье [11] авторы показывают модель временного ряда (тренда) годового пассажиропотока от фактора времени. Ими для анализа и прогнозирования внутри годичных колебаний моделью сезонной волны (сезонных колебаний) использовался ряд Фурье. На основании полученных таким образом прогнозных данных по пассажиропотоку авторы предлагают различные мероприятия по обеспечению рентабельности работы: увеличение тарифа, снижение вместимости работающего на маршруте автобуса, увеличение интервала движения. Конечно же, такие мероприятия ухудшат качество обслуживания пассажиров, что несомненно приведет к еще большему падению спроса на этот вид перевозок. Так, например, в работе [12] авторы показывают наличие зависимости между удельной долей пассажиров, пользующихся общественным автомобильным транспортом и соотношением тарифа за проезд к бюджету прожиточного минимума. Установлено, что с ростом указанного соотношения, удельная доля пассажиров, пользующихся общественным автомобильным транспортом, снижается. Это предполагает необходимость опережающего темпа роста заработной платы по сравнению с ростом стоимости проезда.

Приведенный краткий обзор научной литературы показывает актуальность рассматриваемой в статье задачи повышения эффективности работы ГОПТ. Цель этой работы – применением научных методов установить перспективное направление повышения эффективности работы общественного городского пассажирского транспорта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исходных данных взяты параметры работы автобусов на 16 городских маршрутах г. Гомеля. Общее число поездок по этим маршрутам равно 476. В качестве целевого параметра принята самоокупаемость работы на маршруте (О, %), а в качестве управляемых параметров для каждого маршрута следующие величины:

1. Средняя наполняемость за рейс (Nр, пасс) – отношение выполненных за рейс пассажиро-километров к длине рейса.

2. Коэффициент рейсовой вместимости (Крвм) – отношение выполненных за рейс пассажиро-километров транспортной работы к максимально возможной транспортной работе, определяемой произведением вместимости автобуса на расстояние поездки.

3. Коэффициент пассажиронапряженности (Кп) – отношение максимального пассажиропотока за рейс (пассажиронапряженности) к вместимости автобуса.

4. Дисперсии параметров 1–3 (DNр, DКрвм, DКп).

5. Коэффициенты вариации параметров 1–3 (KNр, ККрвм, ККп).

[1] Распоряжение Министерства транспорта РФ от 31 января 2017 г. № НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом».

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

6. Количество разных вместимостей автобусов на маршруте (Ка), шт.

7. Средняя вместимость автобусов на маршруте в период обследования (Вср), пасс.

8. Длина рейса (Lр), км.

9. Суточный объем перевозок на маршруте по билетно-учетным листам (Qб), пасс/сут.

10. Суточный объем перевозок пассажиров по наблюдениям (Qо), пасс/сут.

11. Суточное количество рейсов на маршруте (Кр), шт.

12. Отношение количества перевезенных за сутки пассажиров по билетно-учетным листам к числу пассажиров, которое могло бы быть перевезено за эти же сутки при максимальном использовании вместимости каждый рейс (Qб/(Кр·Вср)).

13. Отношение количества перевезенных за сутки пассажиров по наблюдениям к числу пассажиров, которое могло бы быть перевезено за эти же сутки при максимальном использовании вместимости каждый рейс (Qо/(Кр·Вср)).

Выдвигается гипотеза о наличии статистической связи между самоокупаемостью работы на маршруте (О) и 13 вышеперечисленными параметрами. Поскольку исследуемые случайные величины распределены по законам, отличным от нормального, то для оценки связи между ними использовались непараметрические статистики: ранговая корреляция Спирмена, Гамма-корреляция и тау корреляции Кендалла, реализованные в [13]. Этот анализ показал наличие значимой статистической связи между самоокупаемостью работы на маршруте (О) и средней наполняемостью за рейс (Nр, пасс), коэффициентом пассажиронапряженности (Кп), коэффициентом вариации параметров, показывающих степень использования вместимости автобусов (KNр, ККрвм, ККп), суточным объемом перевозок на маршруте по билетно-учетным листам (Qб) и по наблюдениям (Qо), отношением количества перевезенных за сутки пассажиров по билетно-учетным листам к числу пассажиров, которое могло бы быть перевезено за эти же сутки при максимальном использовании вместимости каждый рейс (Qб/(Кр·Вср)), отношением количества перевезенных за сутки пассажиров по наблюдениям к числу пассажиров, которое могло бы быть перевезено за эти же сутки при максимальном использовании вместимости каждый рейс (Qо/(Кр·Вср)). Анализ вышеперечисленных независимых переменных, коррелирующих с окупаемостью, показывает, что большинство из них зависит от вместимости автобусов (за исключением суточного объема перевозок на маршруте по билетно-учетным листам (Qб) и по наблюдениям (Qо)). Поэтому, а также по причине непростого управления параметрами Qб и Qо, они были исключены из дальнейшего рассмотрения, что позволило оставить семь независимых переменных из девяти, у которых корреляция с окупаемостью оказалась значимой. При этом корреляция положительная для Nр, Кп, Qб/(Кр·Вср) и Qо/(Кр·Вср) и отрицательная для KNр, ККрвм, ККп, т.е. можно сказать, что с ростом степени использования вместимости и снижением разброса между значениями степени использования вместимости окупаемость работы на маршруте растет. Анализ матриц корреляции показал, что существует значимая корреляционная связь между Nр, Кп, Qб/(Кр·Вср) и Qо/(Кр·Вср), а также между KNр, ККрвм, ККп, что может привести к мультиколлениарности при дальнейшем построении регрессионных моделей. Кроме того, с точки зрения управления проще рассчитывать коэффициент пассажиронапряженности (Кп) чем остальные шесть вышеперечисленных переменных. Это обусловлено тем, что для его расчета необходимо знать только максимальный пассажиропоток на перегоне за рейс и вместимость автобуса. Подбирая автобус нужной вместимости, можно относительно легко достичь наибольшего уровня степени ее использования. Учитывая вышеприведенное в качестве независимых параметров, оставлены коэффициент пассажиронапряженности (Кп) и коэффициент вариации коэффициента пассажиронапряженности (ККп). При помощи нелинейного регрессионного анализа были получены формализованные зависимости О = f (Кп) и О = f (ККп).

С учетом полученных зависимостей было принято решение о «подстройке» вместимости пассажирских транспортных средств по существующую мощность пассажиропотока. Для этих целей предложено освоить выпуск модульных электробусов, позволяющих путем сцепления наращивать вместимость транспортной единицы в часы пик и путем отцепа снижать ее в периоды спада пассажиропотока.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для оценки вида зависимостей О = f (Кп) и О = f (ККп) построены соответствующие диаграммы рассеивания, приведенные на рисунке 1.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

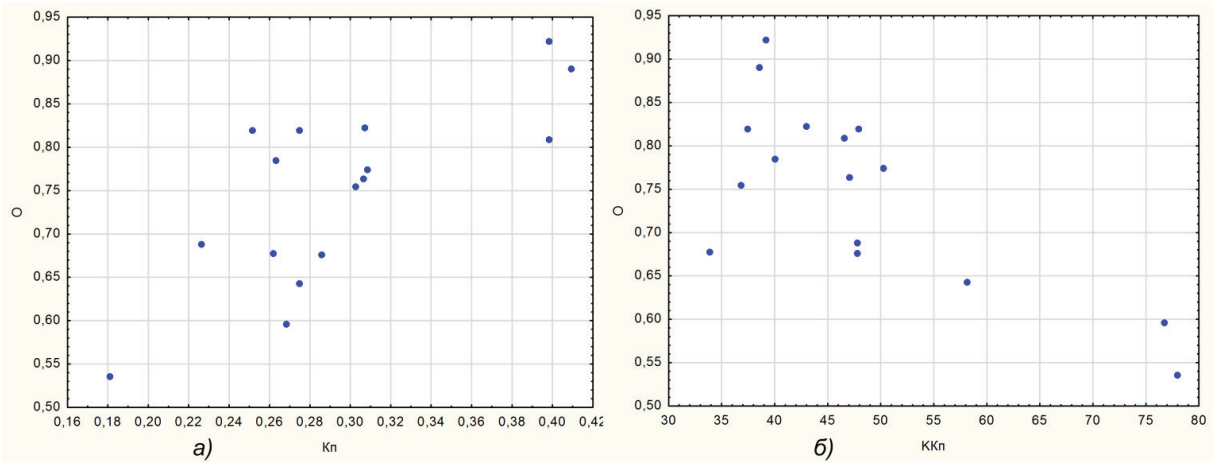


Рисунок 1 – Диаграммы рассеивания окупаемости работы на маршрутах в зависимости от коэффициента пассажиронапряженности (а) и коэффициента вариации значений коэффициента пассажиронапряженности (б)

Figure 1 – Diagrams of dispersion of the work payback on routes depending on the coefficient of passenger tension (a) and on the coefficient of values' variation of the passenger coefficient (b)

Из рисунка 1,а видно, что окупаемость растет с ростом степени использования вместимости. Из рисунка 1, б видна обратная связь между изучаемыми переменными: с ростом коэффициента вариации значений коэффициента пассажиронапряженности снижается окупаемость работы на маршруте.

Учитывая то, что коэффициент вариации случайной величины включает в себя математическое ожидание случайной величины, то совместное использование этих двух величин при проведении регрессионного анализа для установления их влияния на окупаемость работы на маршруте невозможно вследствие появления эффекта мультиколлинеарности. Поэтому были установлены уравнения регрессии вида О = f (Кп) и О = f (ККп) отдельно. В таблице 1 приведены результаты регрессионного анализа между переменными О и Кп, реализованного в [13].

Таблица 1
Итоги регрессионного анализа между окупаемостью работы маршрута (О) и коэффициентом пассажиронапряженности (Кп)

Table 1
Results of the regression analysis between the payback of the route (O) and the passenger coefficient (Kp)

N=16	Итоги регрессии для зависимой переменной: 1/ О (данные) R= ,77217134 R2= ,59624858 Скоррект. R2= ,56740919 F(1,14)=20,675 p<,00046 Станд. ошибка оценки: ,13780					
	БЕТА	Ст.Ош. БЕТА	B	Ст.Ош. B	t(14)	p-знач.
Св.член			0,611834	0,169068	3,618851	0,002792
1/Кп	0,772171	0,169822	0,213179	0,046884	4,546955	0,000456

Из таблицы 1 видно, что коэффициент корреляции равен 0,77, что говорит о высокой статистической связи между исследуемыми величинами. Коэффициент детерминации равен 0,596, т.е. почти 60% зависимой переменной объясняются значениями независимой переменной. Р-уровень для всей модели меньше 0,05, что говорит о ее статистической значимости. На рисунке 2 приведены результаты анализа остатков.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

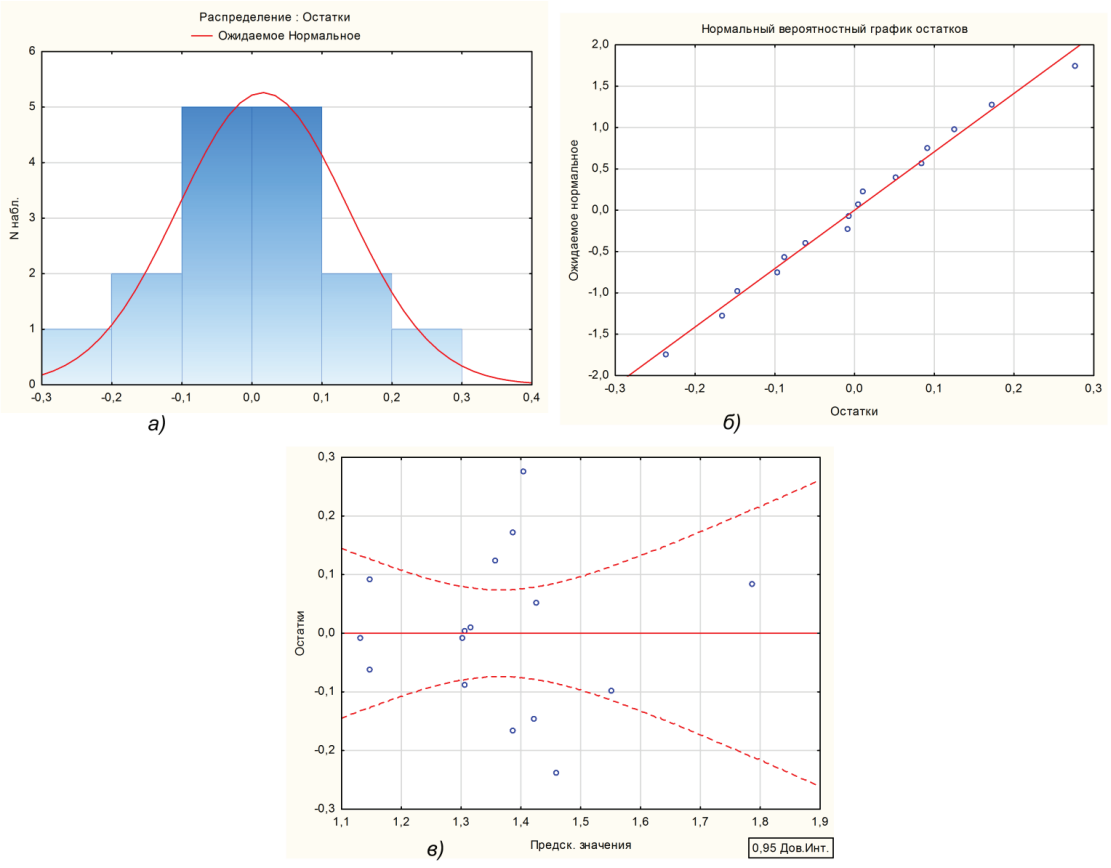


Рисунок 2 – Анализ остатков исследуемого уравнения регрессии: а – гистограмма распределения остатков; б – нормально-вероятностный график; в – зависимость остатков от предсказанных значений

Figure 2 – Analysis of the residues of the investigated regression equation: a – histogram of the residues' distribution; b – normal probabilistic graph; c – dependence of residuals on predicted values

Из рисунка 2, а видно, что гистограмма распределения остатков симметрична и ее форма схожа с нормальным законом распределения. Рисунок 2, б показывает, что систематических отклонений фактических данных от теоретической нормальной прямой не наблюдается, что говорит о нормальности распределения остатков. Из рисунка 2, в видно, что системности в расположении точек не наблюдается, что говорит о независимости остатков от предсказанных значений, т.е. анализ остатков говорит о высоком качестве построенной регрессионной модели.

Оценка приемлемости модели в целом (таблица 2) представляет уровень значимости меньше 0,05, что говорит о том, что модель приемлема и будет работать лучше прогноза по средним значениям.

Таким образом, полученная модель вида может использоваться для построения прогнозов. После приведения данного выражения в удобный вид можно получить

$$\frac{1}{O} = 0,611834 + 0,213179\frac{1}{Kn} \tag{1}$$

$$O = \frac{1}{0,611834 + \frac{0,213179}{Kn}}$$

На рисунке 3 приведен график функции (1) и диаграмма рассеивания значений переменной О от переменной Кп.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

Таблица 2
Результаты дисперсионного анализа

Table 2
Dispersion analysis' results

Эффект	Дисперсионный анализ; ЗП: 1/ О (данные)				
	Сумма квадр.	Степени свободы	Средн. квадр.	F	Р-знач.
Регресс.	0,392616	1	0,392616	20,67480	0,000456
Остатки	0,265861	14	0,018990		
Итого	0,658477				

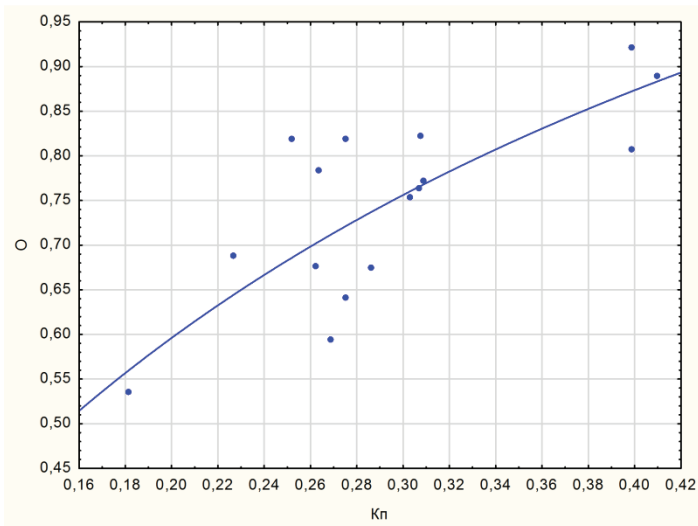


Рисунок 3 – Полученное уравнение регрессии и диаграмма рассеивания

Figure 3 – Resulting regression equation and dispersion diagram

При подстановке в уравнение (1) окупаемости равной 1 можно получить, что самоокупаемость работы общественного транспорта будет достигнута при коэффициенте пассажиронапряженности, равном 0,55.

Аналогично было получено для переменной ККп уравнение вида

$$O = 0,880479 - 0,000054 KK_n^{\,2}. \qquad (2)$$

На рисунке 4 показан график функции (2) и диаграмма рассеивания значений переменной О от переменной ККп.

Подстановка в выражение (2) окупаемости равной 1 дает комплексные решения и не дает вещественных. Это говорит о невозможности достигнуть самоокупаемости работы общественного пассажирского транспорта только за счет снижения разброса значений коэффициента пассажиронапряженности.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

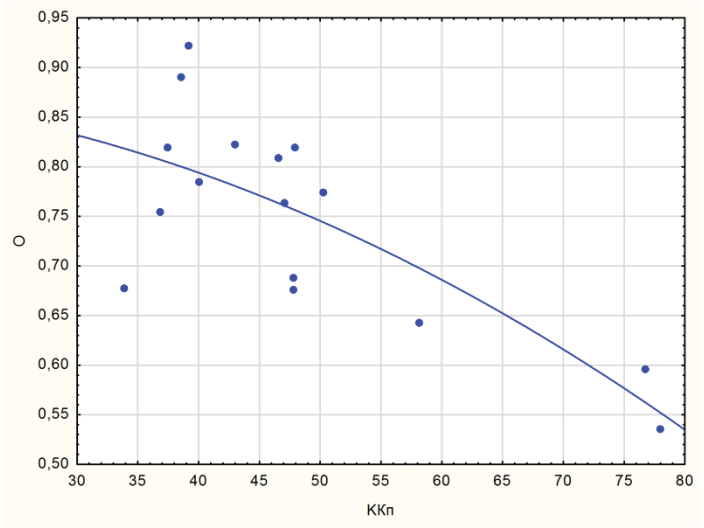


Рисунок 4 – Полученное уравнение регрессии и диаграмма рассеивания

Figure 4 – Resulting regression equation and dispersion diagram

Таким образом, проведенные исследования показывают, что для повышения окупаемости работы общественного пассажирского транспорта необходимо разрабатывать мероприятия, позволяющие повысить коэффициент пассажиронапряженности и снизить его разброс относительно среднего. В качестве таких мероприятий предлагается создание производства модульных пассажирских транспортных средств (электробусов, автобусов, возможно, в перспективе беспилотных) и построение технологии их работы. Принципиально эта идея, в случае, когда известна мощность пассажиропотока на маршруте по часам суток, приведена на рисунке 5.

На рисунке 5 по оси абсцисс отложено время суток. По оси ординат – часовой пассажиропоток на маршруте. В верхней части рисунка приведена картограмма пассажиропотока по часам суток на маршруте, а в нижней части рисунка – необходимое количество модулей. Видно, что наличие парка из модулей электробусов одинаковой вместимости позволяет перевозчику более гибко подстраиваться под существующую мощность пассажиропотока, повышая тем самым коэффициент пассажиронапряженности и уменьшая разброс его значений относительно среднего. Конечно же, повысить степень использования вместимости пассажирских транспортных средств можно, как это предлагается в работах [1, 2] путем закрепления автобусов различной вместимости по разным периодам суток за разными маршрутами с учетом мощности пассажиропотока на них. Однако это сопряжено с необходимостью иметь в парке различные модели, а иногда и марки пассажирских транспортных средств. Это в свою очередь приводит к дополнительным сложностям при их обслуживании, закупке запчастей и т.д., поэтому вариант парка одинаковых модулей смотрится предпочтительнее.

В случае, когда известна величина пассажиропотока на перегонах за каждый рейс, принципиальная схема работы модульных пассажирских транспортных средств приведена на рисунке 6.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

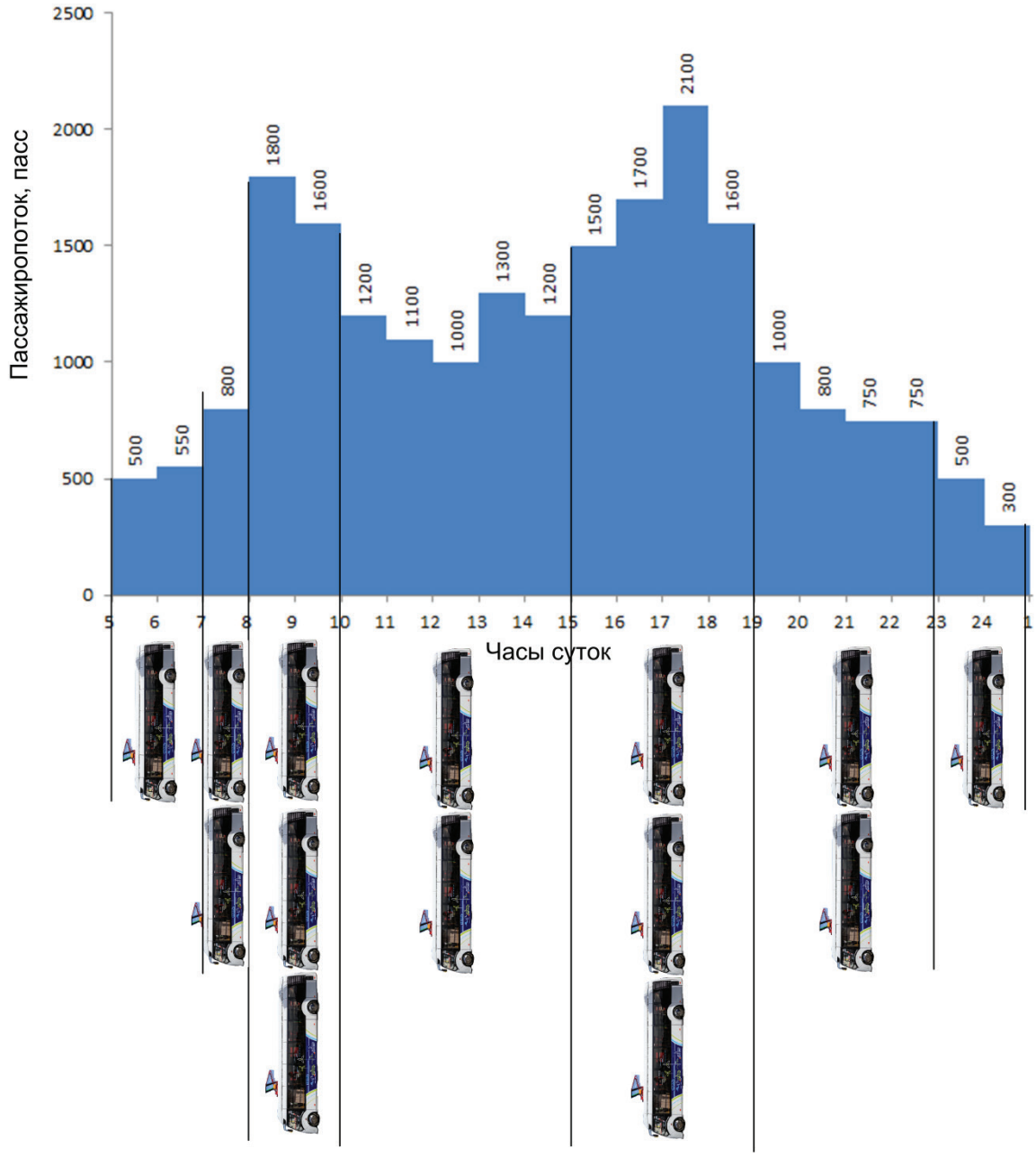
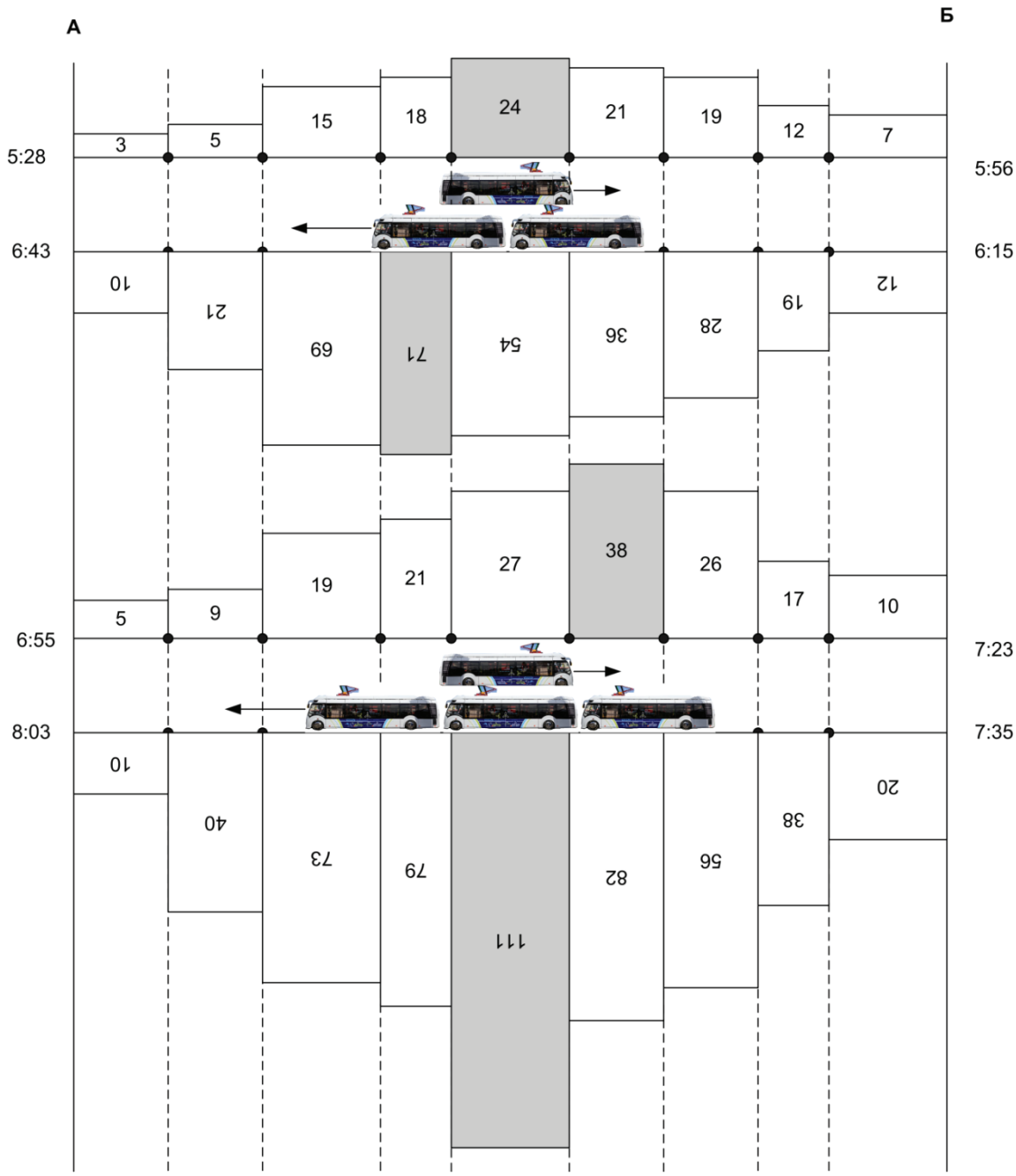


Рисунок 5 – Концептуальная схема работы модульных пассажирских транспортных средств на маршруте при известных часовых значениях пассажиропотока

Figure 5 – Conceptual diagram of the modular passenger vehicles' operation on the route with known hourly values of passenger traffic

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal



А, Б – конечные остановочные пункты мршрута
● – промежуточные остановочные пункты мршрута
5:28 – время отправления с начальной (прибытия на конечную) остановки маршрута
5 – количество пассажиров, проезжающих на перегоне маршрута
24 – пассажиронапряженность на маршруте за рейс

Рисунок 6 – Концептуальная схема работы модульных пассажирских транспортных средств на маршруте при известных значениях пассажиропотока по каждому рейсу

Figure 6 – Conceptual diagram of the modular passenger vehicles' operation on the route with known passenger flow values for each flight

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

На рисунке 6 изображены четыре рейса на маршруте между конечными остановочными пунктами А и Б. Первый рейс начинается в 5:28 и заканчивается в 5:56 утра. Максимальное количество пассажиров, перевозимое на перегоне (пассажиронапряженность) за рейс, равно 24. Если условно принять вместимость одного модуля 50 пассажиров, то для выполнения первого рейса достаточно одного модуля, как это и показано на рисунке 6. Время начала второго рейса 6:15, а окончания – 6:43. Пассажиронапряженность – 71 пассажир. Для выполнения этого рейса уже необходимо будет два модуля вместимостью 50 пассажиров. Аналогично из рисунка 6 видно, что для третьего рейса необходим один модуль, а для четвертого – три. Среднее значение коэффициента пассажиронапряженности за четыре рейса будет равно

$$Kn = \frac{24}{50} + \frac{71}{100} + \frac{38}{50} + \frac{111}{150} = 0,6725,$$

а коэффициент вариации коэффициента пассажиронапряженности равен 19,326. Если же приведенные на рисунке 6 четыре рейса будет выполнять автобус МАЗ-105, вместимостью 160 пассажиров, то среднее значение коэффициента пассажиронапряженности за четыре рейса будет равно

$$Kn = \frac{24}{160} + \frac{71}{160} + \frac{38}{160} + \frac{111}{160} = 0,38125,$$

а коэффициент вариации коэффициента пассажиронапряженности равен 63,47742.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научная новизна данной работы заключается в установлении влияния параметров наполняемости пассажирских транспортных средств на эффективность перевозочного процесса и на этой основе – предложении нового направления повышения эффективности работы городского общественного пассажирского транспорта – применение модульных пассажирских транспортных средств. Основываясь на примере, данном на рисунке 6, можно сделать вывод, что такое направление позволяет повысить коэффициент пассажиронапряженности на 76,4% и снизить коэффициент вариации коэффициента пассажиронапряженности на 70%. Выражение (1) позволяет оценить эффективность применения модульных транспортных средств (см. рисунок 6). Так, с учетом формулы (1) окупаемость работы приведенных на рисунке 6 четырех рейсов при использовании автобуса постоянной вместимости 160 пассажиров составит 85,4%. Если же организовывать работы с применением модульных транспортных средств, то окупаемость составит 108%. Из рисунка 6 видно, что применение модульных пассажирских транспортных средств позволяет повысить окупаемость работы транспорта более на 26% и получить в итоге рентабельность от работы, равную 8%.

Таким образом, наличие парка из модулей пассажирских транспортных средств одинаковой вместимости позволяет перевозчику более гибко подстраиваться под существующую мощность пассажиропотока, повышая тем самым коэффициент пассажиронапряженности и уменьшая разброс его значений относительно среднего. Все это приводит к увеличению окупаемости работы общественного пассажирского транспорта.

Дальнейшие работы в данном направлении целесообразно сосредоточить на обосновании вместимости модуля, разработки технологии осуществления перевозки пассажиров модульными транспортными средствами, формулировании технических требований к конструкции модуля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Traveling heterogeneity in public transportation / Caio Ponte [and other] // URL: https://epjdatascience.springeropen.com/articles/10.1140/epjds/s13688-018-0172-6 (дата обращения: 15.08.2019).

2. Analysis of the load factor and the empty running rate for road transport / N.Adra, J.L.Michaux, Michel Andre // Artemis - assessment and reliability of transport emission models and inventory systems. Rapport de recherche. 2004, 31p. URL: https://www.researchgate.net/publication/277183200_Analysis_of_the_load_factor_and_the_empty_running_rate_for_road_transport_Artemis_assessment_and_reliability_of_transport_emission_models_and_inventory_systems (дата обращения: 16.08.2019).

3. Average Vehicle Occupancy Factors for Computing Travel Time. https://www.fhwa.dot.gov/tpm/guidance/avo_factors.pdf.

4. Azemsha S. The Study of the Trolley Buses Occupancy // Global Journal of Management and Business Research: F Real Estate, Event and Tourism Management. 2019. Volume 19 Issue 1. P. 6–15. https://globaljournals.org/GJMBR_Volume19/2-The-Study-of-the-Trolley-Buses.pdf.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

5. Аземша С.А. Оценка неравномерности использования вместимости общественного пассажирского транспорта // Логистический аудит транспорта и цепей поставок: материалы II Международной научно-практической конференции (26 апреля 2019 г.) / отв. редактор С.А. Эртман. Тюмень: ТИУ, 2019. 460 с. С. 16–23.

6. Скирковский С.В. Исследование влияния факторов на результативность работы городского пассажирского маршрутизированного транспорта // Вестник Белорус. гос. ун-та трансп.: Наука и транспорт. 2017. № 1(34). С. 30–35.

7. Повышение эффективности функционирования транспортной сети городского пассажирского транспорта путем применения автоматизации модели выбора оптимального подвижного состава / Гозбенко [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. № 2 (54). С. 203–208.

8. Шлиппе И.И., Оганесян Т.С. Анализ условий формирования и развития рынка пассажирских перевозок городским автобусным транспортом // Вестник Московского. гос. ун-та : Сер. 6. Экономика. 2017. № 1. С. 86–99.

9. Ковалев Р.Н., Степанов А.С., Черницын С.А. Исследование эффективности муниципальных автобусных маршрутов (на примере г. Екатеринбурга) // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4.

10. Гавриков В.А., Пеньшин Н.В., Анохин С.А. Социально-экономические проблемы организации работы городского общественного транспорта // Глобальный научный потенциал. Экономика и управление. 2019. № 3 (96). С. 125–129.

11. Белокуров В.П., Мотузка Д.А., Артемов А.Ю. Повышение эффективности эксплуатации автотранспорта при осуществлении сезонных пассажирских перевозок в городах курортных зон // Технология колесных и гусеничных машин. 2015. № 3 (19). С. 25–33.

12. Григорова Т.М., Давідіч Ю.О., Доля В.К. Оцінка еластичності попиту на послуги Приміського пасажирського автомобільного транспорту. – Technology audit and production reserves – № 3/2 (23), 2015. С. 13–16.

13. Statistica 13.3. Computer program. Serial number JRR709H998119TE-A.

REFERENCES

1. Traveling heterogeneity in public transportation / Caio Ponte [and other] // URL: https://epjdatascience.springeropen.com/articles/10.1140/epjds/s13688-018-0172-6.

2. Analysis of the load factor and the empty running rate for road transport / N.Adra, J.L.Michaux, Michel Andre // Artemis - assessment and reliability of transport emission models and inventory systems. Rapport de recherche. 2004, 31p. URL: https://www.researchgate.net/publication/277183200_Analysis_of_the_load_factor_and_the_empty_running_rate_for_road_transport_Artemis_assessment_and_reliability_of_transport_emission_models_and_inventory_systems.

3. Average Vehicle Occupancy Factors for Computing Travel Time. https://www.fhwa.dot.gov/tpm/guidance/avo_factors.pdf.

4. Azemsha S. The Study of the Trolley Buses Occupancy // *Global Journal of Management and Business Research: F Real Estate, Event and Tourism Management.* 2019; 19 Issue 1: 6–15. https://globaljournals.org/GJMBR_Volume19/2-The-Study-of-the-Trolley-Buses.pdf.

5. Azemsha S.A. Ocenka neravnomernosti ispol'zovanija vmestimosti obshhestvennogo passazhirskogo transporta [Assessment of uneven use of public passenger transport capacity]. *Logisticheskij audit transporta i cepej postavok: materialy II mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (26 aprelja 2019 g.)* / otv. redaktor S. A. Jertman. Tjumen': TIU, 2019: 460 P. Pp. 16–23.

6. Skirkovskij S.V. Issledovanie vlijanija faktorov na rezul'tativnost' raboty gorodskogo passazhirskogo marshrutizirovannogo transporta [Study of the influence of factors on the performance of urban passenger routed transport]. *Vestnik Belorus. gos. un-ta transp.: Nauka i transport*. 2017; 1(34): 30–35.

7. Povyshenie jeffektivnosti funkcionirovanija transportnoj seti gorodskogo passazhirskogo transporta putem primenenija avtomatizacii modeli vybora optimal'nogo podvizhnogo sostava. Gozbenko [i dr.] [Improving the efficiency of the urban passenger transport network by using automation of the selection of optimal rolling stock model]. *Sovremennye tehnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie*. 2017; 2 (54): 203–208.

8. Shlippe I.I., Oganesjan T.S. Analiz uslovij formirovanija i razvitija rynka passazhirskih perevozok gorodskim avtobusnym transportom [Analysis of conditions of the passenger transport market formation and development by bus transport]. *Vestnik Moskovskogo. gos. un-ta: Ser. 6. Jekonomika*. 2017;1: 86–99.

9. Kovalev R.N., Stepanov A.S., Chernicyn S.A. Issledovanie jeffektivnosti municipal'nyh avtobusnyh marshrutov (na primere g. Ekaterinburga) [Study of efficiency of municipal bus routes (on the example of Yekaterinburg)]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2014; 4.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

10. Gavrikov V.A., Pen'shin N.V., Anohin S.A. Social'no-jekonomicheskie problemy organizacii raboty gorodskogo obshhestvennogo transporta [Socio-economic problems of the urban public transport organization]. *Global'nyj nauchnyj potencial. Jekonomika i upravlenie*. 2019; 3 (96): 125–129.

11. Belokurov V.P., Motuzka D.A., Artemov A.Ju. Povyshenie jeffektivnosti jekspluatacii avtotransporta pri osushhestvlenii sezonnyh passazhirskih perevozok v gorodah kurortnyh zon [Improving the efficiency of motor transport operation during seasonal passenger transport in the resort zones' cities]. *Tehnologija kolesnyh i gusenichnyh mashin*. 2015; 3 (19): 25–33.

12. Grigorova T.M., Davidich Ju.O., Dolja V.K. Ocinka elastichnosti popitu na poslugi Primis'kogo pasazhirs'kogo avtomobil'nogo transport [Estimation of elastity for the servants of the Primorsk passenger transport].*Technology audit and production reserves*. 2015; 3/2 (23):13–16.

13. Statistica 13.3. Computer program. Serial number JRR709H998119TE-A.

Поступила 30.09.2018, принята к публикации 25.10.2019.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Аземша Сергей Александрович – канд. техн. наук, доц., Белорусский государственный университет транспорта, заведующий кафедрой «Управление автомобильными перевозками и дорожным движением», (246022, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Кирова , 34, s-azemsha@yandex.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Sergey A. Azemsha – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Road Transport and Traffic Management Department, Belarusian State University of Transport (246022, Republic of Belarus, Gomel, 34, Kirov St., s-azemsha@yandex.ru).

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal