УДК 656.025.6

© С. А. Аземша, канд. техн. наук, доцент
© С. В. Скирковский, канд. техн. наук
(Белорусский государственный университет
транспорта)

E-mail: s-azemsha@yandex.ru, sergej-ski3359@yandex.ru

© А. Э. Горев, д-р экон. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: a-gorev@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-5-206-216

© S. A. Azemsha, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© S. V. Skirkovsky, PhD in Sci. Tech.
(Belarusian State University of Transport)

E-mail: s-azemsha@yandex.ru, sergej-ski3359@yandex.ru

© A. E. Gorev, Dr. Sci. Ec., Professor
(Saint-Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: a-gorev@mail.ru

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В ИЗМЕНЕНИИ ОБЪЕМА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК ОТ ЧИСЛЕННОСТИ ЖИТЕЛЕЙ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

DETERMINATION OF REGULARITIES IN THE CHANGE OF THE PASSENGER TRANSPORTATION VOLUME DEPENDING ON THE NUMBER OF RESIDENTS IN RESIDENTIAL PLACES

Объем пассажиропотока в регулярном городском сообщении определяет вместимость работающего на линии пассажирского транспортного средства, интервал движения на маршруте. Правильность выбора указанных показателей влияет на качество оказываемых пассажирам услуг и затраты на осуществление пассажирских перевозок. Все это определяет важность изучения закономерностей изменения объема пассажирских перевозок. Приводится статистическое исследование количества перевозимых за рейс пассажиров в регулярном городском сообщении, устанавливаются закономерности в изменении объема пассажирских перевозок от численности жителей населенного пункта.

Ключевые слова: пассажиропоток, объем перевозок пассажиров, рейс, регрессия, закон распределения.

The volume of the passenger flow in the regular city traffic determines the capacity of the passenger vehicles operating on the line, the time range of traffic on the route. The correctness of selecting these indicators affects the quality of services provided to passengers and the cost of passenger transportation. All this substantiates the importance of studying the patterns of changes in the volume of passenger transportation. A statistical study of the number of passengers transported during the travel route of public transportation vehicle in the regular city traffic has been carried out, regularities have been established in the change in the volume of passenger transportation depending on the number of inhabitants in a residential place.

Keywords: passenger flow, volume of passenger transportation, bus travel route, regression, distribution law.

Основным фактором, лежащим в основе построения систем пассажирского транспорта, является общая подвижность населения города (пассажиропотоки) и распределение ее по видам сообщения. От точности оценки этих фундаментальных факторов зависит достоверность всех последующих расчетов объемов работы по ви-

дам транспорта, а следовательно, и результативных показателей пассажирской системы города. Только имея данные о размере, направлении и распределении по территории пассажиропотоков, можно обоснованно выбрать трассу маршрутов, подобрать вид и тип транспорта, а также определить число транспортных средств. Таким

образом, объем перевозок является одним из основных факторов, позволяющих эффективно управлять системой пассажирского городского транспорта регулярного сообщения, что определяет актуальность и целесообразность изучения закономерностей его изменения.

В работе [1] отмечается, что факторами, влияющими на величину пассажиропотока на маршруте, являются час суток, день недели и сезон года. Авторы установили, что распределение пассажиропотока на маршруте подчинено закону распределения Пирсона.

В работе [2] проведен анализ изменения численности населения в субъектах Российской Федерации в 2012 г. по отношению к 2006 г., а также изменение количества пассажиров, перевезенных по железной дороге за аналогичный период. Полученные результаты показали отсутствие закономерностей в изменении объема перевозок при изменении численности населения.

В работе [3] проведен анализ влияния различных индикаторов на спрос пассажирских перевозок железнодорожным транспортом. Автор делает вывод, что основными такими факторами будут уровень экономики региона, местный транспортный потенциал, условия мобильности населения и уровень их доходов.

В работе [4] 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.

В статье [5] авторы показывают закономерности распределения пассажиропотока между остановочными пунктами маршрута, т. е., зная пассажиропоток, можно оценить количество пассажиров между каждой парой остановочных пунктов маршрута.

В работе [6] авторы рассматривают в качестве критерия качества пассажироперевозок время ожидания пассажирами автобуса на остановочном пункте. В качестве управляемых параметров рассмотрены технико-эксплуатационные показатели работы автобусов — коэффициент выпуска на линию и коэффициент регулярности движения. Авторы показывают зависи-

мость между временем ожидания и технико-эксплуатационными показателями работы автобусов.

В работах [7, 8] авторы показывают модель временного ряда (тренда) годового пассажиропотока от фактора времени, а также для анализа и прогнозирования внутригодовых 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.

В статье [9] авторы исследовали пассажиропоток городского электротранспорта путем совмещения сведений из баз данных системы электронной оплаты проезда и навигационных данных от троллейбусов. В результате авторы получили сведения об изменении пассажиропотока между маршрутами по дням недели и по часам суток.

В работе [10] авторы обследуют пассажиропотоки на сезонных маршрутах и на их основании вносят предложения по корректировке маршрутов следования и расписания работы пассажирских транспортных средств.

В статье [11] установлены законы распределения времен хода для каждого перегона. Было предположено, что разновидность закона распределения времени хода может быть использована для оценки качества такой поездки. Неравномерность распределения времени хода автобусов оценивалась при помощи коэффициента Джини, который сильно коррелирует с задержками от расписания. Также установлено, что высокая разнородность времени движения автобусов на перегонах является следствием экспоненциального распределения с различной степенью для каждой поездки. Поскольку между коэффициентом Джини и экспоненциальным законом есть математическая связь, показано, что, когда экспонента приближается к двум, растет вероятность отставания от графика. Также авторы установили, что принцип Паретто введен для городских поездок, а именно — на протяжении 80 % времени поездки используется только 20 % вместимости автобусов. Конечно же, эта пропор-

ция немного изменяется на разных маршрутах: начиная с наиболее однородных, на которых 35 % времени рейса используется только 20 % пространства автобуса, до наиболее неоднородных с 65 % использования времени рейса [11, с. 2].

В статье [12] дается оценка влияния параметров маршрута работы городского пассажирского транспорта регулярного сообщения на параметры пассажиропотока — установлено наличие и вид статистических связей между максимальной и средней наполняемостью за рейс, объемом перевозки за рейс, коэффициентом рейсовой вместимости, коэффициентом пассажиронапряженности.

В работе [13] показано, что в г. Могилеве при перевозках пассажиров троллейбусами при уровне доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ среднее значение следующее:

1. Средняя наполняемость за рейс (N_p) составляет 21 пассажир с предельной абсолютной ошибкой три пассажира.

2. Средний коэффициент рейсовой вместимости ($K_{рвм}$) составляет 17,2 % с предельной абсолютной ошибкой 0,02 %.

3. Средний коэффициент пассажиронапряженности (K_n) составляет 30 % с предельной абсолютной ошибкой 0,02 %.

В работе [14] показано, что существует значимая неравномерность использования вместимости троллейбусов по часам суток и на некоторых маршрутах — по направлениям движения.

Все это подтверждает влияние количества перевозимых за рейс пассажиров на важнейшие показатели работы автомобильного перевозчика, качество обслуживания пассажиров, а также зависимость этой величины от параметров маршрута.

В то же время можно предположить, что количество перевозимых за рейс пассажиров будет зависеть от параметров населенного пункта, в котором функционирует данный маршрут. Основным параметром населенных пунктов, определяющим его статус, является численность жителей.

Цель данной работы — установление закономерностей, описывающих изменение пассажиропотока при городских перевозках автобусами регулярного сообщения, зависящая от численности жителей города. Для достижения цели про-

водилось статистическое исследование объема перевезенных автобусами за рейс пассажиров в следующих городах: Гомель, Речица, Мозырь, Жлобин, Светлогорск, Хойники, Могилев. Исследования пассажиропотоков в данных городах проведены в 2018–2019 годах. Описательные характеристики объема перевозок за каждый рейс представлены в табл. 1.

Для приведенных в таблице средних значений была проведена оценка их точности, для чего использовали положение центральной предельной теоремы, согласно которой для объема выборки больше чем 30 значений необходимый объем выборки n для оценки среднего в случаях когда дисперсия всей совокупности не задана, можно найти по следующей формуле [15, с. 197]:

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\bar{x}} = \frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}} \frac{s}{\bar{x}}, \quad (1)$$

где δ — предельная относительная ошибка; ε — предельная абсолютная ошибка; $\bar{x}$ — выборочная оценка среднего; t_{α} — α -квантиль распределения Стьюдента с n степенями свободы; s — выборочная оценка стандартного отклонения.

По значению $\delta = \frac{\varepsilon}{\bar{x}} = 0,2$ и $\frac{s}{\bar{x}} = \frac{58,99223}{98,8546} = 0,597$ (см. табл. 1 для Гомеля) можно получить

$$0,2 = \frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}} 0,597 \rightarrow \frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}} = 0,335. \quad (2)$$

Из таблицы значений $\frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}}$ [9, с. 197] при доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ (технические науки) и $\frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}} = 0,335$ можно получить, что достаточный объем выборки для оценки среднего значения средней наполняемостью за рейс (N_p) равен 37. Зная, что объем выборки равен 337 значениям (см. табл. 1) и при $\alpha = 0,95$ из таблицы значений $\frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}}$ [15, с. 197], можно получить, что $\frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}} = 0,128$. Тогда из выражения (1) можно получить $\varepsilon = 0,128 \cdot 58,99223 = 7,55$. То есть выборка из 337 значений объема перевезенных за рейс пассажиров обеспечивает предельную абсолютную ошибку в 7,55 пассажира.

Результаты расчета для остальных городов приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что репрезентативность выборки обеспечена для всех населенных пунктов, кроме г. Хойники.

Таблица 1

Описательные характеристики объема перевезенных пассажиров за рейс по городам исследования

Населенный пункт	Количество наблюдений	Среднее значение	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение
Гомель	337	98,85460	11	313	58,99223
Речица	183	38,33333	0	158	28,34837
Мозырь	558	62,54659	3	402	49,21685
Жлобин	406	58,90640	0	256	39,88256
Светлогорск	355	36,78310	0	127	24,12080
Хойники	34	34,08824	2	86	22,89418
Могилев	87	83,58621	11	255	45,84721

Таблица 2

Оценка точности среднего числа перевезенных за рейс пассажиров

Населенный пункт	Количество наблюдений	Среднее значение	Стандартное отклонение	$\frac{s}{x'}$	$\frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}}$	Достаточное число наблюдений ($N_{\text{достат}}$)	$\frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}}$	Предельная абсолютная ошибка, пасс.
Гомель	337	98,8546	58,9922	0,596758	0,335144	37	0,128	7,551005
Хойники	34	34,0882	22,8942	0,671615	0,29779	46	0,347	7,94428
Могилев	87	83,5862	45,8472	0,548502	0,364629	32	0,202	9,261136
Речица	183	38,3333	28,3484	0,739523	0,270445	55	0,127	3,600243
Светлогорск	355	36,7831	24,1208	0,655758	0,304991	44	0,127	3,063342
Жлобин	406	58,9064	39,8826	0,67705	0,295399	48	0,125	4,98532
Мозырь	558	62,5466	49,2169	0,786883	0,254167	65	0,123	6,053673

Были определены законы распределения количества перевезенных пассажиров за рейс по каждому городу. Так, для г. Гомеля установлено, что количество перевозимых за рейс пассажиров подчиняется:

- по критерию Колмогорова–Смирнова — обобщение экстремальных значений;
- по критерию Андерсон–Дарлинга — обобщение экстремальных значений;
- по критерию хи-квадрат — обобщение экстремальных значений.

На рис. 1 приведены эмпирическая функция распределения, график квантиль-квантиль и гистограмма распределения случайной величины с подгонкой к закону распределения обобщения экстремальных значений для количества перевезенных пассажиров за рейс в г. Гомеле.

Аналогичным образом были определены законы распределения перевозимого за рейс числа пассажиров и для остальных городов (табл. 3).

Из табл. 3 просматривается закономерность зависимости закона распределения количества перевезенных за рейс пассажиров от числа жителей города. При этом для городов с населением более 66 тысяч человек количество перевезенных за рейс пассажиров распределено по закону обобщенных экстремальных значений, а для городов с меньшим числом жителей — по смешанному гауссовскому. Также видно, что первые два параметра закона обобщения экстремальных значений зависят от численности населения города. Для установления вида такой зависимости построены соответствующие диаграммы рассеивания (рис. 2).

Вид диаграмм рассеивания позволяет выдвинуть гипотезу о логарифмическом виде за-

Рис. 1. Определение закона распределения количества перевезенных за рейс пассажиров в г. Гомеле: а — эмпирическая функция распределения для закона распределения обобщения экстремальных значений; б — график квантиль-квантиль для закона распределения обобщения экстремальных значений; в — гистограмма распределения случайной величины с подгонкой к закону распределения обобщения экстремальных значений

висимости между изучаемыми переменными. Для проверки такой гипотезы при помощи программного обеспечения¹ выполнен нелинейный регрессионный анализ. Его результаты представлены в табл. 4, из которой видно, что искомые зависимости имеют вид:

$$P_1 = -176,201 + 18,656 \ln(G); \quad (3)$$

$$P_2 = -80,1294 + 9,1744 \ln(G), \quad (4)$$

где P_1 , P_2 — соответственно параметр 1 и параметр 2 закона обобщения экстремальных значений.

¹ Statistica 13.3. Computer program. Serial number JRR709H998119TE-A.

ний распределения количества перевезенных за рейс пассажиров; G — численность населения города.

Коэффициенты корреляции равны 0,972 и 0,96, что говорит о высокой статистической связи между исследуемыми величинами. Коэффициенты детерминации равны 0,944 и 0,922, т. е. более 94 % зависимой переменной P_1 и более 92 % зависимой переменной P_2 объясняются значениями независимой переменной. P -уровень для обеих моделей меньше 0,05, что говорит о ее

Таблица 3

Результаты определения закона распределения количества перевезенных за рейс пассажиров

Город	Численность населения, чел.	Закон распределения	Параметры закона распределения					
			1	2	3	4	5	6
Гомель	536 613	Обобщение экстремальных значений (положение, масштаб, форма)	70,2029	41,6288	0,10387			
Могилев	382 334		63,03351	36,5854	-0,01808			
Мозырь	112 041		39,95201	26,8673	0,2147			
	76 227		40,12317	26,5401	0,11898			
Светлогорск	67 253	Смешанное гауссовское (коэф. смеси 1, средн. 1, станд. отклонение 1, коэф. смеси 2, ...)	25,65166	18,481	0,02266			
Речица	65 907		0,2494	7,8802	5,982883	0,7506	48,45194	25,34515
Хойники	12 430		0,59589	17,91094	12,32062	0,404106	54,0505	9,312519

Рис. 2. Диаграммы рассеивания параметров закона обобщения экстремальных значений в зависимости от численности населения города

статистической значимости. На рис. 3 приведены результаты анализа остатков.

На рис. 3, а, в видно, что гистограмма распределения остатков симметрична и ее форма схожа с нормальным законом распределения. На рис. 3, б, г видно, что систематических отклонений фактических данных от теоретической нормальной прямой не наблюдается, что говорит о нормальности распределения остатков. Таким образом, анализ остатков говорит о высоком качестве построенных регрессионных моделей.

Оценка приемлемости модели в целом (табл. 5) показывает, что уровень значимости (p -знач.) меньше 0,05. Это говорит о том, что модель приемлема и будет работать лучше прогноза по средним значениям.

Таблица 4

Результаты нелинейного регрессионного анализа

Итоги регрессии для зависимой переменной: параметр 1, $R = 0,97165489$, $R^2 = 0,94411322$ С коррект. $R^2 = 0,92548429$, $F(1,3) = 50,680$ $p < 0,00570$. Стандартная ошибка оценки 5,0056						
	БЕТА	Станд. ош. БЕТА	В	Станд. ош. В	$t(3)$	p -знач.
Свободный член			-176,201	31,54376	-5,58591	0,011330
Ln (население)	0,971655	0,136488	18,656	2,62065	7,11899	0,005704
Итоги регрессии для зависимой переменной: Параметр 2, $R = 0,96019735$ $R^2 = 0,92197895$ Скоррект. $R^2 = 0,89597193$, $F(1,3) = 35,451$ $p < 0,00948$. Станд. ошибка оценки: 2,9431						
	БЕТА	Станд. ош. БЕТА	В	Станд. ош. В	$t(3)$	p -знач.
Свободный член			-80,1294	18,54665	-4,32043	0,022850
Ln (население)	0,960197	0,161267	9,1744	1,54085	5,95409	0,009475

Рис. 3. Анализ остатков исследуемых уравнений регрессии: а — гистограмма распределения остатков переменной P_1 ; б — нормально-вероятностный график P_1 ; в — гистограмма распределения остатков переменной P_2 ; з — нормально-вероятностный график P_2

Таблица 5

Результаты дисперсионного анализа

Эффект	Дисперсионный анализ; ЗП: Параметр 1				
	Сумма квадр.	сс	Средн. квадр.	F	p-знач.
Регрессия	1269,854	1	1269,854	50,67995	0,005704
Остатки	75,169	3	25,056	—	—
Итого	1345,023				
Эффект	Дисперсионный анализ; ЗП: Параметр 2				
	Сумма квадр.	сс	Средн. квадр.	F	p-знач.
Регрессия	307,0803	1	307,0803	35,45116	0,009475
Остатки	25,9862	3	8,6621	—	—
Итого	333,0665				

Таким образом, полученные модели (3) и (4) могут использоваться для построения прогнозов.

Сопоставление табл. 2 и 3 позволило заметить закономерность изменения среднего числа перевезенных за рейс пассажиров от численности на-

селения города. Это закономерность просматривается на рис. 4.

Анализ рис. 4 позволяет выдвинуть гипотезу о влиянии численности жителей города на статистические характеристики переменной Q:

Рис. 4. Диаграмма размаха среднего числа перевезенных за рейс пассажиров

среднее число перевезенных за рейс пассажиров, стандартное отклонение, минимум и максимум. Соответствующие диаграммы рассеивания представлены на рис. 5.

Исходя из рис. 5 можно выдвинуть гипотезы о наличии зависимостей вида

$$Q_{\min} = f(G); Q_{\text{co}} = f(G); Q_{\text{cp}} = f(G); Q_{\max} = f(G),$$

где $Q_{\min}$ — минимальное число перевозимых за рейс пассажиров; Q_{co} — стандартное отклонение числа перевозимых за рейс пассажиров; Q_{cp} — среднее значение числа перевозимых за рейс пассажиров; $Q_{\max}$ — среднее значение числа перевозимых за рейс пассажиров. Для проверки таких

Рис. 5. Диаграммы рассеивания статистических характеристик переменной «среднего числа перевезенных за рейс пассажиров» от численности населения города

гипотез при помощи [16] выполнен нелинейный регрессионный анализ, аналогичный представленному на рис. 2 и 3 и в табл. 4 и 5. Результаты такого анализа представлены в табл. 6.

Из табл. 6 видно, что выдвинутые гипотезы подтверждаются и полученные регрессионные

Таблица 6

Результаты проверки гипотез о наличии зависимости между статистическими характеристиками количества перевозимых за рейс пассажиров и численностью населения города

Вид зависимости	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	Уровень значимости	Анализ остатков*		Дисперсионный анализ*
				Гистограмма распределения остатков	Нормальный вероятностный график	
$Q_{\min} = e^{0,000004G + 0,725621}$	0,965	0,932	0,035	+	+	+
$Q_{\text{co}} = 2G^{0,25189}$	0,846	0,715	0,017	+	+	+
$Q_{\text{cp}} = 37,90147 + 0,00012G$	0,939	0,881	0,002	+	+	+
$Q_{\max} = 4,3766G^{0,3339}$	0,766	0,586	0,0449	+	+	+

* «+» означает, что проверяемая гипотеза не отклоняется.

Рис. 6. Диаграммы размаха и уравнения регрессии

модели могут использоваться для построения прогнозов. Диаграммы размаха исследуемых переменных, совмещенные с регрессионными выражениями, приведены на рис. 6.

На рис. 6 показан рост характеристик исследуемой случайной величины «среднее число перевезенных за рейс пассажиров» с ростом численности жителей города.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сформулировать следующие основные выводы:

1. Для городов с населением более 66 тысяч человек количество перевезенных за рейс пассажиров распределено по закону обобщенных экстремальных значений, а для городов с меньшим числом жителей — по смешанному гауссовскому (см. табл. 3).

2. Первые два параметра закона обобщения экстремальных значений, описывающего изменение количества перевозимых за рейс пассажи-

ров в городах с численностью более 66 тысяч человек, зависят от численности населения города (см. выражения (3), (4)).

3. Численность жителей города влияет на статистические характеристики переменной Q : среднее число перевезенных за рейс пассажиров, стандартное отклонение, минимум и максимум (см. табл. 6).

Полученные результаты могут быть использованы для планирования закупок парка пассажирских транспортных средств и обоснования его структуры по вместимости.

Библиографический список

1. Хвостов А. А., Шипилова Е. А., Ребриков Д. И. Планирование и обработка результатов исследования пассажиропотока в рамках маршрута // Научный вестник Воронежского гос. архит.-строит. уни-та. Сер. Информационные технологии в строительных,

социальных и экономических системах. 2013. № 2. С. 97–102.

2. Суржин К. В., Муктепавел С. В. Оценка влияния фактора численности населения на объем пассажирских перевозок // Пассажирский комплекс. 2015. № 4. С. 59–64.

3. Ефимов С. М. Методика анализа факторов, определяющих спрос на пассажирские перевозки // Мир транспорта. 2015. Т. 13, № 2. С. 114–120.

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

5. Bure V., Plaksina N., Mazalov V. Estimation passenger traffic characteristics in transport systems // Automation and Remote Control, September 2015.

6. Колесов В. И., Колесов Г. В., Юденко А. Е. Связь качества пассажирополювок с технико-эксплуатационными показателями маршрутных автобусов // Интеллектуальные транспортные системы: Всероссийский сб. науч. трудов. Тюмень: Изд-во «Вектор Бук», 2008. С. 95–100.

7. 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.

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

9. Дружинина Н. Г., Трофимова О. Г., Трофимов С. П. Оценка распределения межрайонного пассажирополювка городского электротранспорта // Программные продукты и системы. 2015. № 2 (110). С. 145–150.

10. Новиков А. Н., Севостьянов А. Л., Катунин А. А., Кулев М. В., Кулев А. В., Савин М. М. Обследование пассажирополювков на сезонных маршрутах г. Орла // Мир транспорта и технологических машин. 2013. № 4 (43). С. 77–84.

11. Caio Ponte. Traveling heterogeneity in public transportation / Caio Ponte, Hygor Piaget M. Melo, Carlos Caminha, Jos S. Andrade Jr., Vasco Furtado. URL: <https://epjdatascience.springeropen.com/articles/10.1140/epjds/s13688-018-0172-6>

12. Аземша С. А. Определение статистической связи между параметрами пассажирополювка и маршрута при городских перевозках пассажиров в регулярном сообщении // Логистический аудит транспорта и цепей поставок: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (26 апреля 2019 г.) / отв. редактор С. А. Эртман. Тюмень: ТИУ, 2019. С. 8–15.

13. Azemsha S. The Study of the Trolley Buses Occupancy // Global Journal of Management and Business Research: F Real Estate, Event and Tourism Management – 2019. Vol. 19 Issue 1. Version 1.0. Pp. 6–15.

14. Аземша С. А. Неравномерности использования вместимости общественного пассажирского транспорта // Логистический аудит транспорта и цепей поставок: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (26 апреля 2019 г.) / отв. редактор С. А. Эртман. Тюмень: ТИУ, 2019. С. 16–23.

15. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с. ISBN 5-9221-0707-0.

References

1. Khvostov A. A., Shipilova E. A., Rebrikov D. I. *Planirovanie i obrabotka rezul'tatov issledovaniya passazhiropotoka v ramkakh marshruta* [Planning and processing of the passenger flow research results within the route]. *Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Ser.: «Informatsionnye tekhnologii v stroitel'nykh, sotsial'nykh i ehkonomicheskikh sistemakh» – Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Ser.: “Information technologies in construction, social and economic systems”*, 2013, no. 2, pp. 97–102.

2. Surzhin K. V., Muktepavel S. V. *Otsenka vliyaniya faktora chislennosti naseleniya na obem passazhirskikh perevozok* [Evaluation of influence of population quantity on the volume of the passenger transportation]. *Passazhirskiy kompleks – Passenger complex*, 2015, no. 4, pp. 59–64.

3. Efimov S. M. *Metodika analiza faktorov, opredelyayushchikh spros na passazhirskie perevozki* [Method of analyzing the factors determining the demand for passenger transportation]. *Mir transporta – World of Transport*, 2015, vol. 13, no. 2, pp. 114–120.

4. Grigорова Т. М., Давидіч Ю. О., Доля В. К. *Otsinka elastichnosti popitu na poslugi Primis'kogo pasazhirs'kogo avtomobil'nogo transport* [Assessment of elasticity of demand for suburban passenger road transport services]. *Technology audit and production reserves*, 2015, no. 3/2 (23), pp. 13–16.

5. Bure V., Plaksina N., Mazalov V. Estimation of passenger traffic characteristics in transport systems. *Automation and Remote Control*, September 2015.

6. Kolesov V. I., Kolesov G. V., Yudenko A. E. *Svyaz' kachestva passazhiroperevozok s tekhniko-ehkspluatatsionnymi pokazatelyami marshrutnykh avtobusov* [Interdependence of passenger transportation quality with technical and operational indicators of shuttle buses]. *Trudy Vseros. sci. conf. «Intellectual'nye*

transportnye sistemy» [Proc. of the All-Russia sci. conf. "Intelligent transport systems"]. Tyumen, Vektor Buk Publ., 2008, pp. 95–100.

7. Belokurov V. P., Motuzka D. A., Artemov A. Yu. *Povyshenie effektivnosti ehkspluatatsii avtotransporta pri osushchestvlenii sezonnykh passazhirskikh perevozok v gorodakh kurortnykh zon* [Increasing the efficiency of motor transport operation at implementation of seasonal passenger transportations in the cities of resort zones]. *Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin – Technology of wheeled and tracked vehicles*, 2015, no. 3 (19), pp. 25–33.

8. Skirkovskiy S. V. *Issledovanie vliyaniya faktorov na rezul'tativnost' raboty gorodskogo passazhirskogo marshrutizirovannogo transporta* [Study of the factors effecting the performance of urban passenger routed transport]. *Vestnik Belorus. gos. un-ta transp. Ser.: Nauka i transport – Bulletin of the Belarusian State University. Ser.: Science and transport*, 2017, no. 1(34), pp. 30–35.

9. Druzhinina N. G., Trofimova O. G., Trofimov S. P. *Otsenka raspredeleniya mezhrayonnogo passazhiropotoka gorodskogo ehlektrotransporta* [Assessment of the distribution of inter-district passenger traffic of urban electric transport]. *Programmnye produkty i sistemy – Software products and systems*, 2015, no. 2 (110), pp. 145–150.

10. Novikov A. N., et al. *Obsledovanie passazhiropotokov na sezonnykh marshrutakh g. Orla* [Survey of passenger flows on seasonal routes of the Orel city]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin – World of transport and technological machines*, 2013, no. 4 (43), pp. 77–84.

11. Caio Ponte., et al. *Traveling heterogeneity in public transportation*. Available at: <https://epjdatasience.springeropen.com/articles/10.1140/epjds/s13688-018-0172-6>

12. Azemsha S. A. *Opredelenie statisticheskoy svyazi mezhdu parametrami passazhiropotoka i marshruta pri gorodskikh perevozkakh passazhirov v regul'yarnom soobshchenii* [Determination of the statistical relationship between the parameters of passenger traffic and route in urban transportation of passengers in regular traffic]. *Trudy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (26 aprelya 2019 g.) «Logisticheskiy audit transporta i tsepey postavok»* [Proceedings of the II International scientific and practical conference (April 26, 2019) "Logistic audit of transport and supply chains"]. Ed. by Ertman S. A. Tyumen, TIU Publ., 2019, pp. 8–15.

13. Azemsha S. The study of the trolley buses occupancy, *Global Journal of Management and Business Research: Real Estate, Event and Tourism Management*, 2019, vol. iss. 19, version 1.0, pp. 6–15.

14. Azemsha S. A. *Neravnomernosti ispol'zovaniya vmestimosti obshchestvennogo passazhirskogo transporta* [Irregularities in the use of public passenger transport capacity]. *Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (26 aprelya 2019 g.) «Logisticheskiy audit transporta i tsepey postavok»* [Proc. of the II Int. sci. - pract. conference (April 26, 2019) "Logistic audit of transport and supply chains"]. Ed. by Ertman S. A. Tyumen, TIU Publ., 2019, pp. 16–23.

15. Kobzar' A. I. *Prikladnaya matematicheskaya statistika* [Applied mathematical statistics]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2006, 816 p. ISBN 5-9221-0707-0.