

УДК 656.13

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОКУПАЕМОСТИ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА РЕГУЛЯРНОГО СООБЩЕНИЯ

канд. техн. наук, доц. С.А. АЗЕМША
(Белорусский государственный университет транспорта, Гомель),
д-р техн. наук, доц. Д.В. КАПСКИЙ
(Белорусский национальный технический университет, Минск)

Важность общественного транспорта в структуре городской мобильности трудно переоценить. Он выполняет основную долю транспортной работы по перевозке пассажиров. В то же время экономическая составляющая такой работы оставляет желать лучшего: общественный транспорт субсидируем. Одним из основных экономических показателей работы общественного транспорта является его окупаемость – отношение выручки от работы общественного транспорта к затратам на его функционирование. В данной работе окупаемость работы автобусов на городских маршрутах ряда городов Республики Беларусь рассматривается как случайная величина. К исследуемой случайной величине применены стандартные статистические методы обработки данных.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, общественный транспорт, окупаемость работы, статистическая обработка данных.

Общественный пассажирский транспорт играет стратегическую роль в жизни городов. Это приводит к необходимости повышения ценовой доступности его услуг и, как следствие, субсидирование его работы из бюджета. Объем выделяемых при этом бюджетных средств существенен. Так, предварительные расчеты для города населением 65 тыс. чел. показывают, что суммарные расходы на функционирование автобусного парка составляют 1,83 млн долл./год. При сложившемся уровне самоокупаемости 75,8% нетрудно посчитать, что ежегодно из бюджета будут выделяться субсидии в размере порядка 443,8 тыс долл./год. Несомненно, размер дотаций будет увеличиваться пропорционально росту численности жителей населенного пункта. В таких условиях разработка мероприятий, направленных на повышение окупаемости работы городского общественного пассажирского транспорта, является актуальной.

Проблеме анализа окупаемости работы перевозчиков в научной литературе уделено немало внимания. Так, в работе [1] предлагаются мероприятия по управлению доходностью перевозок пассажиров железнодорожным транспортом, т.е. создание условий по повышению наполняемости вагонов. Авторы на основании имеющихся данных создают модель для оценки значения точки безубыточности при различных значениях управляемых факторов, а также оценивают соответствующие риски. В работе [2] приводится описание автоматизированной системы управления рентабельностью. Суть ее работы – оптимизация тарифов и структуры состава поезда под существующий пассажиропоток с целью максимизации доходов перевозчика. В работе [3] аналогичная задача решается методом комплексной автоматизации. Следует отметить, что централизация всей информации на базе одного предприятия – железной дороги – позволяет собрать необходимую статистику. В условиях перевозки пассажиров различными автомобильными перевозчиками сбор такой информации затруднен. Кроме того, предлагаемые мероприятия непросто реализовать для автомобильного транспорта (например, ограничены возможности для изменения длины и вместимости автобусов и троллейбусов).

Применительно к автомобильным перевозкам в работе [4] установлены основные проблемы функционирования автомобильного пассажирского транспорта: высокая степень износа основных фондов, неэффективное тарифное регулирование, низкий уровень инвестиций, высокая текучесть кадров на предприятиях. Справиться с трудностями авторы предлагают за счет реализации государственно-частного партнерства, оптимизации маршрутной сети, создания конкуренции между перевозчиками, снижения льготирования перевозок и т.д. Очевидно, что основным триггером из перечисленных проблем является низкая окупаемость (рентабельность) перевозок. И с решением именно этой проблемы так или иначе связаны все перечисленные авторами мероприятия. Бесспорно, немалую роль в повышении доходов автомобильных перевозчиков играет величина тарифа. В работе [5] приведены расчеты по формированию тарифов. Однако стоит отметить, что рост тарифов автоматически приводит к снижению спроса. Кроме того, предложенный в [5] подход к формированию тарифов не позволяет обеспечить управление доходностью, а просто основан на покрытии затрат перевозчиков. Предложенные в [1–3] железнодорож-

никами подходы по формированию тарифов в зависимости от спроса могли бы сгладить неравномерность пассажиропотока по часам, а следовательно, и улучшить использование имеющихся основных средств, повысить рентабельность перевозок. Известны попытки снижения затрат на перевозку пассажиров путем замены имеющегося парка транспортных средств на автобусы, работающие на газобаллонном топливе. Однако, как показано в [6], более высокая стоимость таких автобусов в итоге нивелирует все преимущества в стоимости газа по сравнению с дизельным топливом. В работе [7] предложено снижение затрат за счет оптимального распределения транспортных средств различной вместимости по маршрутам и по часам суток в соответствии с мощностью пассажиропотока. Но для реализации подобных мероприятий перевозчик должен иметь парк транспортных средств различной вместимости и необходимые мощности для его обслуживания. Кроме того, в работе [8] предлагается отменить ряд остановок на маршруте из-за небольшого пассажирообмена на них и для повышения скорости перевозки. В работе [9] рассмотрена выборка значений самоокупаемости за каждый месяц 2019 г. на каждом городском маршруте населенного пункта численностью 381 тыс. чел. Общий объем выборки составил 492 наблюдения. Среднее значение выборки – 62,12, медиана – 61,9, стандартное отклонение – 15,74. Анализ нормальности распределения исследуемой случайной величины показал, что по большинству тестов распределение исследуемой случайной величины отличается от нормального; анализ значимости различий в значениях окупаемости по разным маршрутам – что такие различия значимы; аналогичный анализ по месяцам года – что несмотря на визуальные различия значений окупаемости по месяцам года эти различия не значимы.

В данной статье на примере ряда государственных перевозчиков в некоторых городах Республики Беларусь как случайная величина рассматривается окупаемость работы пассажирских транспортных средств на городских маршрутах – устанавливаются закономерности и тенденции ее изменения, а также определяются возможные пути роста самоокупаемости.

Для достижения поставленной цели в исследовании рассмотрена выборка значений окупаемости на автобусных маршрутах автобусного парка г. Гомеля в 2018 и 2019 гг., а также автобусных парков г. Могилева и Речицы. Основные статистические характеристики выборки приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Основные статистические характеристики значений самоокупаемости за каждый месяц 2019 г на каждом городском маршруте населенного пункта численностью 381 тыс. чел.

Город	Описательные статистики (Могилев по месяцам)									
	№ наблюдения	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Асимметрия	Стандартная ошибка асимметрии	Экцесс	Стандартная ошибка эксцесса
Итого	171	0,672	0,676	0,217	1,035	0,150	-0,206	0,186	-0,261	0,369
Могилев	41	0,612	0,610	0,353	1,035	0,154	0,414	0,370	-0,011	0,724
Гомель, 2019	59	0,700	0,690	0,346	0,951	0,136	-0,353	0,311	-0,216	0,613
Гомель, 2018	64	0,687	0,680	0,349	0,952	0,138	-0,208	0,299	-0,559	0,590
Речица	7	0,654	0,634	0,217	0,998	0,259	-0,467	0,794	0,218	1,587

Таким образом, (см. таблицу 1) общий размер изучаемой выборки составляет 171 наблюдение. Максимальное число наблюдений составляет 64 маршрута в г. Гомеле в 2018 г., минимальное – 7 маршрутов в Речице. Минимальное значение самоокупаемости составляет 21,7% в г. Речице, максимальное – 1,035 в Могилеве. При этом среднее значение окупаемости для всей выборки равно 67,2%. Также видно, что среднее и медиана для всех рассмотренных выборок незначительно отличаются друг от друга, что является косвенным признаком нормальности распределения исследуемых величин. Еще одним признаком того, что исследуемая случайная величина подчиняется нормальному закону распределения, является соотношение между асимметрией и стандартной ошибкой асимметрии, а также эксцессом и стандартной ошибкой эксцесса. Известно, что если модуль указанных соотношений не превышает трех, то рассматриваемая случайная величина подчинена нормальному закону распределения. Как видно, соотношение между асимметрией и стандартной ошибкой асимметрии не превышает трех. Соотношение между эксцессом и стандартной ошибкой эксцесса чуть превышает допустимый предел (г. Речица и Могилев).

На рисунке 1 приведены гистограммы распределения исследуемых случайных величин, полученные при помощи [10], а также числовые значения ряда статистических критериев. По форме гистограмм видно, что они недостаточно хорошо описываются теоретической кривой Гаусса. Уровень значимости критерия Колмогорова – Смирнова меньше 0,2, что говорит о необходимости отклонения гипотезы о нормальном распределении исследуемых случайных величин.

На рисунке 2 приведены нормальные вероятностные графики исследуемых величин. Согласно графикам фактические данные имеют некоторые отклонения от теоретической кривой, хотя эти отклонения и не систематические.

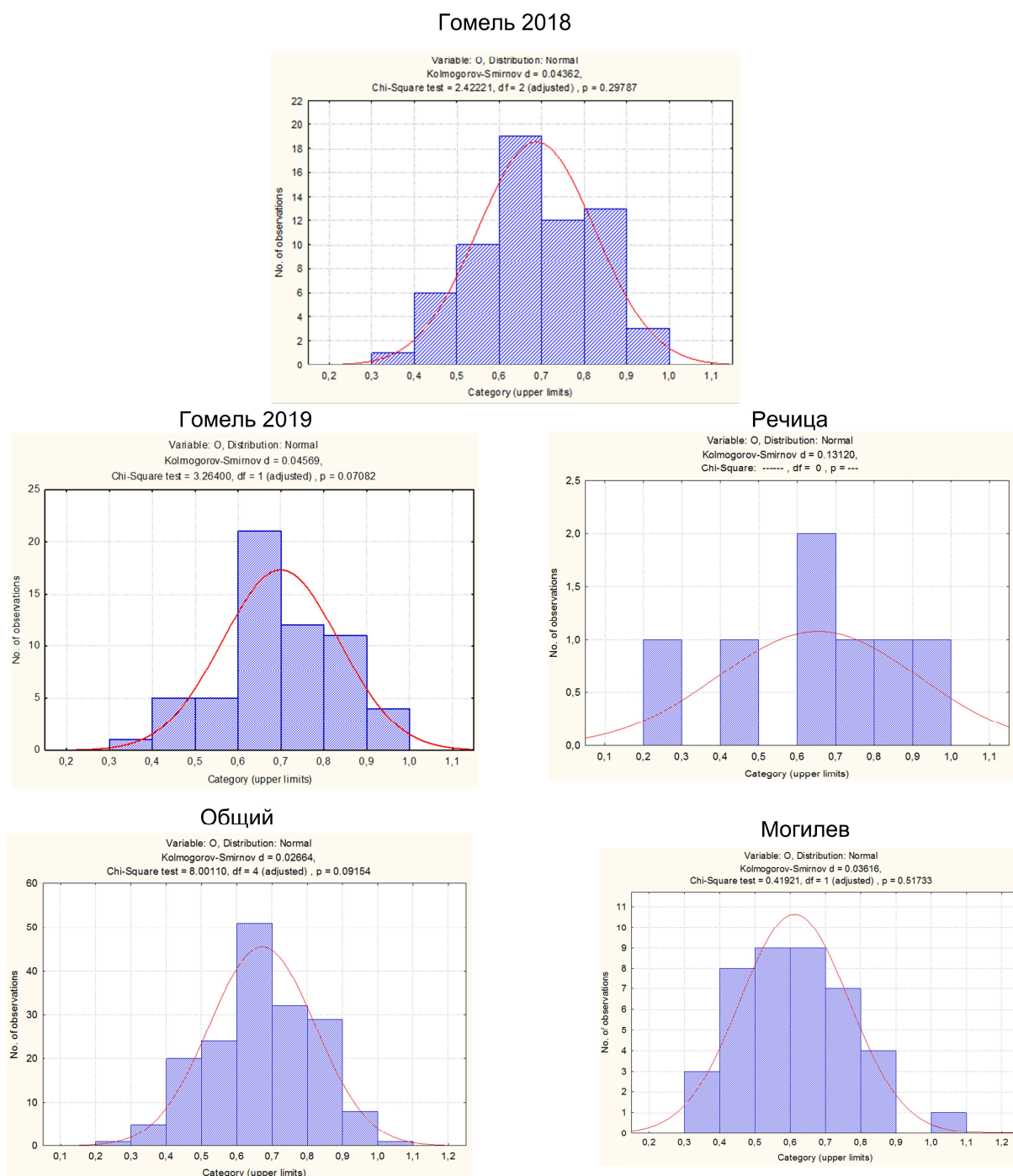


Рисунок 1. – Гистограмма распределения значений самоокупаемости

Для оценки нормальности распределения исследуемых величин также были построены ящичные диаграммы (рисунок 3). На них усы не симметричны относительно медианы, а также имеется ряд выбросов. Все это свидетельствует о том, что переменные распределены по законам, отличным от нормального.

Таким образом, проведенная оценка нормальности распределения окупаемости работы на маршрутах как отдельно по каждому городу, так и для всех городов вместе, показывает, что исследуемые случайные величины имеют распределение, отличное от нормального. Это будет учтено при выборе методов анализа данных в дальнейшем.

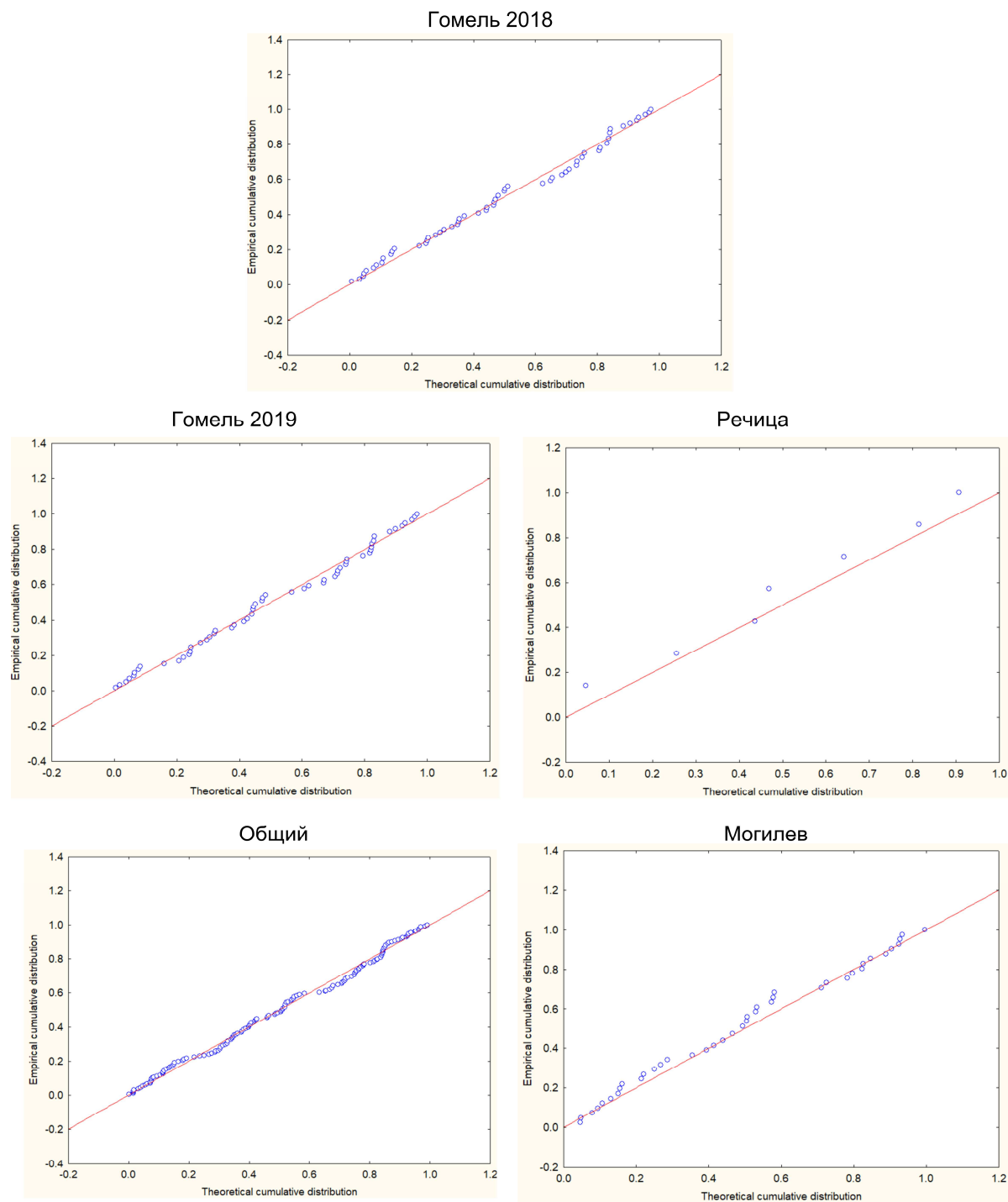


Рисунок 2. – Нормальные вероятностные графики распределения случайных величин

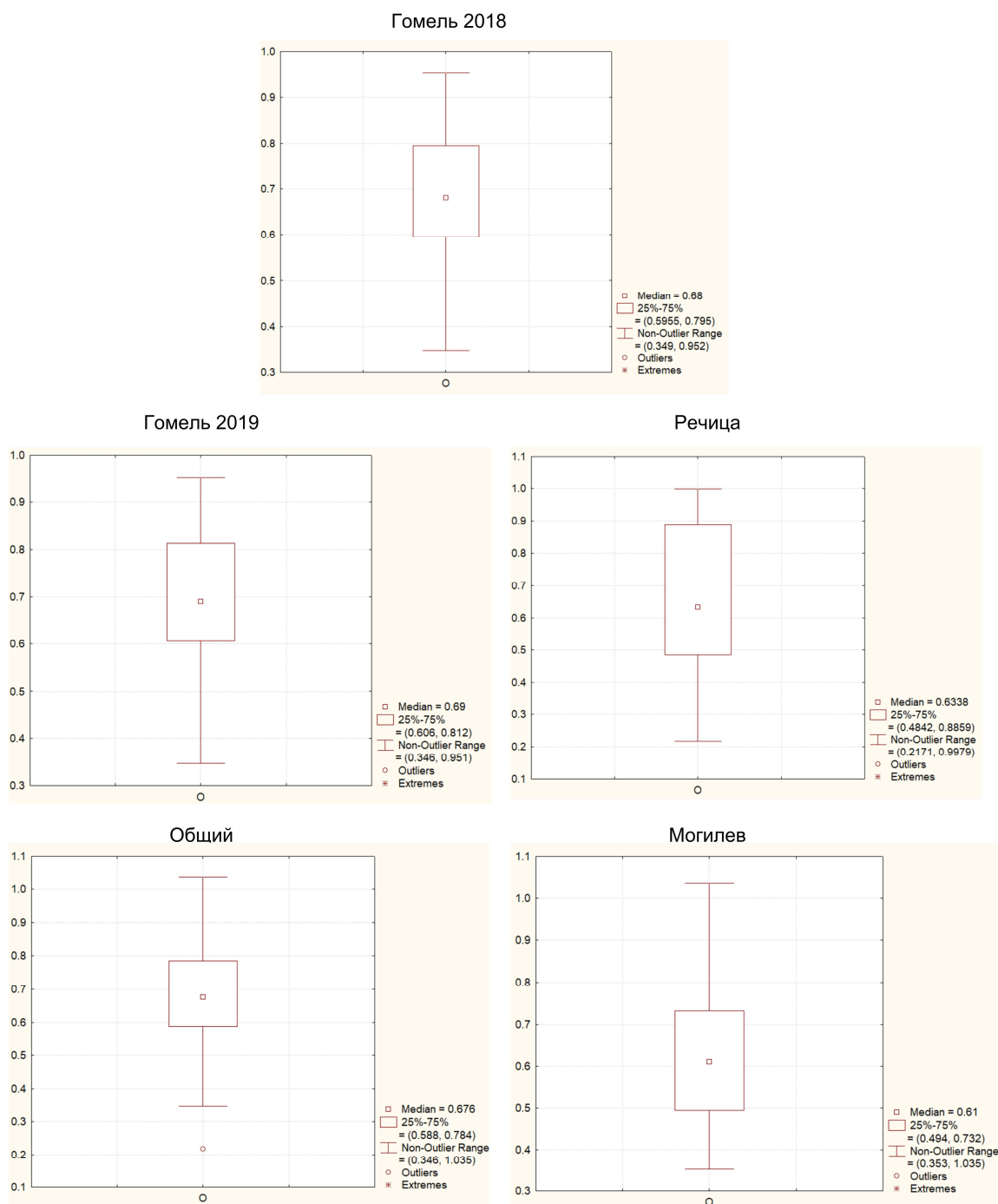
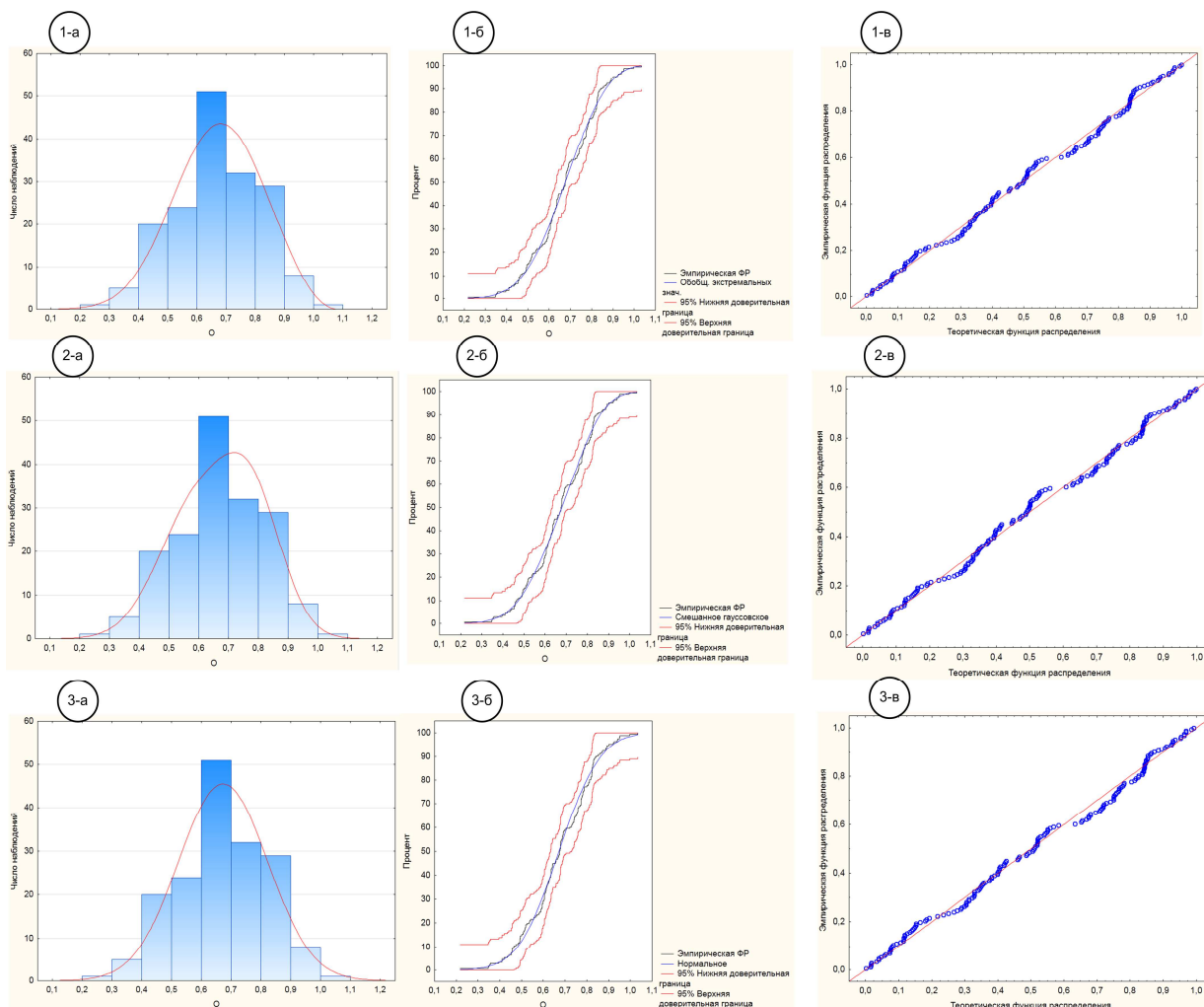


Рисунок 3. – Ящичная диаграмма распределения исследуемых случайных величин

Проведенный при помощи [10] подбор закона распределения для исследуемой случайной величины, в общем для всех городов, показал (рисунок 4):

- по критерию Колмагорова – Смирнова наилучшей подгонкой является обобщенное распределение экстремальных значений;
- по критерию Андерсона – Дарлинга наилучшей подгонкой является смешанное Гауссовское распределение;
- по критерию χ -квадрат наилучшей подгонкой является нормальное распределение.



**1 – обобщенное распределение экстремальных значений;
2 – смешанное Гауссовское распределение; 3 – нормальное распределение;
а – гистограмма распределения с подгонкой; б – эмпирическая функция распределения;
в – график вероятность-вероятность**

Рисунок 4. – Результаты определения закона распределения случайной величины

При анализе значимости различий в значениях окупаемости между всеми выборками городов (рисунок 5) были использованы непараметрические методы: дисперсионный анализ Краскелла – Уоллеса, медианный тест, сравнение средних рангов групп, реализованные в [10], которые показали наличие значимых различий только между значениями самоокупаемости между выборками, полученными в г. Гомеле (2019) и в Могилеве.

Для оценки значимости различий окупаемости между каждой парой выборок использовались следующие непараметрические методы: тест Вальда – Вольфовица, тест Колмогорова – Смирнова и U -тест Манна – Уитни, реализованные в [10]. По результатам вычислений имеются значимые различия значений самоокупаемости между парами выборок Гомель (2019) – Могилев, Гомель (2019) – Гомель (2018), Гомель (2018) – Могилев.

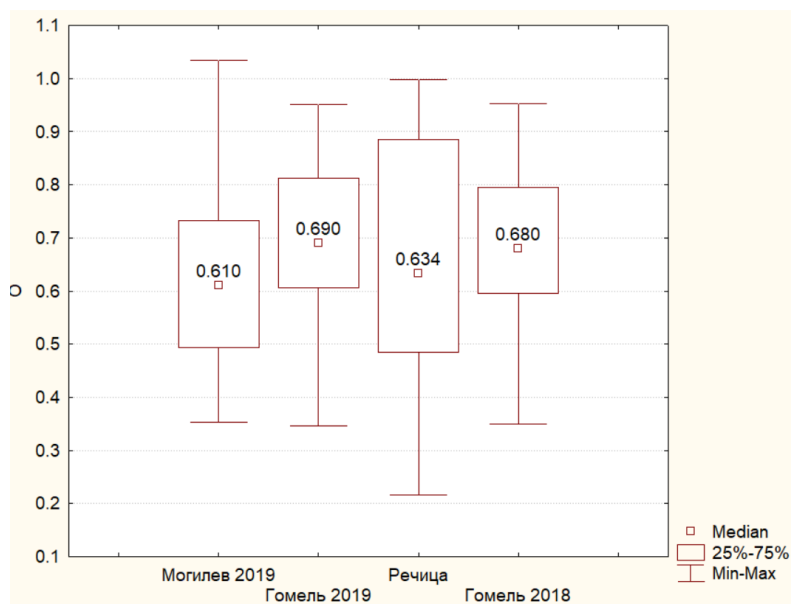


Рисунок 5. – Ящичные диаграммы распределения исследуемых случайных величин

Заключение. В данной статье рассматривались параметры случайных величин, показывающих самокупаемость работы автобусов на городских маршрутах в трех населенных пунктах Республики Беларусь. Согласно проведенному анализу:

1. Значения самокупаемости работы на маршрутах в каждом рассмотренном городе, а также во всех городах в совокупности по большинству статистических тестов распределены по закону, отличному от нормального.
2. Среднее значение самокупаемости работы на маршруте в рассмотренных городах составило 67,2%.
3. Различия в значениях самокупаемости работы на маршрутах разных городов в целом незначимы.
4. Имеются значимые различия значений самокупаемости между парами выборок Гомель (2019) – Могилев, Гомель (2019) – Гомель (2018), Гомель (2018) – Могилев.

Такие результаты совместно с результатами, полученными в [9], дают направления поиска путей повышения окупаемости работы городского общественного пассажирского транспорта регулярного сообщения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Краковский, Ю.М. Управление доходностью перевозки пассажиров на основе вероятностного анализа безубыточности [Электронный ресурс] / Ю.М. Краковский, Д.И. Жарий, А.С. Селиванов. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17104325_47011239.pdf. – Дата доступа: 01.03.2020.
2. Повышение эффективности пассажирских перевозок на базе автоматизированной системы управления рентабельностью [Электронный ресурс] / О.Ф. Мирошниченко [и др.]. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17231631_91488015.pdf. – Дата доступа: 01.03.2020.
3. Венедиктов, Г.Л. Повышение рентабельности пассажирских железнодорожных перевозок методом комплексной оптимизации [Электронный ресурс] / Г.Л. Венедиктов, В.М. Кочетков. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_20386564_31990182.pdf. – Дата доступа: 01.03.2020.
4. Шмарин, А.А. Анализ основных проблем функционирования автомобильного пассажирского транспорта [Электронный ресурс] / А.А. Шмарин, А.П. Шмарин. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_24113259_55278451.pdf. – Дата доступа: 01.03.2020.
5. Фадеев, Д.С. Определение тарифа на перевозку пассажиров городским общественным транспортом в городе Иркутске [Электронный ресурс] / Д.С. Фадеев, М.А. Моисеева. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25286071_44415719.pdf. – Дата доступа: 03.03.2020.
6. Евстифеев, А.А. Влияние холостых пробегов газовых городских автобусов на показатели производственно-хозяйственной деятельности [Электронный ресурс] / А.А. Евстифеев, А.Е. Ермолаев. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26630616_33025643.pdf. – Дата доступа: 03.03.2020.
7. Повышение эффективности функционирования транспортной сети городского пассажирского транспорта путем применения автоматизации модели выбора оптимального подвижного состава [Электронный ресурс] / В.Е. Гоз-

- бенко [и др.]. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_29817843_60948769.pdf. – Дата доступа: 03.03.2020.
8. Повышение эффективности транспортного обслуживания населения г. Тюмени (на примере маршрута № 10) [Электронный ресурс] / Ю.С. Вохминцева [и др.]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_27563418_27325112.pdf. – Дата доступа: 20.08.2020.
9. Грищенко, Т.В. / Анализ окупаемости работы городского пассажирского транспорта регулярного сообщения / Т.В. Грищенко, О.О. Ясинская, С.А. Аземша // Логистический аудит транспорта и цепей поставок : материалы III междунар. науч.-практ. конф., Тюмень, 28 апр. 2020 г. / отв. ред. С.А. Эртман. – Тюмень: ТИУ, 2020. – С. 61–67.
10. Statistica 13.3. Computer program. Serial number JRR709H998119TE-A.

Поступила 01.06.2020

**STATISTICAL STUDY OF RETURN OF WORK
CITY PASSENGER TRANSPORT
REGULAR MESSAGES**

S. AZEMSHA, D. KAPSKIY

The importance of public transport in the structure of urban mobility can hardly be overestimated. This type of transport performs the lion's share of transport work for the transportation of passengers. At the same time, the economic component of such work leaves much to be desired: we subsidize public transport. One of the main economic indicators of public transport is its payback - the ratio of revenue from public transport to the cost of its operation.

In this article, the payback of buses on urban routes of a number of cities in the Republic of Belarus is considered a random variable. Standard statistical methods of data processing are applied to the investigated random variable.

Keywords: *passenger transportation, public transport, payback of work, statistical data processing.*