

Определение параметров функционирования маршрутов пассажирского транспорта средствами компьютерного моделирования процессов

Докт. техн. наук, проф. В. К. Доля¹⁾, докт. техн. наук, доц. К. В. Доля¹⁾, канд. техн. наук Е. Е. Доля²⁾

¹⁾Одесский национальный морской университет (Одесса, Украина),

²⁾Харьковский национальный университет радиозлектроники (Харьков, Украина)

© Белорусский национальный технический университет, 2021
Belarusian National Technical University, 2021

Реферат. Исследована эффективность функционирования маршрутов городского пассажирского транспорта. Установлено, что данное функционирование происходит в неизолированной среде, которая влияет на систему с момента ее образования и может привести к расхождению между расчетной и фактической эффективностью работы системы. В результате анализа показателей функционирования маршрута перевозок пассажиров выявлено, что среда функционирования маршрутов влияет на их эффективность комплексно. Вследствие этого должно учитываться взаимное влияние одного фактора на другие. Оценка эффективности функционирования следует проводить для всей системы маршрутов, а не для отдельно рассматриваемой подсистемы. В результате анализа таких основных показателей, как доход, затраты на топливо, смазочные материалы, техническое обслуживание и ремонт, выявлены расхождения между запланированными значениями показателей и реальными данными. Определено, что функция распределения случайных величин указанных показателей описывается нормальным законом. На заключительном этапе исследования получены закономерности влияния параметров автотранспортного предприятия на вероятность окупаемости мероприятий. Предлагаемый комплексный подход к определению эффективности маршрутов городского пассажирского транспорта базируется не только на устоявшихся, но и на стохастических параметрах, используемых при функционировании этих маршрутов. Разработан алгоритм определения эффективности городских маршрутных пассажирских перевозок, который учитывает взаимосвязь доходов и расходов, современные представления о закономерностях изменения вероятности развития оптимистического, пессимистического и промежуточного вариантов развития событий эффективности маршрутов. В основу алгоритма положены формализованные зависимости изменения во времени вероятностей доходов и расходов, учитываемые в процессе функционирования маршрутов городского пассажирского транспорта при различных их параметрах.

Ключевые слова: транспортная система, маршрут, городской пассажирский транспорт, эффективность перевозок, стохастичность перевозочного процесса, объем перевозок, период окупаемости

Для цитирования: Доля, В. К. Определение параметров функционирования маршрутов пассажирского транспорта средствами компьютерного моделирования процессов / В. К. Доля, К. В. Доля, Е. Е. Доля // *Наука и техника*. 2021. Т. 20, № 6. С. 514–521. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-6-514-521>

Determining Parameters of Functioning of Passenger Transport Routes by Means of Computer Simulation of Processes

V. K. Dolia¹⁾, K. V. Dolia¹⁾, O. E. Dolia²⁾

¹⁾Odessa National Maritime University (Odessa, Ukraine),

²⁾Kharkiv National University of Radio Electronics (Kharkiv, Ukraine)

Abstract. The efficiency of the functioning of urban passenger transport routes has been studied in the paper. It has been established that the functioning of urban passenger transport routes takes place in a non-isolated environment, which affects the system from the moment of its formation and can lead to discrepancy between the calculated and actual efficiency

Адрес для переписки
Доля Виктор Константинович
Одесский национальный морской университет
ул. Мечникова, 34,
65029, г. Одесса, Украина
Тел.: +380 66 298-94-87
c.dolya@ukr.net

Address for correspondence
Dolia Victor K.
Odessa National Maritime University
34, Mechnikova str.,
65029, Odessa, Ukraine
Tel.: +380 66 298-94-87
c.dolya@ukr.net

of the system. As a result of the functioning indicator analysis of the passenger transportation route, it has been revealed that the environment of the route functioning affects the efficiency in a complex manner. Consequently, the mutual influence of one factor on others should be taken into account. Performance evaluation should be carried out for the entire route system, and not within the separately considered subsystem. As a result of the analysis of such key indicators as income, fuel costs, lubricants, maintenance and repair, discrepancies have been found between the planned values of indicators and actual data. It is determined that the distribution function of the random variables of these indicators is described by a normal law. At the final stage of the study, regularities in the influence of the road transport enterprise parameters on the probability of investment return have been obtained. The proposed integrated approach to determining the efficiency of urban passenger transport routes is based not only on the established, but also on the stochastic parameters that occur during the functioning of these routes. An algorithm has been developed for determining the efficiency of urban route passenger traffic, which takes into account the interrelation of income and expenses, modern ideas about the patterns of change in the probability of development of optimistic, pessimistic and intermediate scenarios for improvement of route efficiency events. The algorithm is based on formalized dependences of the change in time of the probabilities of income and expenses which are taken into account in the operation process of urban passenger transport routes with their various parameters.

Keywords: transport system, route, urban passenger transport, traffic efficiency, stochasticity of the transportation process, traffic volume, payback period

For citation: Dolia V. K., Dolia K. V., Dolia O. E. (2021) Determining Parameters of Functioning of Passenger Transport Routes by Means of Computer Simulation of Processes. *Science and Technique*. 20 (6), 514–521. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-6-514-521> (in Russian)

Введение

Современные требования к развитию транспортных систем городов требуют гармоничного соотношения технологических, экономических и социальных показателей функционирования маршрутов городского пассажирского транспорта общего пользования [1, 2]. Эффективные для перевозчика и удобные для жителей маршруты могут обеспечить привлекательность и пользу в общей системе городского пассажирского транспорта [3]. Не требует дополнительных объяснений тот факт, что эффективные маршруты, которые обеспечивают доступную цену за проезд и одновременно являются прибыльными, могут быть инвестиционно привлекательными и составлять основу всей транспортной системы городского пассажирского транспорта [4].

Опыт общественно-экономических отношений в области транспорта свидетельствует о том, что эффективны такие системы, а в рассматриваемом случае – пассажирские маршруты, в которых наблюдается рациональное соотношение следующих параметров: доходы перевозчиков, затраты на производственную деятельность, налоги и сборы, кредитные платежи. В то же время в современной науке и практике еще недостаточно разработаны методы и подходы, позволяющие исследовать эффективность функционирования маршрутов с учетом стохастичности большинства наблюдаемых параметров в общем комплексном подходе к аналогичным исследованиям [1, 5–8].

Цель исследования – оценка эффективности маршрутов городского пассажирского транс-

порта с учетом стохастичности составляющих параметров их функционирования. Объект исследования – процесс функционирования маршрутов городского пассажирского транспорта, а предмет – закономерности влияния параметров маршрутов городского пассажирского транспорта на их эффективность. В исследовании использовали методы анализа вариантов решения задачи с помощью программного обеспечения, теории систем и системного анализа для формализации транспортных процессов, а также математическое моделирование для формирования закономерностей изменения основных показателей маршрутов.

Проведение исследований

Исследованиями установлено, что процессы, которые происходят во время выполнения пассажирских перевозок, являются стохастическими [9–11]. Для их оценки выборочно проанализированы результаты работы автотранспортных предприятий, предоставляющих услуги по перевозкам пассажиров на городских маршрутах. Результаты анализа деятельности субъектов хозяйствования при выполнении пассажирских перевозок в г. Харькове позволили установить различия между запланированными значениями показателей и реальными данными. Для выявления особенностей распределения этих разногласий установили отклонение между плановыми и фактическими данными, поскольку показатели в натуральном выражении значительно отличались. По результатам исследований построены графики распределения отклонений имеющихся затрат на топливо и смазочные материалы в зависимости от рас-

четных значений (рис. 1, 2). Кроме того, определены отклонения затрат на техническое обслуживание и ремонт, шины.

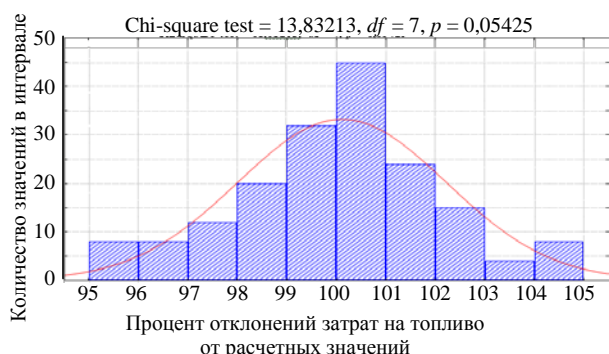


Рис. 1. Гистограмма распределения отклонений имеющихся затрат на топливо от расчетных значений

Fig. 1. Deviation distribution histogram of available fuel costs from calculated values

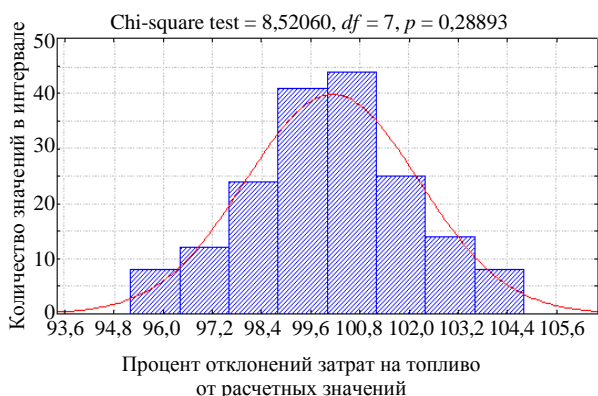


Рис. 2. Гистограмма распределения отклонений имеющихся затрат на смазочные материалы от расчетных значений

Fig. 2. Deviation distribution histogram of available costs for lubricants from calculated values

Для определения колебаний количества перевезенных пассажиров на городских пассажирских автобусных маршрутах проведен сбор соответствующей информации на автотранспортных предприятиях Харькова. По результатам составлена табл. 1.

Характер распределения установленных разногласий описывается нормальным законом распределения случайных величин с соответствующим математическим ожиданием и средним квадратичным отклонением σ . Для проверки гипотезы о соответствии статистического распределения теоретическому использовали критерий Пирсона (χ^2), рассчитанный в программе Statistica.

Так, для распределения расходов на топливо критерий Пирсона $\chi^2 = 13,83$ при количестве степеней свободы $df = 7$; вероятность согласия $p = 0,054$, что больше принятой $0,050$ [10, 12]. Следовательно, можно утверждать, что отклонение фактических затрат на топливо от рассчитанных описывается нормальным законом. Критерий Пирсона составил для:

- смазочных материалов $\chi^2 = 8,52$ при количестве степеней свободы $df = 7$ и вероятности согласия $p = 0,288$;
- технического обслуживания и ремонта $\chi^2 = 13,72$ при количестве степеней свободы $df = 7$ и вероятности согласия $p = 0,056$;
- шин $\chi^2 = 13,72$ при количестве степеней свободы $df = 7$ и вероятности согласия $p = 0,058$.

Таблица 1

Суммарные характеристики параметров функционирования автотранспортных предприятий
Total characteristics of parameters for functioning of road transport enterprises

№ наблюдения	Общее количество перевезенных пассажиров Q , пас./сут.	Общий доход D , у. е.	Общий пробег автобусов L , км	Общие затраты на топливо Z_{\max} , грн.
1	512550	640687,5	256121,2	204517,5
2	523120	653900,0	261403,1	204721,0
...
153	493920	617400,0	246811,8	205128,0
154	516648	645810,0	258169,2	205331,5
155	527301	659126,3	263492,2	205535,0
156	416580	520725,0	208164,9	205942,0
157	498847	623558,8	249274,1	206349,0

Для всех расчетов $p > 0,05$. При учете стохастичности перевозочного процесса целесообразно принять во внимание отклонения φ путем рассмотрения распределения i -го объема перевозок за период t

$$\varphi_i = \frac{Q_{ti}}{Q_{cct}}, \quad (1)$$

где Q_{ti} – i -й объем перевозок за период t , пас.; Q_{cct} – средний объем перевозок, рассчитанный по детерминированным моделям, пас.

По нормальному закону распределения i -й объем перевозок не должен выходить за пределы $\pm 3\sigma$

$$Q_{ti} = Q_{cct} \pm 3\sigma. \quad (2)$$

Известно, что расходы на обеспечение функционирования маршрута зависят от пробега на маршруте L_{ti} , который прямо пропорционален объему перевозок пассажиров:

$$L_{ti} = \frac{2l_m N_{pt} Q_{ti}}{Q_{cct}}, \quad (3)$$

где l_m – длина маршрута, км; N_{pt} – количество рейсов, выполненных за период t , ед.

Приведенные уравнения доказывают влияние стохастичности колебаний объемов перевозимых пассажиров не только на доходную составляющую функционирования маршрута, но и на расходы от функционирования. С учетом стохастичности колебаний объемов перевозимых пассажиров в новых подходах к расчету эффективности городских пассажирских перевозок сформулируем основные этапы выполнения задачи:

I – определение параметров закона распределения объемов перевозок;

II – определение эксплуатационных характеристик работы на маршруте;

III – определение затрат, связанных с работой транспортных средств на маршруте;

IV – определение основных налогов и сборов, связанных с перевозочным процессом;

V – определение показателей функционирования маршрута (периода окупаемости).

Сформулированные этапы позволяют построить алгоритм расчета параметров эффективности городских пассажирских перевозок.

Эту задачу, а также установление закономерностей влияния исходных характеристик на вероятность окупаемости инвестиционных мероприятий выполняли с помощью программного обеспечения. При разработке программы расчета параметров эффективности городских пассажирских перевозок выходные данные распределяли по трем группам:

- характеристика маршрута;
- параметр автотранспортного предприятия;
- характеристика транспортного средства.

Используя алгоритм расчета параметров эффективности городских пассажирских перевозок, разработали соответствующий программный продукт в среде Borland C++ (рис. 3).

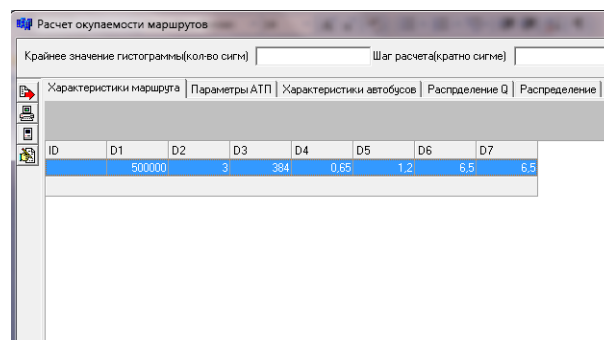


Рис. 3. Интерфейс программного обеспечения расчета параметров эффективности городских пассажирских перевозок

Fig. 3. Software Interface for calculating efficiency parameters of urban passenger traffic

При расчете эффективности функционирования городских пассажирских перевозок вся совокупность параметров делится на постоянные (условно постоянные) и переменные. Поэтому на данном этапе целесообразно сформировать массив данных этих показателей.

В результате изучения закономерностей влияния характеристик маршрута на вероятность окупаемости установлено, что главной характеристикой маршрута является объем перевозок. Кроме того, важно его колебание в течение времени функционирования маршрута. Для учета колебаний объема перевозок в программном продукте обеспечен отдельный модуль, что позволяет без изменения значения среднего объема перевозок (в пределах $\pm 3\sigma$) проводить исследования изменения параметров эффективности функционирования маршрутов городского пассажирского транспорта.

Экспериментальные исследования показали, что среднее квадратичное отклонение объемов перевозок колеблется в пределах 1–10 %. Изменения вероятности окупаемости инвестиционных мероприятий при среднем квадратичном отклонении объема перевозок $\sigma = 1$ приведены на рис. 4, а ожидаемый финансовый результат – на рис. 5.

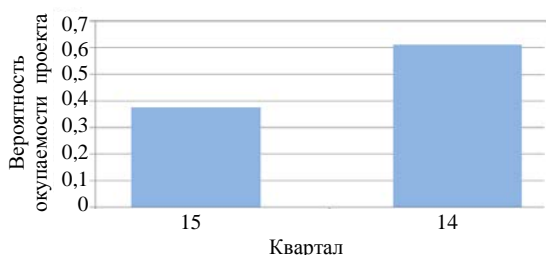


Рис. 4. Изменение вероятности окупаемости при среднем квадратичном отклонении объема перевозок $\sigma = 1$ (5000 пассажиров)

Fig. 4. Change in probability of payback with average square deviation of traffic volume $\sigma = 1$ (5000 passengers)

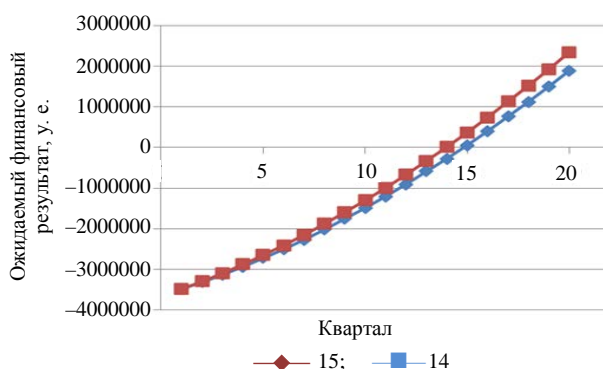


Рис. 5. Изменение ожидаемого финансового результата при среднем квадратичном отклонении объема перевозок $\sigma = 1$

Fig. 5. Change in expected financial result with average square deviation of traffic volume $\sigma = 1$

Согласно рис. 4, вероятность окупаемости в 14-м квартале составила 0,61, а в 15-м – 0,39, при этом ожидаемый финансовый результат зависит от квартала окупаемости (рис. 5). По результатам расчетов можно сделать вывод, что возможным периодом окупаемости является 14-й квартал с вероятностью 0,61. К тому же при $\sigma > 5$ вероятность окупаемости выходит за пределы продолжительности функционирования системы.

Изменение среднего квадратичного отклонения объема перевозок с $\sigma = 1$ на $\sigma = 3$ приводит к расширению диапазона вероятности окупаемости на шесть кварталов (рис. 6).

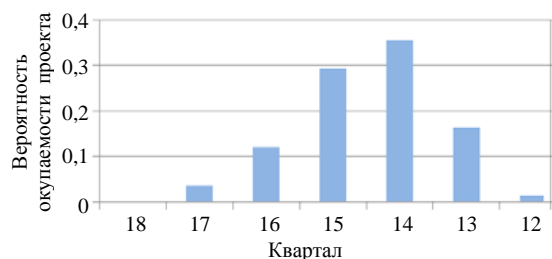


Рис. 6. Изменение вероятности окупаемости при среднем квадратичном отклонении объема перевозок $\sigma = 3$ (15000 пассажиров)

Fig. 6. Change in probability of payback with average square deviation of traffic volume $\sigma = 3$ (15.000 passengers)

Согласно рис. 6, максимальное значение вероятности в 14-м квартале составило 0,35, а ожидаемый финансовый результат зависит от квартала окупаемости (рис. 7).

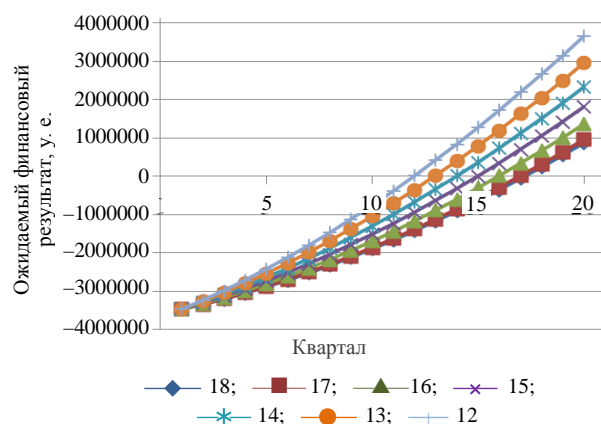


Рис. 7. Изменение ожидаемого финансового результата при среднем квадратичном отклонении объема перевозок $\sigma = 3$

Fig. 7. Change in expected financial result with average square deviation of traffic $\sigma = 3$

Увеличение среднего квадратичного отклонения еще на единицу ($\sigma = 4$) приводит к расширению диапазона вероятности окупаемости на восемь кварталов (рис. 8). Изменение ожидаемого финансового результата при среднем квадратичном отклонении объема перевозок $\sigma = 4$ приведено на рис. 9.

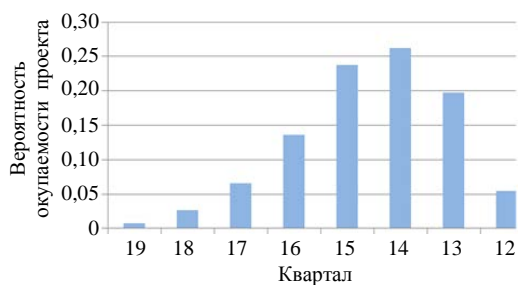


Рис. 8. Изменение вероятности окупаемости при среднем квадратичном отклонении объема перевозок $\sigma = 4$ (20000 пассажиров)

Fig. 8. Change in probability of payback with average square deviation of traffic volume $\sigma = 4$ (20.000 passengers)

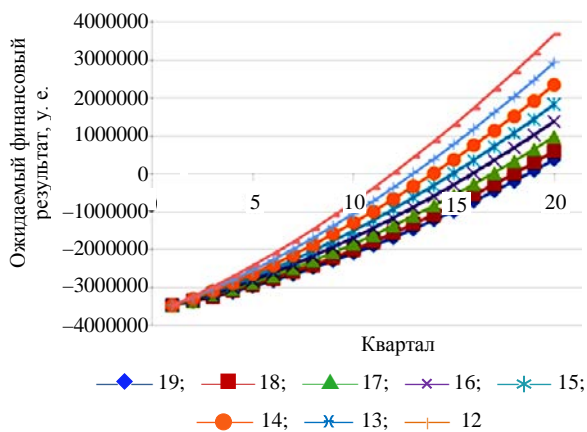


Рис. 9. Изменение ожидаемого финансового результата при среднем квадратичном отклонении объема перевозок $\sigma = 4$

Fig. 9. Change in expected financial result with average square deviation of traffic volume $\sigma = 4$

Увеличение среднего квадратичного отклонения еще на единицу ($\sigma = 5$) приводит к расширению диапазона вероятности окупаемости на восемь кварталов (рис. 10). При величине ставки дисконта 9 % и неизменном значении среднего квадратичного отклонения наблюдается расширение диапазона периодов вероятной окупаемости. Изменение ожидаемого финансового результата при среднем квадратичном отклонении объема перевозок $\sigma = 5$ приведено на рис. 11. По результатам расчетов можно сделать вывод, что наиболее вероятным периодом окупаемости будет 14-й квартал с вероятностями от 0,20 до 0,61. При этом после отклонения $\sigma = 5$ вероятность окупаемости

выходит за пределы продолжительности функционирования системы.

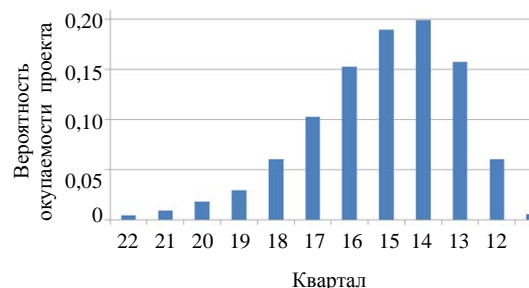


Рис. 10. Изменение вероятности окупаемости при величине ставки дисконта 9 % и стандартном отклонении объема перевозок $\sigma = 5$

Fig. 10. Change in probability of payback at discount rate of 9 % and standard deviation of traffic volume $\sigma = 5$

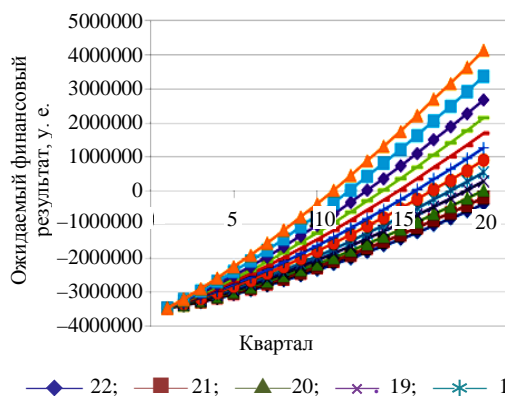


Рис. 11. Изменение ожидаемого финансового результата при величине ставки дисконта 9 % и стандартном отклонении объема перевозок $\sigma = 5$

Fig. 11. Change in expected financial result at discount rate of 9 % and standard deviation of traffic volume $\sigma = 5$

Установленные закономерности влияния параметров автотранспортного предприятия на вероятность окупаемости свидетельствуют о том, что среди всей совокупности параметров автотранспортного предприятия главным является коэффициент выпуска транспортных средств на линию α_v . Так, увеличение этого коэффициента на 0,05 единицы ($\alpha_v = 0,95$) приведет к смещению вероятности окупаемости с 3-го до 12-го квартала, а также к уменьшению диапазона кварталов окупаемости. Подобная тенденция сохраняется и в обратном направлении, т. е. уменьшение α_v на 0,1 единицы ($\alpha_v = 0,85$) приведет к смещению вероятности окупае-

мости с 7-го до 19-го квартала, а также к увеличению диапазона кварталов окупаемости.

Другая характеристика маршрута, которая влияет на вероятность окупаемости, – величина тарифа. Для исследований выбирали интервал изменения тарифа от 3,25 до 4 гривен при среднем квадратичном отклонении $\sigma = 5$. В результате установлено, что увеличение тарифа значительно сокращает период окупаемости. То есть при определении обоснованного тарифа нужно иметь достоверные данные как об объемах перевозок, так и об их колебаниях в течение длительного периода времени.

Такие характеристики, как максимальный пассажиропоток, длина маршрута и время оборота, являются условно постоянными, т. е. не изменяются в течение длительного периода времени. Иначе любое изменение значений этих характеристик требует пересмотра всего мероприятия по прогнозированию эффективности функционирования маршрута.

Рассмотрено также влияние изменения амортизационных расходов, размеров ставки дисконта и заработной платы на основные показатели эффективности функционирования маршрутов городского пассажирского транспорта. Согласно исследованиям, изменение ставки дисконта влияет на диапазон кварталов окупаемости, расширяя его до 12 кварталов. Кроме того, наблюдается изменение вероятности окупаемости от 0,235 до 0,198 при неизменном наиболее вероятном 14-м квартале окупаемости. Изучено также влияние основных характеристик транспортных средств (автобусов), таких как номинальная пассажироместимость, норма расхода топлива и годовые процентные выплаты по заемному капиталу.

Среди характеристик маршрута, влияющих на период окупаемости, – величины объема перевозок и будущего тарифа. Основные параметры автотранспортного предприятия, которые влияют на изменение вероятности окупаемости, – это коэффициент выпуска, заработная плата водителей, стоимость одного литра топлива и ставка амортизационных отчислений. Они приводят к расширению и смещению диапазона вероятности окупаемости. Главные характеристики функционирования городского транспортного средства, из-за которых изменяется окупае-

мость инвестиционного мероприятия, – номинальная пассажироместимость, цена транспортного средства и годовые процентные выплаты.

ВЫВОДЫ

1. Результаты анализа деятельности субъектов хозяйствования при выполнении пассажирских перевозок позволили установить различия между запланированными значениями показателей и реальными данными. Среди них – расходы на топливо, смазочные материалы, техническое обслуживание и ремонт, шины. При этом функция распределения случайных величин описывается нормальным законом.

2. При проверке гипотезы о соответствии статистического распределения использовали критерий Пирсона. По результатам расчетов установлено для расходов:

– на топливо при $\chi^2 = 13,83$ и количестве степеней свободы $df = 7$ вероятность согласия $p = 0,054$;

– на смазочные материалы при $\chi^2 = 8,52$ и числе степеней свободы $df = 7$ вероятность согласия $p = 0,288$;

– на техническое обслуживание и ремонт при $\chi^2 = 13,72$ и количестве степеней свободы $df = 7$ вероятность согласия $p = 0,056$;

– на шины при $\chi^2 = 13,65$ и количестве степеней свободы $df = 7$ вероятность согласия $p = 0,058$.

Для всех рассмотренных видов расходов вероятность согласия превышает принятую величину 0,05.

3. Для учета стохастичности параметров городских пассажирских перевозок рассмотрено распределение объема перевозок как такового, что согласовывается с нормальным законом распределения, который принимается во внимание при расчете соответствующих разновидностей расходов.

ЛІТЕРАТУРА

1. Influence of Features of the Transport Network Pattern on the Haul Cycle Length between its Nodes on the Example of the Transport Network of Ukraine / C. Dolya [et al.] // Technology Audit and Production Reserves. 2017. Vol. 5, No 2. P. 54–58. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.112078>.

2. Долья, К. В. Формализация гравитационной модели для расчета параметров междугородних пассажирских корреспонденций / К. В. Долья // Наука и техника. 2017. Т. 16, № 5. P. 437–443. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2017-16-5-437-443>.
3. Modeling of Polygons of Maximum Passenger Route Transport Accessibility by the Example of the Transport System of Ukraine / K. Dolya [et al.] // *Technology Audit and Production Reserves*. 2017. Vol. 6, No 2. P. 28–33. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.115219>.
4. Dolia, K. Variativity of the Transport System at Intercity Passenger Transport from the Demand / D. Kostiantyn // *International Journal of Data Science and Analysis*. 2017. Vol. 3, No 6. P. 77. <https://doi.org/10.11648/j.ijdsa.20170306.13>.
5. Dolya, C. Investigation of Approaches to Modeling of Intercity Passenger Transportation System / C. Dolya, A. Botsman, V. Kozhyna // *Technology Audit and Production Reserves*. 2017. Vol. 4, No 2. P. 24–28. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.108889>.
6. Grigorova, T. Assessment of Elasticity of Demand for Services of Suburban Road Passenger Transport / T. Grigorova, Ya. Davidich, V. Dolya // *Technology Audit and Production Reserves*. 2015. Vol. 3, No 2. P. 13–16. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.44768>.
7. Galkin, A. The Role of Consumers in Logistics Systems / A. Galkin, C. Dolia, N. Davidich // *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol. 27. P. 1187–1194. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.010>.
8. Капский, Д. В. Форма графика работ водителей маршрутного пассажирского транспорта / Д. В. Капский, С. С. Семченков // *Автотракторостроение и автомобильный транспорт: сб. науч. тр. в 2 т. Минск: БНТУ, 2020. Т. 2. С. 92–96*.
9. Dolia, V. Several Logistics Chains Transportation Services Approach by Single Transport Company / V. Dolia, Y. Kush, A. Galkin // *Journal L'Association 1901 "SEPIKE"*. 2014. Vol. 4. P. 86–90.
10. Management of Freight Transport Projects in Cities in Assessing their Effectiveness / D. Kostiantyn [et al.] // *Software Engineering*. 2018. Vol. 6, No 2. P. 63.
11. Кот, Е. М. Вибір оптимальної моделі збору та обробки інформації з метою реалізації диспетчерського управління рухом маршрутного пасажирського транспорту / Е. М. Кот, С. А. Ринкевич, С. С. Семченко // *Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Харків: ХНАДУ, 2018. С. 125–129*.
12. Galkin, A. Influencing Financial Flows on Logistics Technology Solutions (Case Study on Transportation Mode Selection) / A. Galkin, C. Dolya // *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*. 2017. Vol. 117. P. 61–73.
2. Dolya C. V. (2017) Gravity Model Formalization for Parameter Calculation of Intercity Passenger Transport Correspondence. *Nauka i Tehnika = Science & Technique*, 16 (5), 437–443. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2017-16-5-437-443> (in Russian).
3. Dolia K., Davidich Yu., Dolia O., Lyfenko S., Uhodnikova O. (2017) Modeling of Polygons of Maximum Passenger Route Transport Accessibility by the Example of the Transport System of Ukraine. *Technology Audit and Production Reserves*, 6 (2), 28–33. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.115219>.
4. Dolia K. (2017) Variativity of the Transport System at Intercity Passenger Transport from the Demand. *International Journal of Data Science and Analysis*, 3 (6), 77. <https://doi.org/10.11648/j.ijdsa.20170306.13>.
5. Dolya C., Botsman A., Kozhyna V. (2017) Investigation of Approaches to Modeling of Intercity Passenger Transportation System. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (2), 24–28. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.108889>.
6. Grigorova T., Davidich Ya., Dolya V. (2015) Assessment of Elasticity of Demand for Services of Suburban Road Passenger Transport. *Technology Audit and Production Reserves*, 3 (2), 13–16. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.44768>.
7. Galkin A., Dolia C., Davidich N. (2017) The Role of Consumers in Logistics Systems. *Transportation Research Procedia*, 27, 1187–1194. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.010>.
8. Kapsky D. V., Semchenkov S. S. (2020) Form of Work Schedule for Drivers of Route Passenger Transport. *Avtotraktorostroenie i Avtomobil'nyi Transport: Sb. Nauch. Tr. T. 2* [Automotive and Tractor Construction and Road Transport: Collection of Scientific. Vol. 2]. Minsk, Belarusian National Technical University, 92–96 (in Russian).
9. Dolia V., Kush Y., Galkin A. (2014) Several Logistics Chains Transportation Services Approach by Single Transport Company. *Journal L'Association 1901 "SEPIKE"*, 4, 86–90.
10. Kostiantyn D., Olena D., Sergey L., Anastasiia B. (2018) Management of Freight Transport Projects in Cities in Assessing their Effectiveness. *Software Engineering*, 6 (2), 63.
11. Kot E. M., Rinkevich S. A., Semchenkov S. S. (2018) Selection of Optimal Model of Information Collection and Processing with the Purpose to Realize Dispatch Control of Route Passenger Transport Movement. *Perspektivni Napryami Rozvitku Regional'nikh Transportnikh ta Logistichnikh Sistem: Materiali Mizhnar. Nauk.-Prakt. Konf.* [Perspective Directions for Development of Regional Transport and Logistics Systems: Proceedings of International Scientific and Practical Conference]. Kharkiv, Kharkiv National Automobile and Highway University, 125–129 (in Ukrainian).
12. Galkin A., Dolya C. (2017) Influencing Financial Flows on Logistics Technology Solutions (Case Study on Transportation Mode Selection). *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport = WUT Journal of Transportation Engineering*, 117, 61–73.

Поступила 02.03.2021

Подписана в печать 18.05.2021

Опубликована онлайн 30.11.2021

REFERENCES

1. Dolya C., Lyfenko S., Nesterenko S., Vyatkin K. (2017) Influence of Features of the Transport Network Pattern on the Haul Cycle Length between its Nodes on the Example of the Transport Network of Ukraine. *Technology Audit and Production Reserves*, 5 (2), 54–58. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.112078>.

Received: 02.03.2021

Accepted: 18.05.2021

Published online: 30.11.2021