

DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-5-415-421

УДК 656.13

Оценка качества перевозки пассажиров городским транспортом при различном количестве транспортных средств, работающих на маршруте

Доктора техн. наук, профессора И. В. Чумаченко¹⁾, Ю. А. Давидич¹⁾,
канд. техн. наук А. С. Галкин¹⁾, асп. Н. В. Давидич¹⁾

¹⁾Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова (Харьков, Украина)

© Белорусский национальный технический университет, 2017
Belarusian National Technical University, 2017

Реферат. Качество услуг, которые предоставляет городской пассажирский транспорт, определяет стандарты жизни жителей страны. Проведенный анализ методов оценки качества транспортного обслуживания пассажиров городским транспортом показал, что для этой оценки целесообразно использовать комплексные показатели. Существующие методы оценки качества городского пассажирского транспорта не полностью учитывают субъективную оценку пассажирами критериев качества обслуживания. Проведенные исследования значимости для пассажиров критериев оценки качества работы городского пассажирского транспорта позволили формализовать значение данной значимости. На этой основе был разработан комплексный показатель качества городского пассажирского транспорта, включающий в себя единичные показатели качества: пешеходной составляющей передвижений, времени ожидания, времени поездки, динамического коэффициента использования вместимости. Определено, что планирование качества перевозки пассажиров возможно с использованием моделирования транспортного процесса. Влияние технологических параметров на параметры качества можно определить с помощью разработанной имитационной модели оценки качества процесса перевозки на маршруте городского пассажирского транспорта. С применением имитационной модели проанализированы закономерности изменения комплексного показателя качества городского пассажирского транспорта в зависимости от количества транспортных средств, работающих на маршруте. Результаты моделирования показали, что изменение количества транспортных средств существенным образом влияет на величину динамического коэффициента использования вместимости транспортного средства, времени ожидания транспортных средств и времени поездки. Это приводит к изменению качества процесса перевозки. Анализ полученных результатов позволил сделать вывод, что для каждого маршрута с определенными параметрами существует такое рациональное количество транспортных средств, которое обеспечивает максимальную эффективность городского пассажирского транспорта при соответствующем качестве. Выявлено, что изменение данного количества транспортных средств с достаточной точностью описывается нелинейным регрессионным уравнением, в котором в качестве независимых переменных используются параметры транспортных средств, пассажиропотока и маршрута.

Ключевые слова: пассажир, транспорт, перевозка, коэффициент качества, фактор, значимость, имитационная модель, количество автобусов, пассажиропоток, длина маршрута

Для цитирования: Оценка качества перевозки пассажиров городским транспортом при различном количестве транспортных средств, работающих на маршруте / И. В. Чумаченко [и др.] // *Наука и техника*. 2017. Т. 16, № 5. С. 415–421. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-5-415-421

Quality Assessment of Passenger Transportation by Urban Transport while Using Various Number of Fixed-Route Transport Facilities

I. V. Chumachenko¹⁾, Yu. A. Davidich¹⁾, A. S. Galkin¹⁾, N. V. Davidich¹⁾

¹⁾O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv, Ukraine)

Abstract. The quality of services which are offered by urban passenger transport determines a living standard of country's inhabitants. The executed analysis of methods for quality assessment of passenger transportation service by urban transport

Адрес для переписки
Чумаченко Игорь Владимирович
Харьковский национальный университет
городского хозяйства имени А. Н. Бекетова
ул. Маршала Бажанова, 17,
61002, г. Харьков, Украина
Тел.: +38 057 707-31-32
pmkaf@kname.edu.ua

Address for correspondence
Chumachenko Igor V.
O. M. Beketov National University
of Urban Economy in Kharkiv
17 Marshal Bazhanov str.,
61002, Kharkiv, Ukraine
Tel.: +38 057 707-31-32
pmkaf@kname.edu.ua

has shown that it is expedient to use complex indices for such assessment. The existing methods for quality assessment of urban passenger transport do not fully take into account subjective passengers' evaluation of service quality criteria. The investigations conducted with the purpose to estimate significance of quality assessment criteria pertaining to urban passenger transport operation for passengers have made it possible to formalize importance of the given significance. A complex index of urban passenger transport quality has been prepared that includes such isolated quality indicators as pedestrian motion component, waiting time, travel time, dynamic factor of capacity usage. It has been determined that it is possible to plan quality of passenger transportation while using transport process simulation. Influence of technological parameters on quality parameters can be determined with the help of the developed simulation model for quality assessment of transportation process on route of urban passenger transport. While using the simulation model regularities in changing a complex quality index of urban passenger transport have been analyzed according to number of transport facilities operating on route. Simulation results have shown that changes in number of transport facilities significantly exert an influence on the value of dynamic factor of transport facility capacity usage, waiting time for transport facility and time travel. This leads to changes in quality of transportation process. Analysis of the obtained results has permitted to make a conclusion that every route with certain parameters has such rational number of transport facilities that ensures maximum efficiency of urban passenger transport with appropriate quality. It has been revealed that any change in number of transport facilities is described with a reasonable degree of accuracy by a nonlinear regression equation where parameters of transport facilities, passenger traffic flows and route are used as independent variables.

Keywords: passenger, transport, transportation, quality factor, factor, significance, simulation model, number of buses, passenger traffic flow, route length

For citation: Chumachenko I. V., Davidich Yu. A., Galkin A. S., Davidich N. V. (2017) Quality Assessment of Passenger Transportation by Urban Transport While Using Various Number of Fixed-Route Transport Facilities. *Science and Technique*. 16 (5), 415–421. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-5-415-421 (in Russian)

Введение

Повышение качества пассажирских перевозок в системе городского транспорта является одним из важнейших направлений, поставленных перед потребностями общества в области транспорта [1, 2]. Качество услуг, которые предоставляет городской пассажирский транспорт (ГПТ), определяет стандарты жизни жителей страны. Достижение определенного уровня перевозки пассажиров приводит к увеличению их свободного времени за счет уменьшения затрат времени на передвижение и благоприятно влияет на участие населения во всех сферах общественной жизни страны. При организации транспортного обслуживания качество является одним из основных критериев формирования параметров перевозки. Управление качеством транспортного обслуживания предусматривает определение соответствующих требований к параметрам технологического процесса перевозок пассажиров. При этом нерешенными остаются вопросы разработки показателей для оценки качества перевозок и методов его планирования.

В большинстве ранее проведенных исследований основным показателем качества перевозки пассажиров являлся коэффициент качества. Он определялся как отношение величины затрат времени на поездку при заданных, теоретически абсолютно комфортных условиях по-

ездки и фактических затрат времени на поездку в реальных условиях [3]. Дальнейшее развитие исследований данного направления привело к разработке рекомендаций по определению показателя качества транспортного обслуживания в городах с учетом норматива времени, затрачиваемого пассажиром на поездку; времени, фактически затраченного пассажирами на поездку; нормативного коэффициента наполнения; фактического значения коэффициента наполнения; показателя регулярности движения [4]. При этом исследователи обосновывают возможность использования комплексного или интегрального показателя качества, который учитывает различные факторы обслуживания пассажиров [5].

В [6] комплексным показателем качества услуг по перевозке пассажиров предлагается использовать средневзвешенное значение единичных показателей. Этот подход к определению уровня качества перевозки на маршрутах городского пассажирского транспорта базируется на определении весомости отдельных показателей качества. Данную весомость целесообразно определять с точки зрения пассажира, который является потребителем транспортной услуги. Этот подход основывается на предположении, что качество – это степень соответствия системы обслуживания требованиям, спецификациям и ожиданиям потребителей [7].

Используемые в настоящее время методы оценки качества транспортного обслуживания населения городов не полностью учитывают субъективную оценку пассажирами условий обслуживания [8].

Основная часть

Оценка пассажирами параметров качества транспортного обслуживания была проведена на основе результатов обработки натурных обследований [9]. Из всех факторов, которые пассажиры учитывают при оценке качества транспортного обслуживания, было выделено четыре основных показателя, которые можно использовать при планировании качества городского пассажирского транспорта:

- время пешеходной составляющей транспортных передвижений, включающей подход и отход от остановки;
- время ожидания транспортного средства;
- время поездки;
- динамический коэффициент использования вместимости транспортного средства.

Степень значимости для пассажиров определенных параметров проводили с использованием величины их рангов. Допуская, что максимальное значение коэффициента качества равно единице, рассчитали соответствующие коэффициенты весомости единичных показателей качества при выполнении маршрутной поездки. Вследствие этого комплексный показатель качества городского пассажирского транспорта может иметь следующий вид:

$$K_{\kappa}^{\text{маршр}} = \left(\frac{t_{\text{пш}_{\min}}}{t_{\text{пш}_{\phi}}} \right)^{0,137} \left(\frac{t_{\text{ож}_{\min}}}{t_{\text{ож}_{\phi}}} \right)^{0,262} \times \left(\frac{t_{\text{п}_{\min}}}{t_{\text{п}_{\phi}}} \right)^{0,465} \left(\frac{\gamma_{\text{д}_{\min}}}{\gamma_{\text{д}_{\phi}}} \right)^{0,136}, \quad (1)$$

где 0,137; 0,262; 0,465; 0,136 – коэффициенты весомости единичных показателей качества; $t_{\text{пш}_{\min}}$, $t_{\text{пш}_{\phi}}$ – минимальное и фактическое время пешеходной составляющей транспортного передвижения, мин; $t_{\text{ож}_{\min}}$, $t_{\text{ож}_{\phi}}$ – минимальное и фактическое время ожидания, мин; $t_{\text{п}_{\min}}$, $t_{\text{п}_{\phi}}$ – минимально возможное и фактическое

время поездки, мин; $\gamma_{\text{д}_{\min}}$ – динамический коэффициент использования вместимости при заполнении мест для сидения; $\gamma_{\text{д}_{\phi}}$ – фактический динамический коэффициент использования вместимости транспортного средства.

Планирование качества городского пассажирского транспорта возможно за счет изменения параметров технологического процесса перевозок пассажиров. Вследствие этого для оценки качества процесса перевозок возникает необходимость в определении значения перечисленных параметров при различных вариантах организации транспортного процесса. Для этого можно использовать моделирование процесса перевозок, по результатам которого представляется возможным получение информации о значении независимых переменных в модели (1). Для решения данной задачи была разработана имитационная модель оценки качества процесса перевозки на маршруте ГПТ.

Моделирование процесса перевозки базируется на рассмотрении маршрута городского пассажирского транспорта как совокупности остановочных пунктов и перегонов. Каждый перегон маршрута описывается длиной и скоростью транспортного потока на перегоне. В качестве параметров пассажиропотоков использовали данные о пассажирообмене каждого остановочного пункта. Транспортные средства ГПТ описывались их количеством, вместимостью, удельной мощностью двигателя, количеством дверей и их шириной. При моделировании выполняли математическую формализацию всех процессов, которые происходят при передвижении пассажиров.

Разработанная имитационная модель оценки качества процесса перевозки на маршруте городского пассажирского транспорта позволяет определить закономерности изменения качества обслуживания пассажиров в зависимости от параметров технологического процесса перевозки пассажиров. С ее использованием проведена оценка влияния количества транспортных средств, работающих на маршруте, на качество перевозки пассажиров городским транспортом на существующих маршрутах, основные параметры которых приведены в табл. 1.

Основные параметры маршрутов

Main parameters of routes

Порядковый номер маршрута	Параметр				
	Количество автобусов, ед.	Вместимость, номинальная/мест для сидения, пас.	Средняя длина перегона, км	Пассажиропоток на максимально загруженном перегоне, пас./ч	Длина маршрута, км
1	8	100/28	0,74	830	9,1
2	6	48/22	0,61	540	5,2
3	17	76/23	0,73	1570	8,1
4	10	100/28	0,66	2220	4,6
5	13	41/27	0,71	550	10,1
6	7	48/22	0,45	670	5,3
7	15	76/23	0,75	1870	6,2
8	25	110/28	0,8	3350	8,3
9	35	120/32	0,75	4100	10,2
10	23	140/38	0,60	5300	6,1

С использованием данных параметров был проведен имитационный эксперимент по моделированию функционирования маршрутов при различном количестве транспортных средств. Изменение количества транспортных средств приводит к изменению доходов и расходов транспортных предприятий, стоимостного выражения расходов общества в результате осуществления транспортного процесса и, как следствие, эффективности процесса перевозки городским пассажирским транспортом [10]. Повышение качества перевозочного процесса невозможно рассматривать без учета расходов на достижение требуемой величины качества. В результате было проанализировано изменение показателей эффективности городского пассажирского транспорта. Эффективность ГПТ можно представить следующим образом [10]:

$$E_{\text{ГПТ}} = D_{\text{ГПТ}} - Z_{\text{ГПТ}} - V_3 \rightarrow \max, \quad (2)$$

где $D_{\text{ГПТ}}$ – доход предприятий городского пассажирского транспорта от перевозок пассажиров, грн.; $Z_{\text{ГПТ}}$ – расход предприятий ГПТ на организацию транспортного процесса перевозки, грн.; V_3 – стоимостное выражение затрат общества в результате процесса перевозки, грн.

Результаты моделирования показали, что изменение количества транспортных средств существенным образом влияет на величину динамического коэффициента использования вместимости транспортного средства, време-

ни ожидания транспортных средств и времени поездки. Это приводит к изменению качества процесса перевозки и показателей эффективности (рис. 1, 2).

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод, что для каждого маршрута с определенными параметрами существует такое рациональное количество транспортных средств, которое обеспечивает максимальную эффективность городского пассажирского транспорта при соответствующем качестве (табл. 2). Данное количество отличается от фактического, установленного в зависимости от значения пассажиропотока на максимально загруженном перегоне маршрута [3].

Таким образом, использование рационального количества транспортных средств позволяет повысить значение комплексного показателя качества в сравнении с качеством, которое обеспечивает фактическое количество транспортных средств. Дальнейшее повышение качества требует дополнительных финансовых средств для процесса перевозок городского пассажирского транспорта.

На следующем этапе исследования с использованием полученных результатов была разработана модель изменения количества транспортных средств, которое обеспечивает максимальную эффективность ГПТ при соответствующем качестве. Для разработки модели использовали методы корреляционного и регрессионного анализа.

Таблица 2

Фактические и расчетные показатели маршрута

Actual and calculative route indices

Порядковый номер маршрута	Показатель			
	Фактическое количество автобусов, ед.	Существующий показатель качества	Рациональное количество автобусов, ед.	Полученный показатель качества
1	8	0,45	10	0,55
2	6	0,59	7	0,7
3	17	0,54	19	0,62
4	10	0,64	11	0,70
5	13	0,60	15	0,71
6	7	0,57	8	0,65
7	15	0,67	17	0,84
8	25	0,61	26	0,62
9	35	0,55	36	0,57
10	23	0,57	24	0,59

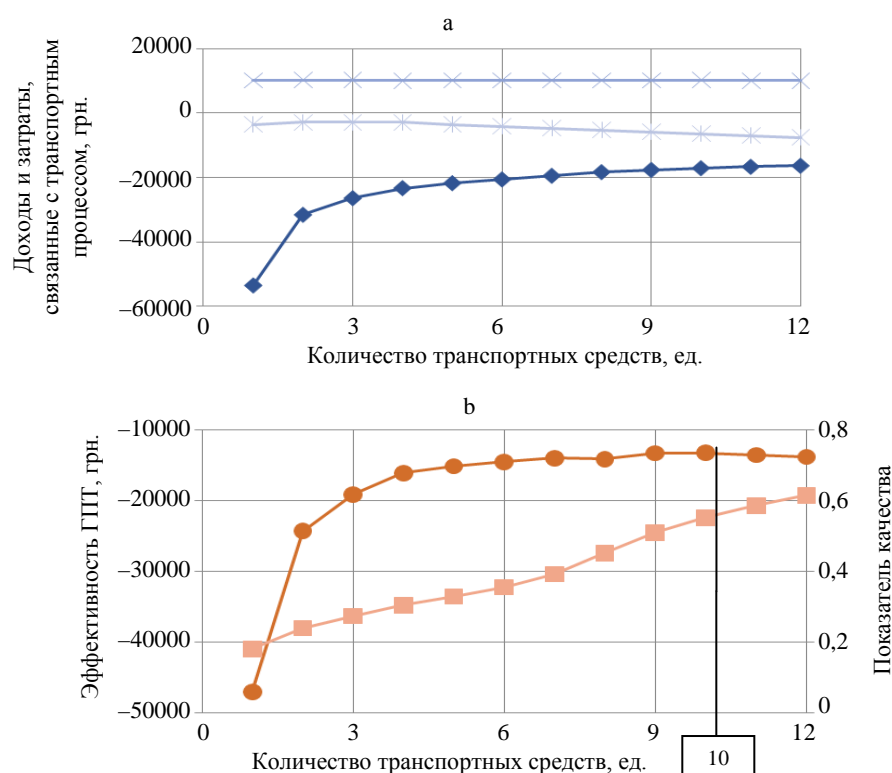


Рис. 1. Изменение показателей эффективности и качества городского пассажирского транспорта (ГПТ) на маршруте 1:

а – доходов и затрат; б – эффективности и качества; – доходы предприятий ГПТ, грн.; – затраты предприятий ГПТ, грн.; – стоимостное выражение затрат общества вследствие осуществления процесса перевозки, грн.; – эффективность ГПТ, грн.; – комплексный показатель качества ГПТ;
 10 – количество транспортных средств, которое обеспечивает максимальную эффективность ГПТ при соответствующем качестве

Fig. 1. Changes in indices on efficiency and quality of urban passenger transport (UPT) on route 1: а – income and expenses;

б – efficiency and quality; – income of UPT enterprises, UAH; – expenses of UPT enterprises, UAH;
 – expression in monetary terms of social costs due to implementation of transportation, UAH;
 – UPT efficiency, UAH; – complex index of UPT quality;
 10 – value of transport facility number that ensures maximum UPT efficiency with appropriate quality

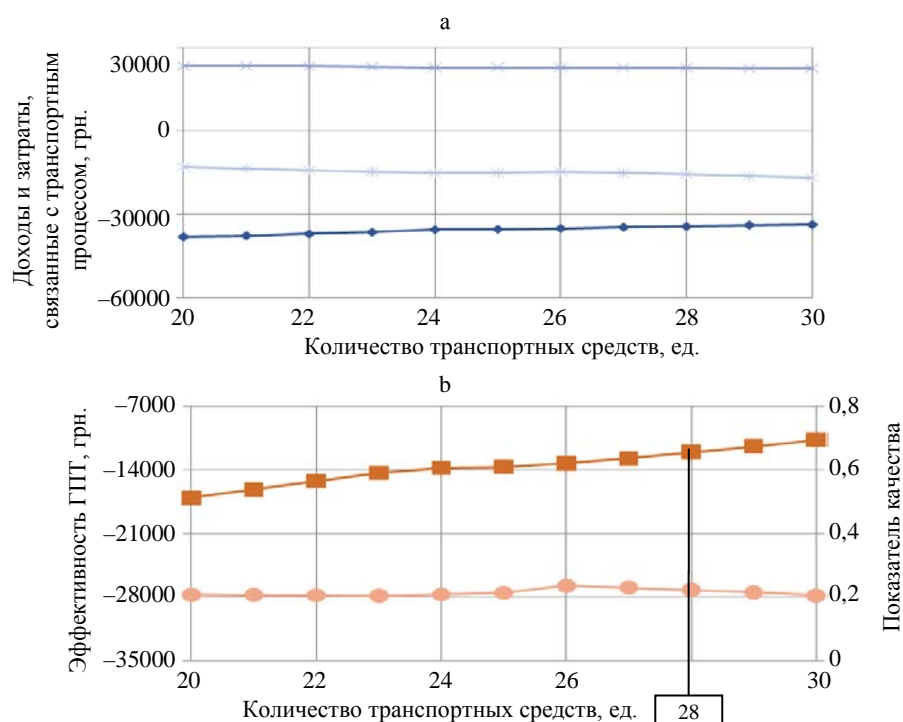


Рис. 2. Изменение показателей эффективности и качества городского пассажирского транспорта (ГПТ) на маршруте 8: а – доходов и затрат; б – эффективности и качества; \times – доходы предприятий ГПТ, грн.; $+$ – затраты предприятий ГПТ, грн.; $+$ – стоимостное выражение затрат общества вследствие осуществления процесса перевозки, грн.; $+$ – эффективность ГПТ, грн.; \times – комплексный показатель качества ГПТ; 28 – количество транспортных средств, которое обеспечивает максимальную эффективность ГПТ при соответствующем качестве

Fig. 2. Changes in indices on efficiency and quality of urban passenger transport (UPT) on route 8: а – income and expenses; б – efficiency and quality; \times – income of UPT enterprises, UAH; $+$ – expenses of UPT enterprises, UAH; $+$ – expression in monetary terms of social costs due to implementation of transportation, UAH; $+$ – UPT efficiency, UAH; \times – complex index of UPT quality; 28 – value of transport facility number that ensures maximum UPT efficiency with appropriate quality

На следующем этапе исследования с использованием полученных результатов была разработана модель изменения количества транспортных средств, которое обеспечивает максимальную эффективность городского пассажирского транспорта при соответствующем качестве. Для разработки модели использовали методы корреляционного и регрессионного анализа с применением метода наименьших квадратов для определения характеристики параметров модели, критерия Стьюдента и доверительных коэффициентов регрессии для оценки значимости факторов. Параметры модели приведены в табл. 3, 4.

Модель изменения количества транспортных средств, которое обеспечивает максимальную эффективность ГПТ при соответствующем качестве, выглядит следующим образом:

$$A_p = 0,59A_{\phi}^{1,1} + 0,504\left(\frac{F_{\max}}{q_n}\right)^{0,5} + 0,14l_m^{1,4}. \quad (3)$$

Таблица 3
Пределы измерения факторов модели
Measurement limits for model factor

Фактор	Обозначение, размерность	Граница измерения
Фактическое количество транспортных средств	A_{ϕ} , авт.	1–40
Пассажиропоток на максимально загруженном перегоне	F_{\max} , пас./год	540–5300
Номинальная вместимость транспортного средства	q_n , пас.	41–140
Длина маршрута	l_m , км	4,6–10,0

Таблица 4

Характеристика модели
Model characteristics

Фактор	Коэффициент	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента	
			Расчетный	Табличный
A_{ϕ}	0,590	0,026	22,65	2,23
$\frac{F_{\max}}{q_n}$	0,504	0,160	3,15	2,23
l_m	0,140	0,034	4,24	2,23

На следующем этапе проводили статистическую оценку разработанной модели (табл. 5). Результаты расчетов показали, что значение статистических показателей соответствует необходимым пределам.

Таблица 5
Результаты статистической оценки модели
Results of statistical model evaluation

Показатель	Значение
Критерий Фишера: табличный расчетный	3,07 2303,74
Коэффициент множественной корреляции	0,99
Средняя ошибка аппроксимации, %	6,9

Таким образом, использование модели (3) для определения количества транспортных средств для работы на городском маршруте позволяет достичь максимальной эффективности городского пассажирского транспорта.

ВЫВОД

Разработана модель для решения задачи повышения качества транспортного обслуживания населения на маршруте городского пассажирского транспорта. Модель позволяет с учетом параметров маршрута, пассажиропотока и транспортного средства определить количество автобусов для работы на маршруте, которое обеспечивает максимальную эффективность городского пассажирского транспорта при соответствующем качестве транспортного обслуживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cronin, J. J. Measuring Service Quality: a Reexamination and Extension / J. J. Cronin, S. A. Taylor // *Journal of Marketing*. 1992. No 56 (3). P. 55–68. DOI: 10.2307/1252296.
2. Parasuraman, A. SERVQUAL: a Multiple Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality / A. Parasuraman, V. A. Zeithaml, L. L. Berry // *Journal of Retailing*. 1988. No 64 (1). P. 12–37.
3. Гудков, В. А. Технология, организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин; под ред. Л. Б. Миротина. М.: Транспорт, 1997. 312 с.
4. Большаков, А. М. Повышение качества обслуживания пассажиров и эффективности работы автобусов / А. М. Большаков, Е. А. Кравченко, С. Л. Черникова. М.: Транспорт, 1981. 206 с.
5. Тарханова, Н. В. Анализ показателей качества пассажирских перевозок / Н. В. Тарханова // *Совершенствование организации дорожного движения и перевозка пассажиров и грузов: сб. науч. статей Междунар. науч.-практ. конф. Минск: БНТУ, 2009. С. 33–38.*
6. Beirão, G. Enhancing Service Quality in Public Transport Systems / G. Beirão, J. S. Cabral // *Faculty of Engineering. XII: Urban Transport and the Environment in the 21st Century*. 2006. P. 837–845.

7. Гамула, П. Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація / П. Р. Гамула. Львів: Видавн. нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2004. 506 с.
8. Friman, M. Service Supply and Customer Satisfaction in Public Transportation: the Quality Paradox / M. Friman, M. Felleesson // *Journal of Public Transportation*, 2009. Vol. 12, No 4. P. 57–69. DOI: 10.5038/2375-0901.12.4.4.
9. Давідіч, Н. В. Моніторинг впливу параметрів системи міського пасажирського транспорту на якість обслуговування населення / Н. В. Давідіч, І. В. Чумаченко // *Комунальне господарство міст: зб. наук. пр. Сер.: Технічні науки та архітектура*. 2016. Вип. 128. С. 89–93.
10. Доля, В. К. Теоретические основы и методы организации маршрутных автобусных перевозок пассажиров в крупнейших городах / В. К. Доля. М.: МАДИ, 1993. 301 с.

Поступила 12.01.2017

Подписана в печать 17.03.2017

Опубликована онлайн 29.09.2017

REFERENCES

1. Cronin J. J., Taylor S. A. (1992). Measuring Service Quality: a Reexamination and Extension. *Journal of Marketing*, 56 (3), 55–68. DOI: 10.2307/1252296.
2. Parasuraman A. V., Zeithaml A., Berry L. L. (1988) SERVQUAL: a Multiple Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality. *Journal of Retailing*, 64 (1), 12–37.
3. Gudkov V. A., Mirotn L. B. (1997) Technology, Organization and Management of Passenger Road Transport. Moscow, Transport Publ. 312 (in Russian).
4. Bolshakov A. M., Kravchenko E. A., Tchernikova S. L. (1981) *Improvement of Quality in Service of Passengers and Efficiency of Bus Operation*. Moscow, Transport Publ. 206 (in Russian).
5. Tarkhanova N. V. (2009) Analysis of Quality Indices for Passenger Transportation. *Sovershenstvovanie Organizatsii Dorozhnogo Dvizheniya i Perevozka Passazhirov i Gruzov: Sb. Nauch. Statei Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf.* [Improvement in Organization of Road Traffic and Passenger and Cargo Transportation: Collection of Research Papers – International Scientific and Practical Conference]. Minsk, Belarusian National Technical University, 33–38 (in Russian).
6. Beirão G., Cabral J. S. (2006) Enhancing Service Quality in Public Transport Systems. *Faculty of Engineering. XII: Urban Transport and the Environment in the 21st Century*. 837–845.
7. Gamula P. R. (2004) *Metrology, Standardization, Quality Control and Certification*. Lviv, Publishing House of Lviv Polytechnic National University. 506 (in Ukrainian).
8. Friman M., Felleesson M. (2009) Service Supply and Customer Satisfaction in Public Transportation: the Quality Paradox. *Journal of Public Transportation*, 12 (4), 57–69. DOI: 10.5038/2375-0901.12.4.4.
9. Davidich N. V., Tchumachenko I. V. (2016) Monitoring for Influence of Urban Passenger Transport Parameters on Public Service Quality. *Komunal'ne Gospodarstvo Mist: Zb. Nauk. Pr. Ser.: Tekhnichni Nauki ta Arkhitektura* [Urban Communal Services: Collection of Research Papers. Series: Engineering Sciences and Architecture], (128), 89–93 (in Ukrainian).
10. Dolya V. K. (1993) *Theoretical Principles and Methods for Organization of Express Bus Transportation of Passengers in Large Cities*. Moscow, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University. 301 (in Russian).

Received: 12.01.2017

Accepted: 17.03.2017

Published online: 29.09.2017